



**wbh**

**WILHELM BÜCHNER  
HOCHSCHULE**

# Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden im Nachhaltigkeitskontext bis zum Jahr 2035 - ein Mini-Delphi

Tobias Tannenhauser, Prof. Dr. habil. Ralf Isenmann



**Schriftenreihe der  
Wilhelm Büchner Hochschule**

Band 18/2026



Tobias Tannenhauser, Prof. Dr. habil. Ralf Isenmann

# **Schriftenreihe der Wilhelm Büchner Hochschule**

Herausgeber:

Forschungsausschuss der Wilhelm Büchner Hochschule

02.10.2024

# Impressum

ISSN (Online) 2751-0514

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

©Wilhelm Büchner Hochschule Darmstadt 2026

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Werden Personenbezeichnungen aus Gründen der besseren Lesbarkeit nur in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

*Herausgeber:* Forschungsausschuss der Wilhelm Büchner Hochschule  
*Layout und Satz:* Jan Hartmayer, Natascha Christl  
*Projektkoordination:* Prof. Steffen Rümpler

*E-Mail:* [Forschung@wb-fernstudium.de](mailto:Forschung@wb-fernstudium.de)

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.



## **Kurzfassung**

Die vorliegende Masterarbeit befasst sich im Rahmen der Zukunftsforschung mit der Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse im Nachhaltigkeitskontext bis zum Jahr 2035 in den Ländern Deutschland und Schweden. Dabei geht es darum, ob und in welchem Umfang autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge eine Zukunft haben und welchen Nachhaltigkeitseffekt sie entfalten können, sowie welche Risiken und Chancen sie bieten mögen. Zunächst wurden begriffliche Grundlagen beim autonomen Fahren, als auch die beiden Fahrzeugarten Straßenbahn und Bus betreffend aufgeklärt. Bei der parallelen Betrachtung von Straßenbahnen und Bussen lag der Fokus vor allem auf den Systemunterschieden. Zudem wurden rechtliche Grundlagen in Deutschland und Schweden analysiert und dargestellt. Im Rahmen einer Analyse zum Stand der Technik wurde skizziert, wie weit der tatsächliche praktische Fortschritt bei der Entwicklung und beim Einsatz autonom fahrender Busse und Straßenbahnen ist. Auch hierbei fiel der Blick auf beide Länder. Zur Herstellung eines Zusammenhangs zwischen dem öffentlichen Personennahverkehr und der Nachhaltigkeit wurde der Beitrag von Straßenbahnen und Bussen zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen systematisch analysiert und nachgewiesen. Um im Kern der vorliegenden Masterarbeit eine Zukunftsvorausschau zu autonomen ÖPNV-Fahrzeugen vornehmen zu können, wurden ausgewählte Expert:innen aus Wirtschaft | Industrie, Wissenschaft, Verbänden, Behörden und Verkehrsunternehmen sowohl in Deutschland und Schweden nach deren Erwartungen und Einschätzungen befragt. Die Befragung erfolgte mithilfe eines auf sieben Fachthemenblöcke aufgeteilten Fragenkataloges im Online-Format (LimeSurvey). Dabei wurde ein zweistufiges Mini-Delphi als Befragungsmethode angewandt. Durch die konsequent anonyme Durchführung der Befragung sowie dem Versand der Ergebnisse an die Expert:innen aus der ersten Befragungsrunde konnte somit eine anonym diskutierte Zukunftsvorausschau der Expert:innen herausgearbeitet werden. Der Fokus der Fragen richtete sich dabei auf technische und ökonomische, sowie soziale Aspekte, insbesondere die Auswirkungen auf Beschäftigte im ÖPNV, beim Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen und Busse bis zum Zeithorizont 2035. Es konnte zusammengefasst nachgewiesen werden, dass dem Thema dem Grunde nach, ein hoher Stellenwert beigemessen wird und autonome ÖPNV-Fahrzeuge in der Zukunft als notwendiges Instrument zum Gelingen der Verkehrswende gesehen werden und somit deren Einsatz erwartet wird. Die Forschung ist weit vorangeschritten, stagniert aber offenbar derzeit in gewissem Umfang. Fehlende langfristige Finanzierung der Forschung und offenbar mangelnder, konsequenter politischer Wille sind aktuelle Hinderungsgründe für ein zügiges Vorankommen. Ferner wurde herausgearbeitet, dass systembedingte Aspekte bei Straßenbahnen, rechtliche und soziale Auswirkungen noch längst nicht ausreichend analysiert oder gar

beantwortet sind. Eine weitere Erkenntnis ist, dass sich die Zukunftserwartungen in Deutschland und Schweden ähneln. Zwar gibt es vereinzelte tendenzielle Unterschiede der Antworten bei einzelnen Fragen, doch zusammengefasst streuen die Aussagen eher unter allen Expert:innen unabhängig der Länderzugehörigkeit.

Schlüsselwörter: Nachhaltigkeit, Delphi, autonome Busse, autonome Straßenbahnen, autonomes Fahren

## **Abstract**

This master thesis deals with the future of autonomous trams and buses in the context of sustainability up to the year 2035 in Germany and Sweden as part of future research. The focus is on whether and to what extent autonomous public transport vehicles have a future and what sustainability effect they can have, as well as what risks and opportunities they may offer. Firstly, the conceptual basis of autonomous driving and the two vehicle types, trams and buses, were clarified. When analysing trams and buses in parallel, the focus was primarily on the differences between the systems. In addition, the legal basis in Germany and Sweden was analysed and presented. As part of an analysis of the state of the art, the actual level of practical progress in the development and use of autonomous buses and trams was outlined. Here, the focus was on both countries, too. In order to establish a link between local public transport and sustainability, the contribution of trams and buses to achieving the United Nations' sustainability goals was systematically analysed and demonstrated. In order to be able to make a future forecast for autonomous public transport vehicles as the core of this master thesis, selected experts from business, industry, science, associations, authorities and transport companies in both Germany and Sweden were asked about their expectations and assessments. The survey was conducted online (LimeSurvey) using a catalogue of questions divided into seven thematic blocks. A two-stage mini-Delphi was used as the survey method. By consistently conducting the survey anonymously and sending the results to the experts from the first round of the survey, it was possible to develop an anonymously discussed future outlook from the experts. The questions focussed on technical, economic and social aspects, especially the effects on employees in public transport when using autonomous trams and buses up to the time horizon of 2035. In summary, it was demonstrated that the topic is fundamentally given a high priority and that autonomous public transport vehicles are seen as a necessary instrument for the success of the transport transition in the future and are therefore expected to be used. Research is well advanced, but is apparently currently stagnating to a certain extent. A lack of long-term funding for research and an apparent lack of consistent political will are current obstacles to rapid progress. It was also found that system-related aspects of trams, legal and social implications are still far from being sufficiently analysed or even answered. Another finding is that future expectations in Germany and Sweden are similar. Although there are isolated differences in answers of individual questions, the summarised statements tend to be scattered among all experts, regardless of country affiliation.

**Keywords:** sustainability, Delphi, autonomous buses, autonomous trams, autonomous driving

## Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis .....</b>  | <b>VI</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>  | <b>13</b> |
| 1.1 Motivation.....  | 14        |
| 1.2 Zielsetzung.....   | 15        |
| 1.3 Vorgehensweise .....   | 16        |
| <b>2 Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen zu autonom fahrenden<br/>Straßenbahnen und Bussen in Deutschland und Schweden.....</b> | <b>19</b> |
| 2.1 Definition „autonomes Fahren“ .....  | 20        |
| 2.2 Begriffe beim Betrieb von Straßenbahnen und Bussen.....  | 21        |
| 2.3 Besonderheiten bei Straßenbahnen und Bussen .....  | 23        |
| 2.3.1 Busse.....   | 24        |
| 2.3.2 Straßenbahnen.....   | 26        |
| 2.4 Aktueller Stand beim autonomen Fahren von Straßenbahnen und Bussen   | 29        |
| 2.4.1 Aktueller Stand bei Straßenbahnen.....   | 29        |
| 2.4.2 Aktueller Stand bei Bussen .....   | 32        |
| 2.5 Rechtliche Grundlagen in Deutschland und Schweden.....   | 34        |
| 2.5.1 Deutschland – Busse.....   | 34        |
| 2.5.2 Deutschland – Straßenbahnen .....  | 35        |
| 2.5.3 Schweden – Busse.....  | 36        |
| 2.5.4 Schweden – Straßenbahnen .....   | 37        |
| 2.6 Nachhaltigkeit im Öffentlichen Personennahverkehr .....  | 37        |
| 2.7 Potenziale und Risiken autonom fahrender Straßenbahnen und Busse für den<br>ÖPNV.....  | 45        |
| <b>3 Mini-Delphi zu autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen bis zum Jahr<br/>2035.....</b>  | <b>49</b> |
| 3.1 Ziel der Befragung .....   | 50        |
| 3.2 Vorgehen und Methodik.....   | 51        |
| 3.2.1 Wahl des Stufenmodells zur Mini-Delphi.....  | 54        |
| 3.2.2 Aufbau des Fragebogens .....   | 56        |
| 3.2.3 Fragenkatalog.....   | 58        |
| 3.2.4 Übergeordnete Themenblöcke des Fragenkataloges.....  | 58        |
| 3.2.5 Formulierung der einzelnen Fragen.....   | 61        |
| 3.2.6 Auswahl der Expert:innen.....  | 71        |
| 3.2.7 Wahl der notwendigen fachlichen Hintergründe der Expert:innen....  | 71        |

|          |  |               |
|----------|--|---------------|
| 3.2.8    | Wahl der Organisationen für potenziell teilnehmende Expert:innen | 72            |
| 3.3      | Durchführung der Befragung                                       | 76            |
| 3.3.1    | Erste Befragungsrunde  | 77            |
| 3.3.2    | Vorbereitung der ersten Runde                                    | 78            |
| 3.3.3    | Einladung der Expert:innen                                       | 79            |
| 3.3.4    | Durchführung der ersten Befragungsrunde                          | 81            |
| 3.3.5    | Auswertung der ersten Befragungsrunde                            | 85            |
| 3.3.6    | Zweite Befragungsrunde   | 103           |
| 3.3.7    | Vorbereitung der zweiten Befragungsrunde                         | 104           |
| 3.3.8    | Einladung der Expert:innen                                       | 104           |
| 3.3.9    | Durchführung der zweiten Befragungsrunde                         | 106           |
| 3.3.10   | Auswertung der zweiten Befragungsrunde                           | 107           |
| 3.4      | Zusammenfassung der Ergebnisse                                   | 156           |
| <b>4</b> | <b>Fazit und Ausblick</b>  | <b>160</b>    |
|          | <b>Literatur</b>   | <b>CLXIII</b> |
|          | <b>Anhang</b>  | <b>CLXVI</b>  |

**Abkürzungsverzeichnis**

|         |  |
|---------|--|
| SDG     | Sustainable Development Goals                                      |
| ÖPNV    | Öffentlicher Personennahverkehr                                    |
| SPNV    | Schienenpersonennahverkehr   |
| SPFV    | Schienenpersonenfernverkehr  |
| MIV     | Motorisierter Individualverkehr                                    |
| U-Bahn  | Untergrundbahn   |
| VDV     | Verband deutscher Verkehrsunternehmen                              |
| BOStrab | Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen              |
| BOKraft | Verordnung über den Betrieb von Kraftomnibussen im Personenverkehr |
| EBO     | Eisenbahnbetriebsordnung   |
| zGM     | zulässige Gesamtmasse  |
| SL      | Storstockholms Lokaltrafik   |
| VTI     | (Statens) väg- och transportforskningsinstitut                     |
| ViP     | Verkehrsbetriebe in Potsdam  |
| CVAG    | Chemnitzer Verkehrs-AG   |
| VBK     | Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH                                    |
| AVG     | Albtal-Verkehrs-Gesellschaft                                       |
| EMV     | Elektromagnetische Verträglichkeit                                 |
| GSR     | General-Safety-Regulation  |
| EU      | Europäische Union  |
| StVZO   | Straßenverkehrszulassungsverordnung                                |
| PBefG   | Personenbeförderungsgesetz   |

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1 - Schema zur Integration bereits erarbeiteter Erkenntnisse in diese Masterarbeit .....  | 18 |
| Abbildung 2 - Busse sind nicht spurgeführte Straßenfahrzeuge, hier: Gelenkbusse in Chemnitz (D) und Tyresö (SE).....  | 26 |
| Abbildung 3 - Straßenbahnen sind spurgeführte Schienenbahnen auf straßenbündigen und besonderen unabhängigen Bahnkörpern, hier: Straßenbahn in Stockholm (SE) und Chemnitz (D)..... | 27 |
| Abbildung 4 – Fahrer:innenarbeitsplatz Straßenbahn (Chemnitz, D) mit Sollwertgeber (links) und Bus (Chemnitz, D) mit Lenkrad (rechts) .....   | 29 |
| Abbildung 5 - autonom fahrende Forschungs-Straßenbahn "SmarTram" in Chemnitz (D) (Fotos: Florian Schwind .....  | 31 |
| Abbildung 6 - geplanter Testbetrieb eines autonom fahrenden MAN Standardlinienbusses in München, Bildquelle: Man Bus and Truck (Downloadbereich).....                               | 33 |
| Abbildung 7 - Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen, Sonderausstellung in Lüneburg (D) im Jahr 2023 .....   | 42 |
| Abbildung 8 - Stufenmodell zum Vorgehen der Befragung, Tannenhauer 2024 .....   | 55 |
| Abbildung 9 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 1 in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen).....  | 63 |
| Abbildung 10 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 2 – Teil A in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen).....  | 65 |
| Abbildung 11 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 2 – Teil B in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen).....  | 66 |
| Abbildung 12 - Verteilung der Teilnahme .....   | 76 |
| Abbildung 13 - Schema zur Durchführung der Befragung .....  | 77 |
| Abbildung 14 - Screenshot der vier technisch voneinander unabhängigen Umfragen in LimeSurvey .....  | 78 |
| Abbildung 15 - Screenshot der Willkommensmaske in LimeSurvey (Umfrage in Deutsch, erste Runde) .....  | 81 |
| Abbildung 16 - Screenshot der Umfrageteilnehmenden-Tabelle in LimeSurvey (anonymisiert, ausschnittsweise) .....   | 82 |
| Abbildung 17 - Screenshot Erstellung der Willkommens-Email in LimeSurvey .....  | 83 |
| Abbildung 18 - Teilnahmeverhalten von zugesagten zu teilgenommenen Expert:innen in Runde 1.....   | 84 |
| Abbildung 19 - Teilnahmeverhalten von zugesagten zu teilgenommenen Expert:innen in Runde 1 je Sprachversion .....   | 85 |
| Abbildung 20 - Herkunft der Expert:innen .....  | 88 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 21 – Ergebnisauswertung Berufserfahrung Runde 1 .....               | 89  |
| <i>Abbildung 22 - Teilnahmeverhalten</i> Runde 1 zu Runde 2 .....             | 107 |
| Abbildung 23 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (1 7) .... | 107 |
| Abbildung 24 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (2 7) .... | 108 |
| Abbildung 25 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (3 7) .... | 109 |
| Abbildung 26 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (4 7) .... | 110 |
| Abbildung 27 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (5 7) .... | 111 |
| Abbildung 28 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (6 7) .... | 112 |
| Abbildung 29 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (7 7) .... | 113 |
| Abbildung 30 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (1 13) ..  | 114 |
| Abbildung 31 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (2 13) ..  | 115 |
| Abbildung 32 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (3 13) ..  | 116 |
| Abbildung 33 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (4 13) ..  | 117 |
| Abbildung 34 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (5 13) ..  | 118 |
| Abbildung 35 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (6 13) ..  | 119 |
| Abbildung 36 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (7 13) ..  | 120 |
| Abbildung 37 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (8 13) ..  | 121 |
| Abbildung 38 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (9 13) ..  | 122 |
| Abbildung 39 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (10 13)    | 123 |
| Abbildung 40 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (11 13)    | 124 |
| Abbildung 41 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (12 13)    | 125 |
| Abbildung 42 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (13 13)    | 126 |
| Abbildung 43 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (1 4) .... | 127 |
| Abbildung 44 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (2 4) .... | 128 |
| Abbildung 45 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (3 4) .... | 129 |
| Abbildung 46 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (4 4) .... | 130 |
| Abbildung 47 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (1 3) .... | 131 |
| Abbildung 48 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (2 3) .... | 132 |
| Abbildung 49 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (3 3) .... | 133 |
| Abbildung 50 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (1 14) ..  | 134 |
| Abbildung 51 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (2 14) ..  | 135 |
| Abbildung 52 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (3 14) ..  | 136 |
| Abbildung 53 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (4 14) ..  | 137 |
| Abbildung 54 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (5 14) ..  | 138 |
| Abbildung 55 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (6 14) ..  | 139 |

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 56 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (7 14) ..  | 140 |
| Abbildung 57 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (8 14) ..  | 141 |
| Abbildung 58 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (9 14) ..  | 142 |
| Abbildung 59 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (10 14)  | 143 |
| Abbildung 60 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (11 14)  | 144 |
| Abbildung 61 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (12 14)  | 145 |
| Abbildung 62 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (13 14)  | 146 |
| Abbildung 63 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (14 14)  | 104 |
| Abbildung 64 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (1 4) ....   | 148 |
| Abbildung 65 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (2 4) ....   | 149 |
| Abbildung 66 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (3 4) ....   | 149 |
| Abbildung 67 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (4 4) ....   | 150 |
| Abbildung 68 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (1 4) ....   | 152 |
| Abbildung 69 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (2 4) ....   | 153 |
| Abbildung 70 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (3 4) ....   | 154 |
| Abbildung 71 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (4 4) ....   | 155 |
| Abbildung 72 - Straßenbahnen (hier in Stockholm, SE) müssen mit sehr vielen Wechselwirkungen aus ihrer Umgebung sicher zurechtkommen. Wann dies einmal ohne Fahrpersonal gelingt, kann heute noch nicht gesagt werden. .... | 157 |
| Abbildung 73 - Auch Busse (hier in Märsta, SE) sind diesen Wechselwirkungen ausgesetzt und zudem nicht spurgeführt.....   | 158 |

## Tabellenverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 1 - Stufen des automatisierten (autonomen) Fahrens - eigene Darstellung.....<br>(Inhaltsquelle: Kraftfahrtbundesamt)..... | 20  |
| Tabelle 2 - wesentliche Begriffe beim Betrieb von Straßenbahnen und Bussen .....  | 21  |
| Tabelle 3 - Beitrag des ÖPNV zu den Sustainable Development Goals (SDGs),<br>Tannehnauer 2023.....                                | 42  |
| Tabelle 4 - Begründung des Beitrags zu den SDGs durch den ÖPNV, Tannehnauer 2023..  | 45  |
| Tabelle 5 - Fragen-   Thesenblock (Themenblock) für den Fragenkatalog .....   | 59  |
| Tabelle 6 - Fragenformate der einzelnen Fragen-   Thesenblöcke (Themenblöcke) .....   | 61  |
| Tabelle 7 - Fragen Themenblock 1 .....  | 62  |
| Tabelle 8 - Fragen Themenblock 2 .....  | 64  |
| Tabelle 9 - Fragen Themenblock 3 .....  | 67  |
| Tabelle 10 - Fragen Themenblock 4 .....   | 67  |
| Tabelle 11 - Fragen Themenblock 5 .....   | 68  |
| Tabelle 12 - Fragen Themenblock 6 .....   | 69  |
| Tabelle 13 - Fragen Themenblock 7 .....   | 69  |
| Tabelle 14 - Fragen Themenblock 8 .....   | 70  |
| Tabelle 15 - Organisationen der Expert:innen.....   | 76  |
| Tabelle 16 - Berufsbezeichnungen der Expert:innen (D A CH CZ & SE) Runde 1 .....  | 90  |
| Tabelle 17 – Ergebnisauswertung Information zu den Organisationen (1) Runde 1 .....   | 91  |
| Tabelle 18 – Ergebnisauswertung Information zu den Organisationen (2) Runde 1 .....   | 91  |
| Tabelle 19 – Ergebnisauswertung Zuordnung der Organisationen Rund 1 .....   | 93  |
| Tabelle 20 – Ergebnisauswertung zu beruflichen Berührungspunkten der Expert:innen .....   |     |
| Runde 1 .....   | 94  |
| Tabelle 21 - Auswertung Themenblock 1 Runde 1 .....   | 96  |
| Tabelle 22 - Auswertung Themenblock 2 Runde 1 .....   | 97  |
| Tabelle 23 - Auswertung Themenblock 3 Runde 1 .....   | 98  |
| Tabelle 24 - Auswertung Themenblock 4 Runde 1 .....   | 98  |
| Tabelle 25 - Auswertung Themenblock 5 Runde 1 .....   | 100 |
| Tabelle 26 - Auswertung Themenblock 6 Runde 1 .....   | 101 |
| Tabelle 27 - Auswertung Themenblock 7 Runde 1 .....   | 103 |
| Tabelle 28 - Auswertung offene Fragen Themenblock 7 Runde 2.....  | 152 |

## 1 Einleitung

Mobilität ist die Ortsveränderung von Menschen zur Befriedigung der menschlichen Bedürfnisse. Dabei spielen die drei Hauptgründe Arbeit, Versorgung und Freizeit für das Zurücklegen von Wegen wiederkehrend eine Hauptrolle. Aber nicht nur Menschen legen Wege zurück, sondern in hohem Maße auch Güter. Der Gütertransport ist den meisten Produktionsverfahren von physischen Produkten zum einen vor- und zum anderen auch nachgelagert. Mit vorgelagerten Transporten wird die Produktion von Gütern ermöglicht und durch nachgelagerte Versandtransporte gelangen Güter zu Kund:innen und letztlich zu Endverbraucher:innen. Die Mobilität von Menschen und Gütern ist folglich eine Voraussetzung für das Funktionieren einer Gesellschaft, in der zumindest weite Teile menschlicher Bedürfnisse befriedet werden und insofern als unerlässlich zu bezeichnen sind.

Das Ergebnis von Ortsveränderung ist Personen- und Güterverkehr. Die vorliegende Masterarbeit richtet ihren Fokus auf den Personenverkehr, weshalb der Güterverkehr keine weitere Berücksichtigung findet. Der Personenverkehr geht in seiner heute weit verbreiteten Form in den meisten Industrie-, aber auch zunehmend in Schwellen- und Entwicklungsländern mit einem hohen Energieaufwand und Flächenverbrauch für die dafür benötigte Infrastruktur einher. Negative Folgen sind neben der Flächeninanspruchnahme allein in Europa zahlreiche Verkehrstote, Verletzte, Lärm und Schadstoffausstoß sowie Unfallfolgekosten, um nur einige zu nennen.

Die Vereinten Nationen haben sich mit der Agenda 2030 im Jahr 2015 zu einer umfangreichen Transformation der Gesellschaften weltweit verständigt. Damit wird ein konsequenter Wandel hin zu einer nachhaltigen Welt angestrebt. Hierzu wurden die 17 Sustainable Development Goals (SDGs) mit ihren 169 konkreten Unterzielen formuliert. Dabei sind die fünf Kernbotschaften Menschen, Planet, Wohlstand, Frieden und Partnerschaft den SDGs vorangestellt.<sup>1</sup>

Nachhaltigkeit ist als dreidimensionales Konstrukt zu begreifen.<sup>2</sup> So wird von ökologischer Nachhaltigkeit, ökonomischer Nachhaltigkeit sowie sozialer Nachhaltigkeit gesprochen. Diese drei Säulen stehen inhaltlich für sich, sind im Kontext jedoch diametral miteinander verbunden. Die 17 SDGs zielen auf alle drei Säulen ab.

Durch seine bereits erwähnten Negativfolgen in seiner heutigen Form hat der Verkehrssektor in vielerlei Hinsicht Auswirkungen auf eine nachhaltig ausgerichtete Gesellschaft. Insofern kommt es darauf an, wie der Verkehrssektor künftig ausgerichtet und verändert wird. Insbesondere in den Städten und

---

<sup>1</sup> <https://unric.org/de/>

<sup>2</sup> Michael von Hauff „Nachhaltige Entwicklung“ 3., überarbeitete und erweiterte Auflage

Gemeinden werden diese Negativfolgen wegen des begrenzten Platzangebotes und der zumeist dichten Besiedelung und Einwohner:innendichte deutlich sichtbar. Ein nachhaltig ausgerichteter Verkehrssektor muss also zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele einen deutlichen Beitrag leisten. Dabei kommt dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) eine Art Schlüsselfunktion zu. Mit ihm werden auf Grund seiner Gefäßgrößen viele Menschen gleichzeitig mit Einzelfahrzeugen in Form von Bussen, Straßen- und Stadtbahnen sowie U-Bahnen befördert. Dies gilt selbstredend auch für die Eisenbahnen. Da diese jedoch dem Schienenpersonennahverkehr (SPNV), bzw. dem Schienenpersonenfernverkehr (SPFV) zugeordnet sind, werden die Eisenbahnen in der vorliegenden Masterarbeit nicht weiter berücksichtigt.

Durch Busse und Bahnen werden zahlreiche Fahrten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) eingespart. Das erhöht die Verkehrssicherheit bei gleichzeitiger Senkung des Energie- und Flächenbedarfs. Hinzukommt, dass der ÖPNV nahezu allen Bevölkerungsgruppen für deren Mobilität zur Verfügung steht und damit Teilhabe am gesellschaftlichen Leben auch ohne Auto ermöglicht.

Doch noch deutlich vor dem Umweltverbund bestehend aus Fuß- und Radverkehr sowie ÖPNV steht bei den meisten Menschen das eigene Auto an erster Stelle bei der Verkehrsmittelwahl. Im Jahr 2022 nahm der MIV gut 80% am Gesamtmodalsplit in Deutschland ein. Lediglich 14,5% fielen auf ÖPNV und Eisenbahnverkehr zusammen.<sup>3</sup> hinzukommt, dass sich der ÖPNV unter den derzeitigen Rahmenbedingungen mit steigenden finanziellen und personellen Herausforderungen konfrontiert sieht, die einer konsequenten Lösung bedürfen. Zwischen MIV und ÖPNV besteht am Verkehrsmarkt ein Ungleichgewicht hinsichtlich des Anteils am Modalsplit. Hier muss eine Trendwende mit klugen und gesellschaftlich akzeptierten Maßnahmen im Nachhaltigkeitskontext gelingen.

## 1.1 Motivation

Der ÖPNV stellt auf Grund seiner systembedingten Vorteile ein großes Element der Lösung nachhaltiger Verkehrs- und Raumgestaltung dar. Gleichzeitig steht er heute vor großen finanziellen und personellen Problemen, die ihn daran hindern, sein finales Potenzial breitenwirksam zu entfalten.

Bereits im Jahr 2022 hat der Personalbedarf bei den Verkehrsunternehmen im Vergleich zum Jahr 2021 zugenommen. Das ergab eine repräsentative Umfrage des Branchenverbandes Verband deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), welche dieser auf seiner Internetseite veröffentlichte. Dabei gaben 61,6% der befragten Unternehmen an, dass ihr Personalbedarf gestiegen sei, 17% gaben gar an, dass er stark gestiegen sei. Über die Hälfte der Verkehrsunternehmen, nämlich 51,1%

---

<sup>3</sup> <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168397/umfrage/modal-split-im-personenverkehr-in-deutschland/>

gaben an, dass sie im Jahr 2022 ihren Betrieb zumindest zeitweilig einschränken mussten. An der Umfrage haben nach Angaben des VDV 182 Mitgliedsunternehmen teilgenommen. Die Branche hat ferner mit einer spürbaren Überalterung beim Personal zu kämpfen. Allein bis zum Jahr 2030 muss fast jede:r vierte Mitarbeiter:in altersbedingt ersetzt werden, da rund 80.000 Beschäftigte bis dahin in den Ruhestand gehen. Gleichzeitig sollen bereits bis zum Jahr 2030 ein Drittel mehr Busse und Bahnen unterwegs sein, um die Klimaziele im Verkehrssektor zu erreichen.<sup>4</sup>

Anhand dieser Zahlen lässt sich die große Herausforderung ableiten, der sich die ÖPNV-Branche in den kommenden Jahren stellen muss. So werden viele kluge Handlungsschritte notwendig sein, um das Bestandsverkehrsangebot verlässlich abzubilden und sogar auf Wachstums-, sprich Ausbaurkurs zu bringen.

Seit einigen Jahren gewinnt das Thema autonomes Fahren in der Forschung an Bedeutung. Insofern stellt sich für den ÖPNV die Frage, ob autonom fahrende Busse und Bahnen, also Fahrzeuge, die ohne direktes Fahrpersonal auskommen, das Problem des Personalmangels in absehbarer Zeit lösen, oder zumindest einen Beitrag dazu leisten können. Für die meisten ÖPNV-Unternehmen ist diese Frage bis dato noch weitestgehend unbeantwortet. Die vorliegende Masterarbeit befasst sich daher mit der Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse im Nachhaltigkeitskontext. Gleichzeitig verdienen im ÖPNV und vor allem im Fahrdienst viele Menschen ihren Lebensunterhalt. Es stellen sich neben vielen technischen und rechtlichen Aspekten auch die Fragen nach den sozialen Auswirkungen auf die Beschäftigten der Branche. Die vorliegende Masterarbeit greift auch dieses Thema entsprechend auf. Das Thema autonomes Fahren ist sehr facettenreich, hat es Berührungspunkte zu technischen, ökonomischen und sozialen Themenbereichen. Der aktuelle Stand des autonomen Fahrens sowie dessen Zukunft im ÖPNV für Busse und Straßenbahnen soll beleuchtet werden und verwertbaren Aufschluss für das weitere Vorgehen und die Beseitigung von Hindernissen geben. Hierbei soll der Fokus nicht allein auf Deutschland gerichtet werden, sondern eine internationale Betrachtung angestellt werden. Die Entscheidung fällt dabei auf Schweden. Das Land hat bereits heute ÖPNV-Systeme, die Maßstäbe setzen und es lohnt insofern die Situation auch dort zu beleuchten.

## **1.2 Zielsetzung**

Am ÖPNV sind im weiter gefassten Sinne nicht nur die ÖPNV-Unternehmen und die Aufgabenträger:innen beteiligt. Verschiedene Interessenvertreter:innen von Arbeitnehmer:innen und mobilitätseingeschränkten Fahrgästen, die Industrie in der Herstellung von Bussen und Bahnen, als auch Zulassungsbehörden und politische

---

<sup>4</sup> <https://www.vdv.de/personal-und-fachkraeftebedarf-im-oepnv.aspx>

Entscheidungsträger:innen für die Finanzierung von Fahrzeugen, Infrastruktur und das Verkehrsangebot befassen sich mit der Zukunft des ÖPNV, um nur einige zu nennen.

Insbesondere aber die Verkehrsunternehmen und die Aufgabenträger:innen sind diejenigen, die an erster Stelle die personellen und finanziellen Probleme zu lösen haben. Bei den finanziellen Herausforderungen des ÖPNV tritt selbstredend die Politik sofort mit in eine entscheidende Verantwortungsrolle.

Diese Masterarbeit soll einen Einblick geben, wie der Stand der technischen Entwicklung beim autonomen Fahren im ÖPNV auf der Straße und der Schiene ist und mit welchen Entwicklungen bis zum Jahr 2035 zu rechnen ist. Somit ist sie Teil der Zukunftsforschung und wird versuchen, eine Vorhersage der Entwicklung auf dem Gebiet des autonomen Fahrens von Bussen und Straßenbahnen aufzustellen. Gleichzeitig sollen die am wesentlichsten bestehende Probleme eruiert und benannt werden. Neben technischen Fragen sollen auch rechtliche und nicht zuletzt soziale Fragen beantwortet werden. Schlussendlich stellt sich zudem die Frage, was autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge überhaupt leisten können und sollen? Ist das Ziel, Fahrpersonal zu ersetzen, die Verkehrssicherheit zu erhöhen, das Angebot verlässlich fahren und ausbauen zu können oder finanzielle Mittel einzusparen?

Ableitend daraus wird ein Gesamtbild zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in den Ländern Deutschland und Schweden im Nachhaltigkeitskontext skizziert, dass sich vornehmlich auf die ökonomische und soziale Dimension fokussiert.

### **1.3 Vorgehensweise**

Um die in Kapitel 1.2 bereits erwähnten Fragen zu beantworten, sollen Expert:innen in Deutschland und Schweden befragt werden. Dabei handelt es sich um Expert:innen, die durch ihre berufliche Tätigkeit einen Bezug zum ÖPNV, zur Forschung und Entwicklung von Bussen und Straßenbahnen und nicht zuletzt direkt an autonom fahrenden Fahrzeugen in Deutschland und Schweden haben. Das Expert:innenspektrum ist in diesem Zusammenhang weit gefasst, worauf im weiteren Verlauf der Arbeit noch vertiefend eingegangen wird. Die Expert:innen werden an einer zweistufigen Mini-Delphi-Befragung teilnehmen, wobei Aufbau und Durchführung der Befragung im Kapitel 3 detailliert erläutert werden. Es handelt sich im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit um eine Mini-Delphi, da die Befragung einen stark sektoral fokussierten Bezug aufweist und auf Grund der Bearbeitbarkeit den zeitlichen und personellen Ressourcen einer Masterarbeit Rechnung tragen muss.

Auch wenn der aktuelle Stand bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen ein adäquater Bestandteil der vorliegenden Arbeit ist, so richtet sich das Ziel der

Arbeit auf die Zukunftsforschung, sprich was wird von den teilnehmenden Expert:innen auf dem Themenfeld der Befragung für die Zukunft erwartet. Es geht nicht darum, eine genaue Vorhersage zu erzeugen, was tatsächlich bis zum Jahr 2035 verlässlich eintreten wird, sondern darum, was die Expert:innen hierbei erwarten, wovon sie ausgehen. Das Ergebnis der Befragung soll eine Vorausschau ermöglichen.

Ein wesentliches Merkmal der Befragung ist, dass diese konsequent anonym durchgeführt wird. Zwar werden die Organisationen benannt, in denen die Teilnehmenden arbeiten, die Namen der einzelnen Personen werden jedoch weder benannt noch ein Zusammenhang zwischen den Teilnehmenden und deren Antwortverhalten hergestellt.

Für die Befragung wird ein Fragenkatalog erarbeitet, der inhaltlich verschieden aufbereitete Themenbereiche im Zusammenhang autonom fahrender Straßenbahnen und Busse beinhaltet. Der Aufbau des Fragebogens samt seiner inhaltlichen Struktur muss geeignet sein, um den angestrebten Nachhaltigkeitskontext herauszuarbeiten, wenngleich hier kein Anspruch auf Vollkommenheit abgeleitet werden kann. Der Fragenkatalog wird so dann in ein Online-Befragungstool überführt und in die darin zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten zur Befragung angepasst. Die Wahl hierzu fällt auf das Befragungstool LimeSurvey. Da die Umfrage in Deutschland und Schweden durchgeführt wird, ist der Fragebogen ins Schwedische zu übersetzen und wird an die schwedischen Expert:innen also in der Landessprache ausgegeben.

Eine detaillierte Auswertung der Befragung wird in Kapitel 3.3 durchgeführt und ein entsprechendes Fazit sowie ein Ausblick in Kapitel 4 runden so dann die Masterarbeit ab.

Zur entsprechenden Einordnung der Bedeutung des Themas des autonomen Fahrens sowie zur Aufklärung bestimmter Grundsätzlichkeiten von Straßenbahnen und Bussen im ÖPNV, sowie die Bedeutung des ÖPNV im Nachhaltigkeitskontext allgemein dient Kapitel 2.

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass der Autor auch auf bereits eigenständig erarbeitete fachliche Grundlagen im Rahmen anderer schriftlicher Leistungsnachweise während dieses Studiums, wie bspw. Vertiefungsarbeiten, zurückgreift. Diese dienen u.a. der Vorbereitung der inhaltlichen Ausgestaltung dieser Masterarbeit. Dabei geht es vornehmlich um fachliche Überführungen von erarbeiteten Erkenntnissen auf dem Feld der Nachhaltigkeit bei Straßenbahnen, die in der vorliegenden Arbeit auf Busse ausgeweitet werden. Ferner wurde das Stufenmodell und die Methodik für die Delphi-Analyse in Kapitel 3 in einer Vertiefungsarbeit konzeptionell vorbereitet. Diese Vorgehensweise ist im Folgenden schematisch dargestellt.

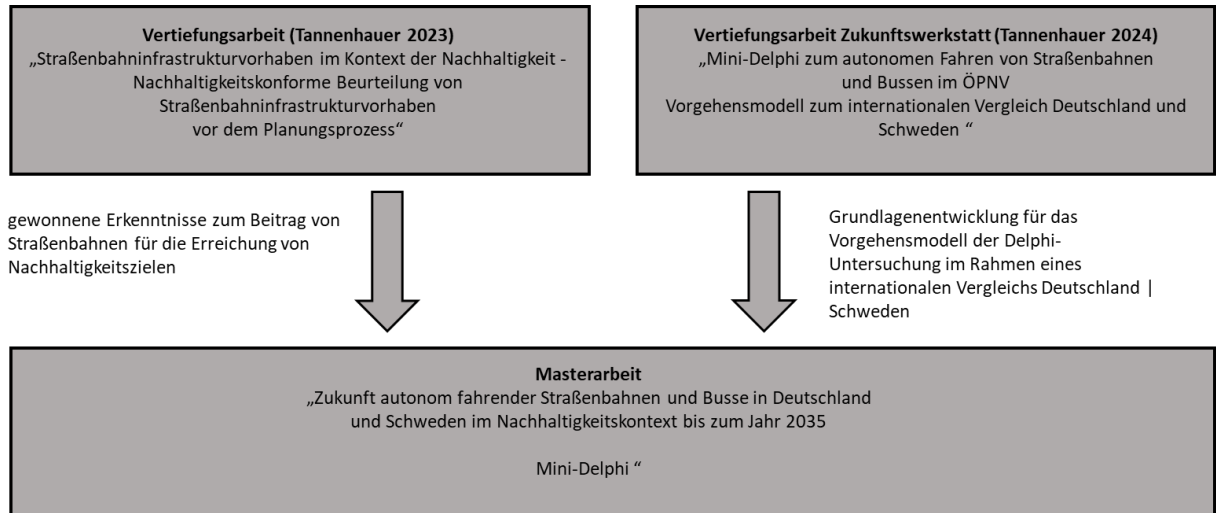


Abbildung 1 - Schema zur Integration bereits erarbeiteter Erkenntnisse in diese Masterarbeit

Alle Abbildungen (Fotos, Diagramme, u.ä.) und Tabellen sind vom Autor selbst erstellt, sodenn direkt an der Abbildung nicht anders angegeben.

## **2 Begriffliche und konzeptionelle Grundlagen zu autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen in Deutschland und Schweden**

Für die verständliche Einordnung fachspezifischer Begriffe im Zusammenhang der vorliegenden Arbeit werden diese zunächst erklärt. Dabei wird sich auf bedeutsame und i.d.R. wiederkehrende Begriffe konzentriert, womit kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben, sondern vielmehr ein wesentlicher Überblick gegeben wird.

Im Weiteren befasst sich Kapitel 2 mit der Erörterung wesentlicher Besonderheiten von Straßenbahnen und Bussen. Dabei geht es darum, vor allem technisch konstruktive Unterschiede herauszustellen, die für das Verständnis des Inhalts der Delphi-Befragung wichtig sind, da ein wesentliches Merkmal der vorliegenden Arbeit die Betrachtung von Straßenbahnen und Bussen ist. An dieser Stelle wird noch einmal ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sich die vorliegende Arbeit neben Bussen mit klassischen Straßenbahnen | Stadtbahnen befasst und U-Bahnen nicht berücksichtigt sind. Die Thematik muss vom Umfang her bearbeitbar sein. Insofern sind U-Bahnen nach BOStrab also nicht vergessen, sondern bewusst unberücksichtigt geblieben. Eine Übertragbarkeit auf U-Bahnen ist dem Grunde nach jedoch denkbar, vermutlich gar möglich.

Ferner wird in Kapitel 2 der aktuelle Stand beim autonomen Fahren von Straßenbahnen und Bussen beleuchtet sowie auf rechtliche Grundlagen in Deutschland und Schweden für Busse und Straßenbahnen dem Grunde nach eingegangen.

## 2.1 Definition „autonomes Fahren“

Der Begriff „autonomes Fahren“ kann als solches nicht ohne weitere Untersetzung definiert werden. Für die Zukunft bedeutet autonomes Fahren, dass ein Straßen- oder auch Schienenfahrzeug ohne jegliches Zutun einer Fahrerin oder eines Fahrers eigenständig fährt und all die Funktionen übernimmt, die heute von Fahrer:innen übernommen werden. Der Weg dorthin wird entsprechend des aktuellen technischen Fortschrittes und der weiteren geplanten Schritte stufenweise erfolgen. In diesem Zusammenhang spricht man von den fünf Level, welche den unterschiedlichen Automatisierungsgrad definieren. Diese klassifizierten Stufen entsprechen dem SAE-Standard J3016.<sup>5</sup> Folglich bedeutet autonomes Fahren auch automatisiertes Fahren.

|         |   |
|---------|---|
| Level 0 | Keine Fahrautomatisierung (außer Sicherheitssystemen wie bspw. Elektronische Stabilitätskontrolle keine Unterstützung für Fahrer:in – diese:r fährt vollständig selbst)                             |
| Level 1 | Fahrerunterstützung (Fahrer:in verantwortet Längs- und Querverführung dauerhaft, wird in spezifischen Fällen unterstützt)   |
| Level 2 | Teilweise Automatisierung des Fahrens (Assistenzsysteme werden miteinander verknüpft und Komfort somit erhöht, doch Verantwortung bleibt vollständig bei Fahrer:in)                                 |
| Level 3 | Bedingte Fahrautomatisierung (System übernimmt zeitweise vollständig Fahrfunktionen; Fahrer:in muss nicht ständig überwachen, doch nach Vorwarnung jederzeit bereit zum Eingreifen sein)            |
| Level 4 | Hochautomatisiertes Fahren (Fahrzeug fährt autonom eigenständig; Fahrer:in muss sich nicht zum Eingreifen bereithalten, darf anderen Tätigkeiten nachgehen -Betrieb an Bedingungen geknüpft-)       |
| Level 5 | Vollautomatisiertes Fahren (Fahrzeug fährt autonom eigenständig; Fahrer:in muss sich nicht zum Eingreifen bereithalten, darf anderen Tätigkeiten nachgehen -Betrieb nicht an Bedingungen geknüpft-) |

Tabelle 1 - Stufen des automatisierten (autonomen) Fahrens - eigene Darstellung (Inhaltsquelle: Kraftfahrtbundesamt)

Der entscheidende Unterschied zwischen Level 4 und Level 5 besteht im Wesentlichen darin, dass in Level 4 der autonome Fahrbetrieb an Bedingungen geknüpft ist. So darf bspw. ausschließlich nur eine bestimmte, genau festgelegte Strecke gefahren werden. Bei Stufe 5 entfallen solche Bedingungen.<sup>6</sup> Es wird deutlich, dass die entscheidende Flexibilisierung beim autonomen Fahren erst in Stufe 5 möglich wird. Zum aktuellen Stand des autonomen Fahrens bei Straßenbahnen und Bussen wird in Kapitel 2.4 näher eingegangen.

5

[https://www.kba.de/DE/Themen/Marktueberwachung/Produktpruefungen/AutomatisiertesAutonomesFahren/Automatisierungsstufen/Automatisierungsstufen\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Themen/Marktueberwachung/Produktpruefungen/AutomatisiertesAutonomesFahren/Automatisierungsstufen/Automatisierungsstufen_node.html)

6 ZF Friedrichshafen AG – „Autonomes Fahren – Die Stufen zum selbstfahrenden Fahrzeug“

## 2.2 Begriffe beim Betrieb von Straßenbahnen und Bussen

Im ÖV kommen unterschiedliche Fahrzeugarten zum Einsatz. An dieser Stelle sei noch einmal darauf verwiesen, dass die öffentlichen Verkehre i.d.R. Fahrten mit für die Personenbeförderung zugelassenen Straßen- und Schienenfahrzeugen durchgeführt werden. Das können von Anruf-Linientaxis mit PKW, über Standardlinienbusse und Straßenbahnen bis hin zu Hochgeschwindigkeitszügen im Eisenbahnfernverkehr sein. Abgesehen von so genannten on-demand-Verkehren, fahren die Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs zumeist nach veröffentlichten Fahrplänen zu einem festgelegten Tarif, dem Fahrpreis. Beim ÖPNV kommen üblicherweise Busse (Kraftomnibusse) und Schienenbahnen als Straßenbahnen | Stadtbahnen und U-Bahnen zum Einsatz. Eisenbahnen im Nahverkehr gehören zum SPNV und sind nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit. In den weiteren Kapiteln wird so dann ausschließlich von Bussen und Straßenbahnen gesprochen.

Table 2 - wesentliche Begriffe beim Betrieb von Straßenbahnen und Bussen

|  |  |
|--|--|
| Straßenbahn                            | <p>...sind Schienenbahnen, die</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. den Verkehrsraum öffentlicher Straßen benutzen und sich mit ihren baulichen und betrieblichen Einrichtungen sowie in ihrer Betriebsweise der Eigenart des Straßenverkehrs anpassen oder</li> <li>2. einen besonderen Bahnkörper haben und in der Betriebsweise, den unter Nummer 1 bezeichneten Bahnen gleichen oder ähneln und ausschließlich oder überwiegend der Beförderung von Personen im Orts- oder Nachbarschaftsbereich dienen.<sup>7</sup></li> </ol> |
| Kraftomnibus (Bus)                     | <p>Ein Kraftomnibus (Kom) ist ein motorisch angetriebenes Landfahrzeug der Klassen M2 oder M3 mit mehr als acht Sitzplätzen neben dem Fahrersitz, gemäß Anhang II der Richtlinie 70/156/EWG.<sup>8</sup> (ausgeführt als 12m-Standardbus, 18m(+)-Gelenkbus, Midibus (kürzer und schmaler als Standardbus))</p>   |
| Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) | <p>Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) ist der Sammelbegriff für Angebote im Nahverkehr, die nach einem regelmäßigen Fahrplan verkehren und die jeder nutzen kann. Der ÖPNV umfasst den SPNV (Schienenpersonennahverkehr) und den ÖSPV (Öffentlicher Straßenpersonennahverkehr) bzw. allgemeinen ÖPNV. Als Nahverkehr gelten Verkehre im Stadt-, Vorort- und Regionalverkehr, wobei die Mehrzahl der Beförderten im Regelfall höchstens 50 Kilometer bzw. eine Stunde fährt.</p>  |

<sup>7</sup> Definition entsprechend Personenbeförderungsgesetz (PBefG)

<sup>8</sup> <https://www.mobi-wissen.de/Verkehr/Kraftomnibus> (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen)

|   |  |
|---|--|
| Personenbeförderungsgesetz (PBefG)  | Bundesgesetz zur Regelung der entgeltlichen und geschäftsmäßigen Beförderung von Personen mit Straßenbahnen, Oberleitungsbussen und Kraftfahrzeugen  |
| Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen (BOStrab)                   | An das PBefG angegliederte Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen   |
| Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr (BOKraft) | An das PBefG angegliederte Verordnung über den Betrieb von Kraftomnibussen im Personenverkehr  |
| Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)  | Gesetz über die Zulassung von Kraftfahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr   |
| Technische Aufsichtsbehörde (TAB)   | Staatliche Aufsichtsbehörde über Verkehrsunternehmen mit Bahnen nach BOStrab in den jeweiligen Bundesländern   |
| Verkehrsunternehmen   ÖPNV-Unternehmen  | Unternehmen, die gewerblich, genehmigungspflichtig und gegen Entgelt (Tarif) Personenbeförderung mit Kraftomnibussen und   oder Schienenbahnen nach BOStrab (Straßenbahnen) durchführen. <sup>9</sup>  |
| Drehgestell   | Drehbarer (Stahl)-Rahmen, an dem die Radsätze eines Schienenfahrzeuges angebracht sind   |
| Radsatz   | Zwei Stahlräder eines Schienenfahrzeuges, die zumeist mittels einer Achse verbunden sind   |
| Dreh- und Kippgelenke   | Bewegliche Verbindungen zwischen zwei Wagen oder Modulen einer Schienenbahn, an der horizontale und   oder vertikale Bewegungen erfolgen können  |
| Bahnkörper (BK)   | Fahrweg für Schienenbahnen, bestehend aus Ober- und Unterbau (Gleise, Schotter, bzw. andere Fahrbahnsysteme, Bettung, Planum mit Entwässerung)<br><u>straßenbündiger BK</u> : Gleise sind eingebettet in Straßenfahrbahnen und   oder Plätze<br><u>besonderer BK</u> : eingeordnet im öffentlichen Verkehrsraum, jedoch baulich von Straßenfahrbahnen, sowie Plätzen und Wegen getrennt<br><u>unabhängiger BK</u> : vollkommen getrennt vom übrigen Verkehr angeordnet |

<sup>9</sup> verkürzte Ableitung aus dem PBefG (I. Allgemeine Vorschriften)

### **2.3 Besonderheiten bei Straßenbahnen und Bussen**

Die Personenbeförderung im ÖPNV erfolgt i.d.R. mit Bussen und Straßenbahnen. Bei Bussen handelt es sich um Straßenfahrzeuge, bei Straßenbahnen um spurgebundene Schienenbahnen. Beide werden heute von Fahrer:innen geführt. Busse verfügen sowohl in Deutschland als auch in Schweden über einen sehr hohen Standardisierungsgrad. Zwar gibt es zahlreiche unterschiedliche Hersteller, unterschiedliche Antriebsarten sowie unterschiedliche Fahrzeugabmaße wie bspw. Standardbusse, Gelenkbusse und Midibusse. Doch die Grundeigenschaften von Bussen sind europaweit nahezu gleich, zumindest sehr ähnlich. Damit sind Busse nahezu überall in Deutschland und Schweden im öffentlichen Raum gleichermaßen einsetzbar. Bei Straßenbahnen sieht es da bereits anders aus. Straßenbahnen müssen in Deutschland dem Grunde nach den Anforderungen der BOStrab genügen und auch in Schweden wird sich bei der Zulassung von Straßenbahnen mangels eigener, national gültiger straßenbahnspezifischer Vorschriften, an der BOStrab orientiert. Doch ansonsten sind Straßenbahnen de facto in jedem Verkehrsunternehmen unterschiedlich. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale von Unternehmen zu Unternehmen und damit von Stadt zu Stadt können sein: Spurweite, Fahrzeuglänge, Einsteigshöhe, Anzahl der Türen, Azuführung als Zwei- oder Einrichtungswagen, Anordnung der Stormabnehmer, Anzahl und Ausführung der Drehgestelle, Anzahl der Dreh- und Kippgelenke (unterschiedliche Hüllkurven der einzelnen Fahrzeuge), Ausführung der elektrischen Antriebskonzepte, um nur einige zu nennen. Es wird also deutlich, dass es nicht nur zwischen Straßenbahnen und Bussen, sondern auch zwischen Straßenbahnen von Unternehmen zu Unternehmen untereinander große Unterschiede geben kann.

In den folgenden beiden Kapiteln werden Busse und Straßenbahnen hinsichtlich ihrer Definition als solches erläutert und anhand dessen zudem die systembedingten Unterschiede zwischen Bussen und Straßenbahnen herausgearbeitet.

### 2.3.1 Busse

Zunächst sei vorangestellt, was die Definition eines Kraftomnibusses im Zusammenhang dieser Untersuchung ist. Gemäß *VERORDNUNG (EU) 2018/858 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 30. Mai 2018 über die Genehmigung und die Marktüberwachung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge, zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 715/2007 und (EG) Nr. 595/2009 und zur Aufhebung der Richtlinie 2007/46/EG* sind Busse motorkraftbetriebene Landfahrzeuge entsprechend den Fahrzeugklassen M2 (bis 5t zGM) und M3 (über 5t zGM) mit mehr als acht Sitzplätzen zusätzlich zum Fahrerplatz. Der Bautyp bestimmt dann den Bus näher, d.h. ob es sich um einen Niederflrbus, einen Gelenk- oder Standardlinienbus o.ä. handelt. In der genannten Richtlinie sind alle weiteren Anforderungsdetails aufgeführt, die an Busse gestellt werden, um eine Zulassung als solche vom Kraftfahrtbundesamt zu erlangen. Auf diese Details wird an dieser Stelle zweckmäßig nicht näher eingegangen.

Im Vergleich zu Straßenbahnen sind Busse Straßenfahrzeuge, die nicht spurgeführt von Fahrer:innen vom Fahrer:innenarbeitsplatz aus bedient werden.

Die Spurhaltung und zugleich alle Richtungsbewegungen erfolgen über die Bedienung des Lenkrades des Busses. Das heißt, dass Busse individuell in der Spurhaltung sind und somit auch individuell ihren Fahrweg verlassen können. So ist es möglich, Linienwege operativ umgehend zu verlassen oder auch Hindernissen auf dem Fahrweg individuell auszuweichen. Busse verfügen über einen anderen Bremsweg als Straßenbahnen. Das ergibt sich u.a. aus der Tatsache heraus, dass die Haftreibung zwischen den Gummireifen des Busses und dem Straßenbelag (zumeist Asphalt) größer ist, als bei Stahlrädern auf Stahlschiene bei der Straßenbahn.

Die Tatsache, dass Busse nicht auf Schienen spurgeführt verkehren, ist auch das Anhalten an den Haltestellen in einem gewissen Maße individuell und hängt vom jeweiligen Fahrpersonal ab. Das bedeutet, dass die Halteposition in Längs- und auch in Querrichtung variieren kann. Insbesondere die Halteposition in Querrichtung, als der Abstand zwischen Bus und Haltestellenbord ist für die Barrierefreiheit von großer Bedeutung. Die Barrierefreiheit ist bezogen auf Höhen- und Spaltmaße ein Wechselspiel zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. Wie bspw. Haltestellen für ÖPNV-Fahrzeuge barrierefrei zu errichten sind, regelt die *DIN 18040-3 Barrierefreies Bauen - Planungsgrundlagen - Teil 3: Öffentlicher Verkehrs- und Freiraum*. Darin ist ein so genannter 5 x 5 cm Würfel als maximales vertikales und horizontales Spaltmaß zwischen Fahrzeug und Haltestellenbord (Bahnsteigkante) vorgegeben. Es ist also festzuhalten, dass die Barrierefreiheit nur dann erreicht wird, wenn neben den infrastrukturellen und fahrzeugseitigen Voraussetzungen auch die Fahrer:innen von Bussen die Haltestellen entsprechend

anfahrend und bedienen. Die erste und mittlere Fahrgasttür wird bei Bussen weit verbreitet durch das Fahrpersonal per Tastendruck am Fahrer:innenarbeitsplatz und die weiter hinten angeordneten Türen durch reine Freigabe geöffnet und geschlossen. Den Fahrgastwechsel beobachten die Fahrer:innen und schließen die Türen individuell vom Fahrer:innenarbeitsplatz aus, außer die weiter hinten liegenden Automatiktüren.

Autonom fahrende Busse müssen künftig mit den Situationen an Haltestellen umgehen können. Es genügt folglich nicht, dass diese irgendwo im Haltestellenbereich zum Stehen kommen, sondern an der korrekten Halteposition in Längs- und Querrichtung. Die Längsrichtung ist vor allem für Menschen mit Sehbehinderung von entsprechender Bedeutung, verfügen barrierefrei ausgebaute Haltestellen demnach über taktile Leitelemente auf dem Boden der Haltestelle, um blinde und sehbehinderte Menschen zu einem so genannten Einstiegsfeld zu führen, an dem sie die Halteposition des Busses mit einer Fahrgasttür erwarten dürfen. Linienbusse auf städtischen Buslinien sind heute nahezu überall in Deutschland und Schweden (bzw. ganz Europa) niederflurig. Das bedeutet, dass beim Ein- und Aussteigen keine Stufen mehr im Türenbereich zu überwinden sind und der Boden, außer bei Low-Entry-Fahrzeugen mit Stufe im hinteren Bereich, durchgehend ebenerdig im Fahrzeug ist. Selbst im Regionalbusbereich werden immer mehr Niederflurbusse eingesetzt und verdrängen dort mehr und mehr die hochflurigen Fahrzeuge mit Stufen im Türbereich. Weit verbreitete Fahrzeuglängen sind 12 m als Standardlinienbus (Solofahrzeuge) und 18, bzw. 18,75 m als Gelenkbus. Es gibt noch weitere Ausführungen bis 21 m Länge oder kleinere Midibusse, die an der Stelle nicht näher definiert werden. Gelenkbusse haben eine zulässige Gesamtmasse von rund 28 t und Standardlinienbusse von rund 20 t (Beispiel Mercedes-Benz).<sup>10</sup> Busse sind wegen der fehlenden Spurführung auf Gleisen o.ä. und durch das individuelle Lenken durch Fahrer:innen sowie das Fahren auf Straßen mitunter im Vergleich zur Straßenbahn höheren dynamisch wirkenden Kräften ausgesetzt.

---

<sup>10</sup> [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_LU/models/citaro/facts/facts-citaro.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_LU/models/citaro/facts/facts-citaro.html)



Abbildung 2 - Busse sind nicht spurgeführte Straßenfahrzeuge, hier: Gelenkbusse in Chemnitz (D) und Tyresö (SE)

### 2.3.2 Straßenbahnen

Straßenbahnen werden begrifflich im Personenbeförderungsgesetz § 4 definiert. Sie sind demnach Schienenbahnen, die sich im Vergleich zu Eisenbahnfahrzeugen mit ihren betrieblichen und baulichen Einrichtungen und ihrer Betriebsweise der Eigenart des Straßenverkehrs anpassen. Sie dienen der Personenbeförderung im Orts- oder Nachbarschaftsbereich. Der Begriff Stadtbahn ist dabei kein offiziell definierter Fachbegriff, der auf ein anderes Fahrzeug, als auf eine Straßenbahn zutrifft. Von Stadtbahnen wird üblicherweise gesprochen, wenn Straßenbahnen zu weiten Teilen auf unabhängigen oder besonderen Bahnkörpern als traktionsfähige Fahrzeugverbände verkehren. Oftmals sind Stadtbahnen hochflurig ausgeführt, was aber kein Alleinstellungsmerkmal ist. Es handelt sich bei „Stadtbahnen“ aber um Straßenbahnen. U-Bahnen sind nach dem Gesetz und der BOStrab auch Straßenbahnen. Sie verkehren jedoch ausschließlich auf unabhängigen Bahnkörpern, die mit Zugsicherungssystemen ausgestattet sind. Sie müssen hingegen nicht zwingend durchgehend unter Tage fahren.



Abbildung 3 - Straßenbahnen sind spurgeführte Schienenbahnen auf straßenbündigen und besonderen|unabhängigen Bahnkörpern, hier: Straßenbahn in Stockholm (SE) und Chemnitz (D)

Die wichtigste Verordnung für die Beschaffenheit von Straßenbahnen ist die dem PBefG angegliederte Verordnung über den Bau und Betrieb von Straßenbahnen (BOStrab). In Abschnitt 5 werden in den §§ 33 bis 48 Anforderungen an Straßenbahnfahrzeuge beschrieben. Des Weiteren gibt es zahlreiche VDV-Schriften, die themenbezogen zum Teil sehr präzise Vorgaben zur Ausführung bestimmter technischer Bauteile und funktionaler Einheiten bei Straßenbahnfahrzeugen machen.

Im Vergleich zu Bussen sind Straßenbahnen auf Gleisen spurgeführte Fahrzeuge. Gleise werden aus zwei parallel verlaufenden Stahlschienen gebildet. Die Schienen sind bspw. auf Betonschwellen befestigt, um gegen vertikales und horizontales Verschieben gesichert zu sein. Es gibt neben dem klassischen Querschwellengleis zahlreiche andere Oberbauformen, die im Sinne dieser Masterarbeit nicht weiter behandelt werden. Ein wichtiges Merkmal bei Straßenbahnen in Bezug auf den Fahrweg ist, dass Straßenbahnen zum Teil allein in Deutschland unterschiedliche Spurweiten aufweisen. Die Spurweite gibt das Maß zwischen den Innenseiten der beiden Fahrschienen eines Gleises an, wobei dieses i.d.R. 14 mm unter der Schienenoberkante gemessen wird. Die sogenannte

Regelspur weist ein Maß von 1435 mm wie bei der Eisenbahn auf. Es gibt jedoch noch etwas breitere und deutlich schmalere Spurweiten, wie bspw. 1000 mm. Die Spurweite zieht eine Reihe von konstruktiven Eigenschaften von Straßenbahnen nach sich. So können Fahrzeuge, die auf Regelspurweite fahren, bis zu 2,65 m breit sein, bei geringeren Spurweiten i.d.R. entsprechend schmaler. Das wiederum wirkt sich auf die Beförderungskapazitäten bei Straßenbahnen, sowie auf den gesamten Platzbedarf im öffentlichen Raum aus.

Auf Grund der Spurführung auf Gleisen verfügen Straßenbahnen nicht über ein Lenkrad. Haupttätigkeit bei Straßenbahnfahrer:innen ist das Beschleunigen und Verzögern der Bahn über den so genannten Sollwertgeber im Fahrerstand.

Straßenbahnen weisen zwar allesamt bestimmte Grundeigenschaften auf, die aus den bereits genannten Bestimmungen und Regelwerken entspringen. Doch neben den unterschiedlichen Fahrzeugbreiten, können auch Fahrzeuglängen, Anzahl der Drehgelenke, Anzahl der Drehgestelle (diese beherbergen die Radsätze) bis hin zur Anzahl der Fahrerstände variieren. Manche Straßenbahnen haben nur einen Fahrerstand, d.h. sie benötigen Wendeanlagen zum Wenden des gesamten Fahrzeuges für die Rückfahrt von einem Linienendpunkt zum anderen (vergleichbar mit Bussen, nur mit deutlich mehr Raumbedarf). Fahrzeuge mit zwei Fahrerständen, jeweils am Fahrzeugende, können hingegen durch eine so genannte Kopfwende zurück in die andere Richtung fahren und benötigen hierfür außer einer Gleisverbindung auf das gegenüberliegende Gleis keine weiträumige Wendeanlage.

Übliche Fahrzeuglängen bei Straßenbahnen sind rund 31 m und 42 m. Je nach Verkehrsbetrieb bestehen 31 m-Wagen oftmals aus fünf Einzelmodulen, die über begehbare Drehgelenke miteinander verbunden sind. 42 m-Wagen bestehen üblicherweise aus sieben Einzelmodulen, wobei auch diese im Innenraum durchgehend einen Fahrgastraum bilden.

Noch längere Züge können durch so genannte Doppeltraktionen, sprich durch Verbinden einzelner Fahrzeuge zu einem Verband, gebildet werden. In Deutschland dürfen diese jedoch eine Gesamtlänge von 75 m nicht überschreiten.

Straßenbahnen verfügen nicht nur wegen ihrer größeren Masse über einen längeren Bremsweg, sondern auch weil der Haftreibbeiwert bei Stahlrädern auf Stahlschiene kleiner ist als Gummi auf Asphalt beim Bus.



Abbildung 4 – Fahrer:innenarbeitsplatz Straßenbahn (Chemnitz, D) mit Sollwertgeber (links) und Bus (Chemnitz, D) mit Lenkrad (rechts)

## 2.4 Aktueller Stand beim autonomen Fahren von Straßenbahnen und Bussen

In den folgenden Kapiteln wird ein Überblick zum aktuellen Stand beim autonomen Fahren von Straßenbahnen und Bussen gegeben. Auch wenn autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge im Linienverkehr noch nicht zum gewohnten Straßenbild gehören, gibt es bereits zahlreiche Versuchsverkehre in ganz Deutschland. Dabei dominieren Forschungsvorhaben autonom fahrender Busse.

### 2.4.1 Aktueller Stand bei Straßenbahnen

Straßenbahnen sind derzeit noch nicht im autonom fahrenden Betrieb unterwegs. Dennoch gibt es Forschungsprojekte. Im Jahr 2013 wurden erstmals Sensoren zur Erkennung von Hindernissen aus dem Automotive-, sprich dem Kraftfahrzeugbereich bei Straßenbahnen eingesetzt. Im Jahr 2018 wurden dann auf der InnoTrans, der wichtigsten Fachmesse der Branche (ÖPNV und Eisenbahn), verschiedene Forschungsprojekte in Karlsruhe, Potsdam sowie Paris

vorgestellt.<sup>11</sup> Im Jahr 2018 wurde durch Siemens eine Straßenbahn vom Typ Combino der Verkehrsbetriebe in Potsdam (ViP) mit Technik zum Fahren ohne Fahrer ausgerüstet. Hierbei wurde getestet, wie das mit zahlreichen Sensoren ausgestattete Fahrzeug mit Hindernissen auf Gleisen, den Signalbildern entlang der Strecke, mit Situationen an der Haltestelle sowie mit anderen Verkehrsteilnehmenden auf dem Fahrweg der Straßenbahn zurechtkommt. Laut dem Internetauftritt von Siemens Mobility waren diese Versuche zunächst erfolgreich.<sup>12</sup> Die entsprechende Straßenbahn wurde tatsächlich auf einer definierten Teilstrecke als Testbetrieb im Streckennetz der ViP ohne Fahrgäste eingesetzt. Besetzt mit Entwicklungsingenieur:innen und einem Fahrbediensteten mit entsprechender Berufserfahrung war die Straßenbahn damit im öffentlichen Raum unterwegs.<sup>13</sup> Zum aktuellen Stand des Projektes in Potsdam konnten keine abschließenden Informationen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Masterarbeit recherchiert werden. Bekannt ist lediglich, dass derzeit keine autonom fahrende Straßenbahn mit Fahrgästen im Linienverkehr unterwegs ist.

Ein vergleichbares Forschungsprojekt gibt es aktuell in Chemnitz. Dort wird durch Hörmann Vehicle Engineering gemeinsam mit der Chemnitzer Verkehrs-AG (CVAG) unter dem Projektnamen „SmarTram“ im Zeitraum von 2022 bis 2025 an einer autonom fahrenden Straßenbahn geforscht. Da Straßenbahnen im Vergleich zu unabhängigen U-Bahnen, die bereits an einigen Orten wie Nürnberg und Paris autonom fahren, vielen unvorhersehbare Ereignisse durch die Teilnahme am öffentlichen Straßenverkehr ausgesetzt sind, liegt der Fokus der Forschung vor allem auf dem automatisierten Umgang mit eben straßenbahntypischen Konflikten.<sup>14</sup>

---

11 VDV, Positionspapier „Autonomer Fahrbetrieb bei Straßenbahnen“, August 2019

12 <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/fahrzeuge/strassenbahnen/autonome-strassenbahn.html>

13 <https://autonome-strassenbahn.webnode.page/info/>

14 <https://www.hoermann-engineering.de/de/innovationen/automation>



Abbildung 5 - autonom fahrende Forschungs-Straßenbahn "SmarTram" in Chemnitz (D) (Fotos: Florian Schwind)

In Karlsruhe befindet sich ein Vorhaben zur Automatisierung von Schienenfahrzeugen in der Startphase. Die Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH (VBK) und die Albtal-Verkehrs-Gesellschaft (AVG) betreiben ein unter dem Namen Karlsruher Modell bundesweit bekanntes Tram-Train-System, bei dem Straßenbahnen sowohl auf der Infrastruktur der Straßenbahn als auch auf jener der Eisenbahn verkehren. Damit ist eine umsteigefreie Fahrt aus dem BOStrab-Netz in der Stadt Karlsruhe in das umliegende EBO-Netz und zurück möglich. Die Fahrzeuge selbst haben eine Betriebserlaubnis nach BOStrab und EBO. Für den Übergang von BOStrab auf EBO, bzw. umgekehrt, gibt es im Streckennetz entsprechende Schnittstellen, die ausschließlich diese Fahrzeuge befahren dürfen. Dies allein hat jedoch noch keinen Zusammenhang zu autonom fahrenden Straßenbahnen. In dem in der Startphase befindlichen Projekt soll zunächst der automatisierte Fahrbetrieb im EBO-, sprich im Eisenbahnbereich umgesetzt werden. Hierfür werden die Fahrzeuge mit Technik zur Kommunikation mit dem Stellwerk sowie Sensortechnik zur Überwachung des Lichtraumes ausgerüstet. Mit der südlich von Karlsruhe ausgerichteten Strecke von Ettlingen Stadt nach Ittersbach (S11|S12), bzw. Bad Herrenalb (S1) wird im Rahmen des Vorhabens begonnen, wobei perspektivisch nach erfolgreichem Testbetrieb weitere und schlussendlich alle betriebenen Strecken folgen sollen. Dabei werden die Fahrzeuge bis zur Übergabestelle Bahnhof Ettlingen Stadt kommend aus dem

Straßenbahnnetz von Fahrbediensteten gefahren und dort an den autonomen Betrieb übergeben. In der ersten Betriebsphase bleiben die Fahrbediensteten auf dem Fahrzeug, um als Rückfallebene in Störungssituationen eingreifen zu können. Dies ist jedoch nur für einen noch nicht näher definierten Anfangszeitraum geplant. In der Gegenrichtung übernehmen die Fahrbediensteten dann wieder das ankommende, autonom fahrende Fahrzeug und fahren es manuell weiter in Richtung Karlsruhe. Da sich das Projekt, wie bereits erwähnt, in der Startphase befindet, sind eine Reihe von Details wie Belange von Behindertenverbänden, Notfallmanagement, Investitionskosten u.ä. noch nicht abschließend geklärt. Ebenso stehen sämtliche behördliche Genehmigungen noch aus. Der Betriebsbeginn ist für das Jahr 2030 geplant. Auch wenn es sich zunächst um autonomen Fahrbetrieb im EBO-Bereich handelt, ist auch perspektivisch laut Christian Höglmeier, Technischer Geschäftsführer der VBK, der autonome Straßenbahnbetrieb im BOStrab-Bereich denkbar. Treiber dieser Überlegungen sind der bestehende und sich weiter verschärfende Fachkräftemangel in Deutschland.<sup>15</sup>

In Schweden konnten keine Versuchsvorhaben zu autonom fahrenden Straßenbahnen recherchiert werden. Dabei ist jedoch zu erwähnen, dass die Zahl der Verkehrsbetriebe mit Straßenbahnen in Schweden deutlich kleiner ist als in Deutschland und einige Städte derzeit gerade eine Renaissance mit der Straßenbahn erleben. Beispiele hierfür sind Lund und Uppsala. Bestehende Straßenbahnsysteme gibt es in Stockholm, Göteborg, Lund und Norrköping.

#### **2.4.2 Aktueller Stand bei Bussen**

Bei autonom fahrenden Bussen gibt es bereits in ganz Deutschland unterschiedliche Testbetriebe. Der VDV hat auf seiner Internetseite eine Kartenübersicht mit allen Versuchsprojekten zu autonom fahrenden Bussen veröffentlicht.<sup>16</sup> Daraus geht hervor, dass in fast allen Bundesländern einzelne Shuttleprojekte aktiv sind. Dabei handelt es sich zumeist um Versuchsverkehre mit Kleinstgefäßgröße, sprich Bussen die maximal mit Midibussen vergleichbar sind. Einige dieser Projekte sind abgeschlossen, sprich beendet, andere wiederum noch aktiv.

Der Einsatz eines autonom fahrenden Standardlinienbusses, also in Größe der weit verbreiteten 12 m langen Solobusse, ist im Rahmen des Forschungsprojektes „MINGA“ in München geplant. Dabei beabsichtigt der Nutzfahrzeughersteller MAN Truck & Bus gemeinsam mit dem Spezialisten für autonome Fahrtechnologie Mobileye ab dem Jahr 2025 den Einsatz eines selbstfahrenden Linienbusses mit Sicherheitsfahrer an Bord. Der Fokus soll hierbei auf die Weiterentwicklung der Technik aus und während den Erfahrungen des Testbetriebes liegen. Doch nicht

---

<sup>15</sup> Interview mit Christian Höglmeier, Technischer Geschäftsführer VBK und AVG mbH, Interview Mai 2024

<sup>16</sup> <https://www.vdv.de/innovationslandkarte.aspx>

nur die rein autonome Fahrfähigkeit des Busses, sondern auch andere Funktionen wie Fahrgastkommunikation, Ticketverkauf, Umgang mit Konfliktsituationen u.ä. sollen hierbei erforscht werden.<sup>17</sup> Insbesondere letzteres beruht heute noch nahezu ausschließlich auf das Vorhandensein von Fahrpersonal in den Fahrzeugen. Hier lässt sich erkennen, dass es beim autonomen Fahren von Bussen und Straßenbahnen längst nicht nur um das rein selbstständige Fahren, sprich die Bewegung des Fahrzeuges geht, sondern um sämtliche Aspekte rund um die Personenbeförderung im ÖPNV. Das Forschungsvorhaben MINGA lässt zumindest erahnen, dass sich dieser Themen ebenso wissenschaftlich genähert wird und diese Berücksichtigung finden.

Abbildung 6 - geplanter Testbetrieb eines autonom fahrenden MAN Standardlinienbusses in München, Bildquelle: Man Bus and Truck (Downloadbereich)



Das schwedische Busunternehmen, Nobina AB, erbringt in ganz Schweden für verschiedene ÖPNV-Aufgabenträger:innen städtische und regionale Verkehrsleistungen mit Linienbussen. So betreibt Nobina u.a. zahlreiche Stadtbuslinien in Stockholm und Malmö, um nur zwei Beispiele zu nennen. In Barkarby (Kommune Järfälla), nordwestlich von Stockholm, führt Nobina einen Testbetrieb mit autonom fahrenden Midibussen durch. Zum ersten Mal erteilte die zuständige Behörde Transportstyrelsen im Dezember 2017 die Genehmigung für den Testbetrieb. Dabei handelt es sich laut dem Internetauftritt von Nobina um den ersten autonomen Testbetrieb mit Bussen in ganz Skandinavien. Dabei kommt ein autonom fahrender Midi-Bus im Linienbetrieb zum Einsatz.<sup>18</sup> Am 30. September

<sup>17</sup> MAN Truck & Bus macht Stadtbusse mit Mobileye autonom, Presseinformation vom 17.05.2023

<sup>18</sup> <https://www.nobina.com/sv/nobina-technology/sjalvkorande-bussar/>

2023 endet der Testbetrieb vorerst. Dies erfolgt in Kooperation mit Storstockholms Lokaltrafik (SL) und Järfalla Kommun (Kommune Järfalla).<sup>19</sup> Zum aktuellen Stand des Testbetriebes konnten keine Informationen zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Masterarbeit recherchiert werden.

In der schwedischen Stadt Linköping verkehren ebenfalls im Rahmen eines Testbetriebes autonom fahrende Midi-Busse auf einer zwei Kilometer langen Strecke zwischen Campus Valla und Vallastaden. Das vom Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) zusammen mit der Universität Linköping betriebene Forschungsprojekt „Ride the future“ dient als Plattform für Forschende, Studierende und andere Akteur:innen im Zusammenhang des autonomen Fahrens. Zu diesen Akteur:innen zählen u.a. Transdev Sverige und Östgötatrafiken, um nur zwei zu nennen.<sup>20</sup>

## **2.5 Rechtliche Grundlagen in Deutschland und Schweden**

Für den Betrieb von heutigen Bussen und Straßenbahnen gibt es in Deutschland und Schweden entsprechende Rechtsgrundlagen, die zur Einordnung in die Gesamthematik in den folgenden beiden Kapiteln umrissen werden. Angeknüpft daran wird ein Überblick über die derzeit rechtlichen Rahmenbedingungen von autonom fahrenden Bussen und Straßenbahnen gegeben.

### **2.5.1 Deutschland – Busse**

Als übergeordnete Regelwerke für die Beschaffenheit von Bussen sind die BOKraft und die StVZO zu nennen. So regelt die BOKraft die Durchführung der Personenbeförderung, als auch bestimmte Ausstattungsgrundanforderungen an Busse. Europaweit gelten übergeordnete Vorschriften, wobei die Verordnung des europäischen Parlaments und des Rates, aber auch die Regelung der Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen (UNECE). Unter letzterem verbirgen sich mehr als 100 Regelungen, die allein den Fahrzeugbau betreffen. Darin werden Vorgaben zur Fahrzeugdimension, zum Brandschutz, zu Abgasemissionen, Geräuschemissionen und der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) gemacht.

Ferner gibt es für die Weiterentwicklung der Verkehrssicherheit von Straßenfahrzeugen die EU-weit geltende Allgemeine Sicherheitsverordnung, die General-Safety-Regulation (GSR). Diese schreibt seit dem Jahr 2024 bspw. für Nutzfahrzeuge über 3,5 t und Bussen mit mehr als 9 Sitzplätzen, also Busse im Sinne dieser Masterarbeit, einen verpflichtenden Abbiegeassistenten vor, um Fahrer:innen dieser Fahrzeuge beim Abbiegen zu unterstützen, sodass

---

19

<https://www.jarfalla.se/nyheter/nyheter/artiklar/nurullardensjalvkorandebussenibarkarbystadenforsistagangen-nastan.5.9afd6e118ac43364f174650.html>

20 <https://www.vti.se/forskning/fordonsteknik-och-korsimulering/sjalvkorande-buss>

ungeschützte Verkehrsteilnehmende besser vor den Gefahren geschützt werden, die von Kraftfahrzeugen ausgehen.<sup>21</sup> Alle 10 Jahre befasst sich die EU-Kommission damit, welche Technologien einen fahrerseitigen Beitrag zu mehr Verkehrssicherheit leisten können und verpflichtend eingeführt werden sollten.<sup>21</sup>

Für autonom fahrende Busse gibt es ein europaweit übergeordnetes Regelwerk, die

#### *DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2022/1426 DER KOMMISSION*

*vom 5. August 2022*

*mit detaillierten Regelungen zur Durchführung der Verordnung (EU) 2019/2144 des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die einheitlichen Verfahren und technischen Spezifikationen für die Typgenehmigung des automatisierten Fahrsystems (ADS) vollautomatisierter Fahrzeuge.* Sie erlaubt die Typgenehmigung für fahrer:innenlose Busse in begrenzten Serien von bis zu 1500 Fahrzeugen pro Hersteller und Jahr. Auf Basis dieser können bereits heute automatisierte Busse eingesetzt werden, wobei der Einsatz an entsprechende Voraussetzungen in den jeweiligen EU-Mitgliedstaaten geknüpft ist.

Der aktuelle Betrieb autonom fahrender Busse basiert auf Einzelbetriebserlaubnissen für die Fahrzeuge durch entsprechende Ausnahmen durch die Landesregierungen nach § 21 Abs. 1 StVZO iVm § 70 Abs. 1 StVZO mittels Gutachten von technischen Prüfdiensten.<sup>22</sup> Laut des Branchenverbandes VDV haben die Prüforganisationen und die Länder in den vergangenen Monaten für die notwendigen Genehmigungsverfahren eine erste Genehmigungspraxis für neue automatisierte Fahrzeugkonzepte entwickelt. Auf dem Internetauftritt des VDV heißt es dazu weiter: „Diese ist jedoch weiterhin auf Erprobungen und Ausnahmen beschränkt und ermöglicht keinen echten Regelbetrieb mit vollautomatisierten und vor allem fahrerlosen Fahrzeugen.“ Es handelt sich folglich an noch keiner Stelle um Regelbetrieb.

### **2.5.2 Deutschland – Straßenbahnen**

Die Beschaffenheit von Straßenbahnen ist kaum EU-weit geregelt. Für sie gelten vornehmlich nationale Vorschriften und Regelwerke. Die *RICHTLINIE (EU) 2016/798 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2016 über Eisenbahnsicherheit* regelt die Eisenbahnsicherheit, in der Branche auch Vollbahn genannt. Straßenbahnen sind von dieser Verordnung explizit ausgenommen. So heißt es in der genannten (EU) 2016/798 „*Untergrundbahnen, Straßenbahnen und andere leichte Eisenbahnsysteme unterliegen in vielen Mitgliedstaaten kommunalen technischen Anforderungen und sind vom Anwendungsbereich der Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments*

---

<sup>21</sup> <https://www.bast.de/DE/Kurzinfos/Fahrzeugtechnik/2020/F-02.html>

<sup>22</sup> <https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx>

*und des Rates (5) ausgenommen. Um die Durchführung dieser Richtlinie und der Richtlinie (EU) 2016/797 zu erleichtern, sollten beide Richtlinien denselben Anwendungsbereich haben. Folglich sollten derartige lokale Eisenbahnsysteme aus dem Geltungsbereich der vorliegenden Richtlinie ausgenommen werden.“* Wie in Kapitel 2.3 dieser Arbeit bereits angerissen, werden Straßenbahnen im PBefG definiert und die entsprechende Anforderung an die fahrzeugseitigen Beschaffenheiten sowie an den sicheren und ordnungsgemäßen Betrieb in den angegliederten BOStrab geregelt. Ferner gelten die Technischen Regeln der BOStrab, die als separate Einzeldokumente herausgegeben sind, sowie die themenspezifischen VDV-Schriften.

Bei der Beschaffung und Inbetriebnahme von Straßenbahnfahrzeugen spielen die Technischen Aufsichtsbehörden (TAB) der einzelnen Bundesländer sowie die in jedem Straßenbahnbetrieb gesetzlich verpflichtend einzusetzenden Straßenbahnbetriebsleiter die wesentliche Rolle. Formal beschafft der Verkehrsbetrieb unter Aufsicht und Mitwirkung des Straßenbahnbetriebsleiters die Straßenbahnfahrzeuge. Der Betriebsleiter lässt die Fahrzeuge so dann auch zu. Hierbei steht er unter der Aufsicht der TAB und hat dort die entsprechenden Genehmigungen einzuholen.

Es ist folglich zu konstatieren, dass für Straßenbahnen und Busse durchaus deutlich abweichende rechtliche Grundlagen vorherrschen und die Beschaffung, Zulassung und der Betrieb von Straßenbahnen deutlich individueller ist, als bei Bussen.

Für autonom fahrende Straßenbahnen gibt es in Deutschland noch keine national geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen. Etwaige Fahrten im Rahmen von Forschung und Entwicklung werden individuell zwischen den TABs und den einzelnen Straßenbahnbetriebsleitern geregelt.

### **2.5.3 Schweden – Busse**

Als Mitgliedsstaat der Europäischen Union (EU) gelten auch in Schweden die entsprechenden EU-Verordnungen für den Betrieb von Bussen. Dies gilt sowohl für heutige Busse mit Fahrer:innen, als auch für autonom fahrende Busse.

Folglich kommt ebenso die bereits unter 2.5.1 erwähnte Verordnung (EU) 2019/2144 zur Geltung. In Schweden gibt es noch keine nationale Gesetzgebung zu autonom fahrenden Bussen, wobei an einer solchen derzeit gearbeitet wird.<sup>23</sup> Das entsprechende Memorandum wurde im vergangenen Winter zur notwendigen Konsultation beim Gesetzgeber vorgelegt. Vorgeschlagen wird, dass die Straßenverkehrsbehörden vorschreiben dürfen, welche Straßen für den automatisierten Verkehr zugelassen sind, und dass derjenige, der die

---

<sup>23</sup> Interview mit Samer Sada, Transportstyrelsen Sverige, 2024

automatisierten Funktionen aktiviert, als Fahrer im rechtlichen Sinne betrachtet wird.<sup>23</sup>

Des Weiteren gibt es noch experimentelle Aktivitäten, die für Fahrzeuge gelten, die nicht typgenehmigt sind. Für diese ist dann eine Genehmigung von Transportstyrelsen erforderlich.

#### **2.5.4 Schweden – Straßenbahnen**

Ein vergleichbares Regelwerk wie die deutsche BOStrab gibt es in den anderen europäischen Ländern nicht, so auch nicht in Schweden. Für ein angestrebtes Zulassungsverfahren von Straßen- und U-Bahnen in Schweden bei Transportstyrelsen wird auf die Anforderungen des EN-Standards (European standards) und sogar auch auf die deutsche BOStrab verwiesen.<sup>24</sup>

Für autonom fahrende Straßenbahnen gibt es in Schweden ebenso noch keine Vorschriften.<sup>25</sup>

### **2.6 Nachhaltigkeit im Öffentlichen Personennahverkehr**

Nachhaltigkeit ist im Kontext der Diskussionen um Klimaschutz, soziale Gerechtigkeit, Ressourcenschonung, Erhalt und Förderung der physischen und psychischen Gesundheit, Chancengleichheit (um nur einige zu nennen) ein oft verwendeter Begriff. Um die Bedeutung des ÖPNV im Kontext der Nachhaltigkeit einordnen zu können und dabei die Frage zu klären, welche Rolle autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge dabei einnehmen können, ist der Begriff Nachhaltigkeit zunächst zu definieren.

Grundsätzlich werden drei Kapitalarten im Zusammenhang von Nachhaltigkeit berücksichtigt, das ökologische, das ökonomische und das soziale Kapital.<sup>26</sup>

Das ökologische Kapital umfasst im Wesentlichen den Erhalt der Ökosysteme, bzw. den Bestand der erneuerbaren und nicht erneuerbaren Energien darin sowie die Öko-systemdienstleistungen. Zu letzterem zählen bspw. Nahrungskreisläufe, das Klimasystem, die Sonneneinstrahlung und die Bereitstellung von sauberem Wasser und sauberer Atemluft durch die Natur.<sup>26</sup>

Das ökonomische Kapital bildet das wirtschaftliche Produktionskapital in Form von Sach-, Wissens- und Humankapital (bspw. technische Anlagen, Patente und qualifizierte Mitarbeitende).<sup>26</sup>

Das soziale Kapital wiederum stellt die Gesamtheit aktueller und potenzieller Ressourcen dar, die mit Besitz eines dauerhaften Netzwerkes verbunden sind. Ein solches Netzwerk kann aus Freunden, Familie und ähnlichen menschlichen

---

<sup>24</sup> Tannenhauer, 2024

<sup>25</sup> Interview mit Samer Sada, Transportstyrelsen Sverige, 2024

<sup>26</sup> Michael von Hauff „Nachhaltige Entwicklung“ 3., überarbeitete und erweiterte Auflage

Verbindungen bestehen, die jeder einzelne Mensch besitzt. Hierbei geht es auch um soziale Aspekte, wie vertraut etwa Menschen in soziale Strukturen sowohl im privaten als auch im beruflichen Umfeld eingebettet sind. Damit hat das soziale Kapital auch einen direkten Einfluss auf den gesellschaftlichen Frieden. Ein hoher sozialer Kapitalstock verbessert sozialen Frieden in Familie, bei der Arbeit, am Wohnort und in der gesamten Gesellschaft, was diesem Kapitalstock eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zukommen lässt.<sup>26</sup>

Die drei Kapitalarten bilden nebeneinander das Gerüst von Nachhaltigkeit. Folglich ist zu klären, wie mit den einzelnen Kapitalarten umgegangen werden kann, um von nachhaltigem Handeln sprechen zu können. Hierfür ist die Einstufung von Nachhaltigkeit entscheidend. Es wird in diesem Zusammenhang von schwacher, starker und ausgewogener Nachhaltigkeit gesprochen.

Die so genannte schwache Nachhaltigkeit sieht im Kern vor, dass heutige und künftige Generationen möglichst einen gleichen Wohlstand mit gleichem Nutzenniveau erreichen sollen. Die neoklassische Theorie, die der schwachen Nachhaltigkeit entspricht, sieht hierbei vornehmlich als Nutzen den Konsum materieller Güter vor. Das hat zur Folge, dass der Gesamt-Kapitalstock, bestehend aus allen Kapitalarten, lediglich annähernd gleich gehalten werden muss.<sup>27</sup> Da bei dieser Theorie jedoch ein bspw. geringes ökologisches Kapital de facto durch ein hohes ökonomisches Kapital substituiert werden kann, ist der neoklassische Ansatz zumindest kritisch zu betrachten, da er im Umkehrschluss die Zerstörung der Umwelt zulässt, wenn gleichzeitig ökonomisches Kapital wächst. Die Definition des Nutzens aus dem Kapitalstock, bzw. den einzelnen Kapitalen können künftige Generationen anders sehen, als jene, die die heutigen wirtschaftlichen und politischen Regeln aufstellen. Insofern ist die schwache Nachhaltigkeit umstritten.<sup>28</sup>

Die starke Nachhaltigkeit hat das ökologische Kapital im Fokus. Mehr oder weniger hat sich dem Erhalt der ökologischen Grundlagen nahezu alles unterzuordnen. Die Substituierbarkeit von verlorenem ökologischem Kapital durch bspw. ökonomisches Kapital wird de facto ausgeschlossen.<sup>27</sup> Aus ökologischer Sicht ist diese Herangehensweise gewiss sinnvoll, doch erscheint es schwierig dies im gesellschaftlichen Konsens umzusetzen.<sup>28</sup>

Die ausgewogene Nachhaltigkeit sieht im Kern vor, dass ein gewisser Grad an Substituierbarkeit für ein Kapital durch ein anderes möglich ist. Wichtig dabei ist jedoch, dass bspw. bei der Substitution des ökologischen Kapitals durch ökonomisches Kapital das ökologische nur soweit in Anspruch genommen werden darf, dass dessen Substanz nicht existenziell gefährdet werden darf. Im Fokus der ausgewogenen Nachhaltigkeit steht die weltweite Befriedigung von Grundbedürfnissen und die Verbesserung der Lebensqualität gegenwärtig und zukünftig lebender Menschen.<sup>27</sup>

---

27 Michael von Hauff „Nachhaltige Entwicklung“ 3., überarbeitete und erweiterte Auflage

28 Tannehnauer, 2023

Wie bereits in Kapitel 1 dargelegt, haben sich die Vereinten Nationen mit der Agenda 2030 den darin formulierten 17 SDGs mit ihren insgesamt 169 Unterzielen verpflichtet. Der ÖPNV hat selbstredend nicht die Aufgabe, zur Erreichung aller SDGs einen Beitrag zu leisten. Aber es stellt sich die Frage, welchen Anteil er dazu beitragen kann. Dazu werden die SDGs und deren Unterziele im Folgenden daraufhin beurteilt, ob der ÖPNV (hier fokussiert auf Straßenbahnen und Busse) zu Erreichung derer einen Beitrag leisten kann.

| SDG-Nr. | Inhalt des Ziels   | ÖPNV als Beitrag zum Ziel | ÖPNV als Beitrag zum Unterziel   |
|---------|--|---------------------------|--|
| 1       | Armut in all ihren Formen und überall beenden  | nein                      | nein   |
| 2       | Den Hunger beenden, Ernährungssicherheit und eine bessere Ernährung erreichen und eine nachhaltige Landwirtschaft fördern                    | nein                      | nein   |
| 3       | Ein gesundes Leben für alle Menschen jeden Alters gewährleisten und ihr Wohlergehen fördern  | nein                      | nein   |
| 4       | Inklusive, gleichberechtigte und hochwertige Bildung gewährleisten und Möglichkeiten des lebenslangen Lernens für alle fördern               | nein                      | nein   |
| 5       | Geschlechtergleichstellung erreichen und alle Frauen und Mädchen zur Selbstbestimmung befähigen  | nein                      | nein   |
| 6       | Verfügbarkeit und Nachhaltige Bewirtschaftung von Wasser und Sanitärversorgung für alle gewährleisten  | nein                      | nein   |
| 7       | Zugang zu bezahlbarer, verlässlicher, nachhaltiger und moderner Energie für alle sichern   | nein                      | nein   |
| 8       | Dauerhaftes, breitenwirksames und nachhaltiges Wirtschaftswachstum, produktive Vollbeschäftigung und menschenwürdige Arbeit für alle fördern | nein                      | nein   |
| 9       | Eine widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, breitenwirksame und nachhaltige Industrialisierung fördern und Innovationen unterstützen      | ja                        | <b>9.1</b> Eine hochwertige, verlässliche, nachhaltige und widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, einschließlich regionaler und grenzüberschreitender Infrastruktur, um die wirtschaftliche Entwicklung und |

|    |   |    |   |
|----|---|----|---|
|    |   |    | <p>das menschliche Wohlergehen zu unterstützen, und dabei den Schwerpunkt auf einen erschwinglichen und gleichberechtigten Zugang für alle legen</p> <p><b>9.4</b> Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen</p>   |
| 10 | Ungleichheit in und zwischen Ländern verringern                                   | ja | <b>10.2</b> Bis 2030 alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung, Rasse, Ethnizität, Herkunft, Religion oder wirtschaftlichem oder sonstigem Status zu Selbstbestimmung befähigen und ihre soziale, wirtschaftliche und politische Inklusion fördern  |
| 11 | Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten | ja | <p><b>11.2</b> Bis 2030 den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle ermöglichen und die Sicherheit im Straßenverkehr verbessern, insbesondere durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, mit besonderem Augenmerk auf den Bedürfnissen von Menschen in prekären Situationen, Frauen, Kindern, Menschen mit Behinderungen und älteren Menschen</p> <p><b>11.3</b> Bis 2030 die Verstädterung inklusiver und nachhaltiger gestalten und die Kapazitäten für eine partizipatorische, integrierte und nachhaltige Siedlungsplanung und -steuerung in allen Ländern verstärken</p> <p><b>11.6</b> Bis 2030 die von den Städten ausgehende Umweltbelastung pro Kopf senken, unter anderem mit</p> |

|    |  |      |  |
|----|--|------|--|
|    |  |      | <p>besonderer Aufmerksamkeit auf der Luftqualität und der kommunalen und sonstigen Abfallbehandlung</p> <p><b>11.7</b> Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu sicheren, inklusiven und zugänglichen Grünflächen und öffentlichen Räumen gewährleisten, insbesondere für Frauen und Kinder, ältere Menschen und Menschen mit Behinderungen</p> <p><b>11.a</b> Durch eine verstärkte nationale und regionale Entwicklungsplanung positive wirtschaftliche, soziale und ökologische Verbindungen zwischen städtischen, stadtnahen und ländlichen Gebieten unterstützen</p> <p><b>11.b</b> Bis 2020 die Zahl der Städte und Siedlungen, die integrierte Politiken und Pläne zur Förderung der Inklusion, der Ressourceneffizienz, der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen beschließen und umsetzen, wesentlich erhöhen und gemäß dem Sendai-Rahmen für Katastrophenvorsorge 2015-2030 ein ganzheitliches Katastrophenrisikomanagement auf allen Ebenen entwickeln und umsetzen</p> |
| 12 | Nachhaltige Konsum- und Produktionsmuster sicherstellen  | nein | nein   |
| 13 | Umgehen Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen  | ja   | 13.1 Die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken   |
| 14 | Ozeane, Meere und Meeresressourcen im Sinne nachhaltiger Entwicklung erhalten und nachhaltig nutzen  | nein | nein   |
| 15 | Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, | nein | nein   |

|    |   |      |      |
|----|---|------|------|
|    | Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen   |      |      |
| 16 | Friedliche und inklusive Gesellschaften für eine nachhaltige Entwicklung fördern, allen Menschen Zugang zur Justiz ermöglichen und leistungsfähige, rechenschaftspflichtige und inklusive Institutionen auf allen Ebenen aufbauen | nein | nein |
| 17 | Umsetzungsmittel stärken und die Globale Partnerschaft für nachhaltige Entwicklung mit neuem Leben erfüllen   | nein | nein |

Tabelle 3 - Beitrag des ÖPNV zu den Sustainable Development Goals (SDGs), Tannehnauer 2023



Abbildung 7 - Nachhaltigkeitsziele der Vereinten Nationen, Sonderausstellung in Lüneburg (D) im Jahr 2023

Entsprechend Tabelle 3 ist abzuleiten, dass der ÖPNV zu vier SDGs einen Beitrag leisten kann. Auch wurde herausgearbeitet, dass ein Beitrag zu einem oder gar mehreren Unterzielen geleistet werden kann. An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass der ÖPNV in diesem konkreten Zusammenhang als ein Ganzes aus Straßenbahn und Bus betrachtet wird und nicht unterschieden wird, ob und welchen Beitrag das Verkehrsmittel Straßenbahn und | oder Bus leistet.

In einem nächsten Schritt wird begründet, auf welche Weise der ÖPNV seinen Beitrag zur Erreichung der SDGs | Unterziele leistet.

| SDG-Unterziel |   | Begründung des Beitrages  |
|---------------|---|---|
| Nr.           | Inhalt  |   |
| 9.1           | Eine hochwertige, verlässliche, nachhaltige und widerstandsfähige Infrastruktur aufbauen, einschließlich regionaler und grenzüberschreitender Infrastruktur, um die wirtschaftliche Entwicklung und das menschliche Wohlergehen zu unterstützen, und dabei den Schwerpunkt auf einen erschwinglichen und gleichberechtigten Zugang für alle legen | Straßenbahnen und Busse stellen als Teil des ÖPNV die Mobilitätsform, die für Menschen aller Gesellschaftsschichten eine verlässliche, sichere und umweltfreundliche Mobilität bereithalten und absichern. Beim Schienenverkehr ist die langfristige Verlässlichkeit zudem merklich größer, als bei einem reinen Bussystem. Straßenbahnen können heute zudem bei Vorhandensein der gleichen Spurweite Straßenbahnnetze mit regionaler Eisenbahninfrastruktur verbinden und so bis in Regionen hinauswirken. Mit Bussen können überall dort, wo die Entwicklung von Straßenbahninfrastruktur nicht möglich ist, Regionen verbunden werden. |
| 9.4           | Bis 2030 die Infrastruktur modernisieren und die Industrien nachrüsten, um sie nachhaltig zu machen, mit effizienterem Ressourceneinsatz und unter vermehrter Nutzung sauberer und umweltverträglicher Technologien und Industrieprozesse, wobei alle Länder Maßnahmen entsprechend ihren jeweiligen Kapazitäten ergreifen.                       | Die Infrastruktur von Straßenbahnen ist geprägt von einer hohen Langlebigkeit und damit ressourcensparend. Ferner geht mit der Schaffung einer neuen Straßenbahninfrastruktur in der Regel auch die Schaffung einer zeitgemäßen und barrierefreien Infrastruktur für Fußgehende und Radfahrende einher. Auf der Straßenbahninfrastruktur kann so dann ein CO <sub>2</sub> -armes, bis CO <sub>2</sub> -neutrales Massenverkehrsmittel betrieben werden, was zudem Autofahrten in Größenordnungen einsparen kann.  |
| 10.2          | Bis 2030 alle Menschen unabhängig von Alter, Geschlecht, Behinderung, Rasse, Ethnizität, Herkunft, Religion oder wirtschaftlichem oder sonstigem Status zu Selbstbestimmung befähigen und ihre soziale, wirtschaftliche und politische Inklusion fördern  | Die Inklusion der Menschen, unabhängig ihres Geschlechts, Alters und sozialen sowie ethnischen Herkunft setzt u.a. auch die eigene selbstbestimmte Mobilität voraus. Durch Straßenbahnen erhalten nahezu alle Menschen den grundsätzlichen Zugang zu selbstbestimmter und in der Regel auch bezahlbarer Mobilität. Ferner können mobilitätseingeschränkte Menschen durch einen barrierefreien ÖPNV ohne fremde Hilfe mobil sein und damit ein großes Stück mehr Teilhabe erfahren.  |
| 11.2          | Bis 2030 den Zugang zu sicheren, bezahlbaren, zugänglichen und nachhaltigen Verkehrssystemen für alle   | Zur Erreichung dieses Ziel stellen Straßenbahnen neben Bussen, U-Bahnen und Eisenbahnen das   |

|      |  |   |
|------|--|---|
|      | ermöglichen und die Sicherheit im Straßenverkehr verbessern, insbesondere durch den Ausbau des öffentlichen Verkehrs, mit besonderem Augenmerk auf den Bedürfnissen von Menschen in prekären Situationen, Frauen, Kindern, Menschen mit Behinderungen und älteren Menschen | vollumfängliche Instrument dar. Straßenbahnen befördern auf sehr umweltfreundliche Weise die Mobilität aller Menschen und leisten einen großen Beitrag zur Verkehrssicherheit sowie zum Klimaschutz.  |
| 11.3 | Bis 2030 die Verstädterung inklusiver und nachhaltiger gestalten und die Kapazitäten für eine partizipatorische, integrierte und nachhaltige Siedlungsplanung und -steuerung in allen Ländern verstärken   | Straßenbahnsysteme mit entsprechend guter bis sehr guter Netzwirkung fördern eine kompakte und integrierte Siedlungsstruktur. Gut ausgebaute Straßenbahn- und ÖPNV-Systeme helfen, den individuellen PKW-Bestand zu senken und damit Flächeninanspruchnahme durch im Verkehrssektor zu reduzieren.  |
| 11.6 | Bis 2030 die von den Städten ausgehende Umweltbelastung pro Kopf senken, unter anderem mit besonderer Aufmerksamkeit auf der Luftqualität und der kommunalen und sonstigen Abfallbehandlung  | Straßenbahnen sind ein wesentlicher Bestandteil des Umweltverbundes im Verkehrssektor. Sie helfen durch die Verwendung von Ökostrom eine klimaneutrale Mobilität bereit zu stellen und damit die Luftqualität zu verbessern und die Umweltbelastung pro Kopf zu reduzieren.   |
| 11.7 | Bis 2030 den allgemeinen Zugang zu sicheren, inklusiven und zugänglichen Grünflächen und öffentlichen Räumen gewährleisten, insbesondere für Frauen und Kinder, ältere Menschen und Menschen mit Behinderungen   | Straßenbahnen verbinden sämtliche Stadtteile sowie Naherholungsgebiete miteinander. Damit können Menschen aus besonders intensiv bebauten Gebieten umweltschonend und sozialverträglich regelmäßig in Naherholungsgebiete, mindestens jedoch zu Grünanlagen gelangen. Durch die Schaffung der Schieneninfrastruktur wird dies auf eine besonders nachhaltige und verlässliche Art und Weise realisiert.   |
| 11.a | Durch eine verstärkte nationale und regionale Entwicklungsplanung positive wirtschaftliche, soziale und ökologische Verbindungen zwischen städtischen, stadtnahen und ländlichen Gebieten unterstützen   | Die Straßenbahn, sei es durch rein innerstädtische Straßenbahnen oder durch so genannte regionale Tram-Train-Systeme, leisten einen elementaren Beitrag für ökologische Verbindungen. Des Weiteren erzeugen Straßenbahnen, wie der gesamte ÖPNV im Allgemeinen, viele Fußgehendeverbindungen und stärken damit die Innenstädte und den regionalen Einzelhandel. Damit gelangen Menschen autofrei in die Städte und Gemeinden und es kann ein Gegenpart zu den kompakten und flächenintensiven |

|      |   |   |
|------|---|---|
|      |   | peripheren Einkaufszentren auf der grünen Wiese erzeugt werden.   |
| 11.b | Bis 2020 die Zahl der Städte und Siedlungen, die integrierte Politiken und Pläne zur Förderung der Inklusion, der Ressourceneffizienz, der Abschwächung des Klimawandels, der Klimaanpassung und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Katastrophen beschließen und umsetzen, wesentlich erhöhen und gemäß dem Sendai-Rahmen für Katastrophenvorsorge 2015-2030 ein ganzheitliches Katastrophenrisikomanagement auf allen Ebenen entwickeln und umsetzen | Durch die Erhöhung der Personenkilometer mit leistungsfähigen Straßenbahnen können Verkehrsflächen reduziert werden. Damit wird ein Beitrag zur Hitzeresistenz geleistet. |
| 13.1 | Die Widerstandskraft und die Anpassungsfähigkeit gegenüber klimabedingten Gefahren und Naturkatastrophen in allen Ländern stärken   | Durch ihren Beitrag zur Treibhausgasreduktion leistet die Straßenbahn hierzu einen entsprechenden Beitrag.  |

Tabelle 4 - Begründung des Beitrags zu den SDGs durch den ÖPNV, Tannenhauer 2023

In Tabelle 4 wurde durch die Begründung des Beitrages durch den ÖPNV zur Erreichung der Unterziele der SDGs dargestellt, dass Straßenbahnen und Busse eine nicht unerhebliche Rolle bei der Schaffung nachhaltig wirkender Gesellschaftsstrukturen beitragen können. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es sich bei den Begründungen um eine vereinfachte und kompakte Darstellung handelt. Wie also Straßenbahnen und Busse im Detail ihren Beitrag leisten wäre folglich noch weit aus detaillierter herzuleiten, was jedoch auf Grund des Umfangs diese Masterarbeit nicht leisten kann, hat sie doch im Kern eine andere Aufgabe.

## 2.7 Potenziale und Risiken autonom fahrender Straßenbahnen und Busse für den ÖPNV

Durchgeführt mit Straßenbahnen und Bussen, aber auch mit U-Bahnen leistet der ÖPNV bereits heute einen bedeutenden Beitrag zu umweltschonender Mobilität vor allem im urbanen, aber zu Teilen auch im ländlichen Raum. Allein die Mitgliedsunternehmen des VDV befördern täglich in Deutschland rund 24 Mio Fahrgäste.<sup>29</sup> Bei einem mittleren Besetzungsgrad von 1,4 Personen pro PKW ersparen die Mitgliedsunternehmen Deutschland damit täglich rund 17 Mio Autofahrten. Durch die Reduktion von Autofahrten werden die Verkehrssicherheit erhöht, Emissionen wie Schadstoffe und Lärm eingespart und Verkehrsflächen können reduziert werden, um nur einige Vorteile zu nennen. Außerdem bietet der ÖPNV eine Mobilitätsform, die nahezu allen Generationen und

<sup>29</sup> <https://www.vdv.de/daten-fakten.aspx>

Gesellschaftsschichten zugänglich ist. Nicht unerwähnt darf dabei bleiben, dass im Bereich des öffentlichen Verkehrs viele, standortsichere Arbeitsplätze zur Verfügung gestellt werden, vor allem in den Verkehrsunternehmen selbst.

Doch wenn der ÖPNV als die tragende Säule nachhaltiger Mobilität bestehen und für die Erreichung der Nachhaltigkeitsziele der Agenda 2030 zwingend ausgebaut werden soll, besteht hierfür ein großer Personalbedarf. Der Bereich Fahrdienst verbirgt einen der Bereiche im ÖPNV, der heute den größten Personalbedarf hat. Alle Fahrzeuge, ganz gleich ob Straßenbahnen oder Busse, müssen zu jederzeit mit Fahrbediensteten besetzt werden. Bei einem 24-Stunden- und 365-Tage-im-Jahr-Verkehrsangebot stellt dies eine Herausforderung dar. Der aktuelle Trend geht zudem eher in Richtung Arbeitszeitreduzierung bei gleichbleibenden Lohnzahlungen, was zwangsläufig zu einem erhöhten Personalbedarf führt. Die Arbeitskämpfe zwischen Arbeitnehmer:innen und Arbeitgeber:innen, welche in den Medien innerhalb des ersten Halbjahres 2024 verfolgt werden konnten, bestätigen dies. Hinzukommen krankheitsbedingte Ausfälle, Urlaubsansprüche sowie freigestellte Zeiten für Weiterbildung und Qualifizierungen. Nicht unerwähnt darf dabei bleiben, dass der Beruf der Bus- und Bahnfahrer:innen sowohl psychisch als auch physisch sehr belastende Begleiterscheinungen mit sich bringt. Als Beispiele seien hier der wechselnde Schichtbetrieb, die schlechte Vereinbarkeit von Beruf und Familie, ständiges Sitzen, Emissionseinflüsse von Lärm und Abgasen und soziale Konflikte im Personenverkehr genannt.

Insofern stellt sich Frage, inwieweit autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge hier für Entlastung sorgen können? Die andauernde Frage, wie ausreichend Fahrpersonal gewonnen und gehalten werden kann, lässt den Ausbau des Verkehrsangebotes zur Herausforderung werden. Gleichzeitig ist der ÖPNV, wie bereits herausgearbeitet wurde, ein großer Arbeitgeber. Folglich kann autonomes Fahren im ÖPNV auf den ersten Blick hier als Widerspruch interpretiert werden. Der soziale Aspekt ist gerade im Nachhaltigkeitskontext ein wichtiger Aspekt bei den Bestrebungen, Busse und Straßenbahnen in der Zukunft ohne Fahrpersonal fahren zu lassen. Wie sich die Arbeitnehmer:innenvertretungen, allen voran die Gewerkschaften hierzu verhalten, dürfte noch längst nicht abschließend geklärt sein. Hier erscheint es ratsam, im Zuge der weiteren Entwicklung an autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen, den Schulterschluss mit den Gewerkschaften zu suchen. Laut Prof. Dr. Alexander Pischon, Vorsitzender der Geschäftsführung der Verkehrsbetriebe Karlsruhe, sind hierbei gemeinsame Ausbildungspakte zwischen Gewerkschaften und Verkehrsbetrieben denkbar, die entsprechende Weiterbildungen für Fahrer:innen beinhalten, um diesen so dann im Rahmen des autonomen Fahrens höherwertige Aufgaben zu übertragen.

Doch arbeiten in den Verkehrsunternehmen und in der Branche im weiter gefassten Sinne nicht nur Fahrer:innen, sondern Überwachungspersonal in den Leitstellen, Servicemitarbeitende, sowie Infrastruktur- und Fahrzeuginstandhaltungspersonal. Aber auch hochqualifizierte

Produktentwickler:innen und Ingenieur:innen sowie IT-Expert:innen. So weist Prof. Dr. Alexander Pischon daraufhin, dass durch das autonome Fahren künftig deutlich mehr hochqualifizierte und tendenziell etwas weniger geringqualifizierte Mitarbeitende benötigt werden. Doch auch innerhalb geringqualifizierter Beschäftigungen wird es zu einer Verschiebung kommen. So werden tendenziell durch das autonome Fahren mehr Mitarbeitende im Service- und Sicherheitsbereich benötigt.<sup>30</sup> Es zeichnet sich also ab, dass der ÖPNV durch autonomes Fahren für hochqualifizierte Menschen ein noch interessanterer Arbeitgeber werden kann und insofern sich eher eine Verschiebung innerhalb des Personalbedarfs abzeichnet, denn eine Personalreduzierung. Doch auch bei der Gewinnung gut qualifizierter Fachleute für die Digitalisierung, die beim autonomen Fahren eine große Rolle spielen wird, hat es der ÖPNV nicht leicht. Denn für diese Berufsgruppen, aber auch für den nach wie vor bestehenden großen Personalbedarf im Fahrdienst und der Überwachung, die erforderlichen Löhne anzubieten, ist beim derzeitigen Finanzierungsmodell des ÖPNV eine große Herausforderung, wenn nicht sogar ein bis dato noch nicht gelöstes Problem. Weit verbreitet ist der so genannte Querverbund. Das bedeutet, dass der örtliche Energieversorger mit einem Teil seiner Gewinne die Verluste des kommunalen Verkehrsunternehmens ausgleicht und damit den ÖPNV neben den Fahrgelderlösen mitfinanziert. Doch aus den örtlichen Energieversorgungsunternehmen wird tendenziell immer weniger Geld in Richtung ÖPNV-Ausgleich fließen können, da die Energieversorger auch für das Gelingen der Energiewende viele kostenintensive Umstrukturierungen vornehmen müssen. Letzteres ist jedoch für die Erreichung der Klimaziele und ebenso im Gesamtnachhaltigkeitskontext unumgänglich und notwendig.

Bereits heute fehlen allein für den Erhalt des bestehenden Verkehrsangebotes in Karlsruhe für das Jahr 2025 rund 70 bis 100 Mio. Euro allein für den Straßenbahnbereich, was ohne entsprechende Finanzierungsquelle zu Angebotskürzungen von circa 1/3 des Angebotes führen kann.<sup>31</sup> Ob jedoch autonom fahrende Straßenbahnen und Busse zur Reduktion der Kosten beitragen, ist fraglich. Zum einen sind die perspektivischen Fahrzeugbeschaffungskosten noch nicht abschätzbar und zum anderen wird, wie bereits erwähnt, mit einer Verschiebung des Personalbedarfs gerechnet. Folglich liegen die Erwartungen an das autonome Fahren laut Pischon eher in der Stabilisierung der Verlässlichkeit des Verkehrsangebotes, da Personalausfälle aus den unterschiedlichen Gründen heraus sich nicht mehr in Form von Ausfällen des Verkehrsangebotes niederschlagen würden. Um die Forschung an autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen jedoch durchbrechend voranzutreiben, braucht es für die Verkehrsunternehmen zunächst einmal mehr Planungssicherheit. Derzeit stehen bundesweit laut Karlsruher Verkehrsbetriebe für das Verkehrsangebot nicht

---

<sup>30</sup> Interview mit Prof. Alexander Pischon, VBK-Verkehrsbetriebe Karlsruhe, 2024

ausreichend finanzielle Ressourcen bereit.<sup>31</sup> Um zudem perspektivisch autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge in der Fläche auf die Straße zu bringen, muss die Industrie entsprechende Stückzahlen produzieren, um für die Verkehrsunternehmen vertretbare Preise anbieten zu können.

Die Erwartungshaltung an das autonome Fahren ist insofern groß, doch die technischen und rechtlichen Hürden stehen wohl nicht unmittelbar vor der vollständigen Überwindung. An dieser Stelle wird der Bogen zur Delphi-Untersuchung im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit gespannt. Expert:innen in Deutschland und Schweden sollen zum aktuellen technischen Stand autonom fahrender Straßenbahnen und Busse, Hinderungsgründe in der Forschung, sozialen Aspekten, als auch vor allem zu den damit verbundenen Erwartungshaltungen für die Zukunft bis zum Jahr 2035 befragt werden.

---

<sup>31</sup> Interview mit Prof. Alexander Pischon, VBK-Verkehrsbetriebe Karlsruhe, 2024

### **3 Mini-Delphi zu autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen bis zum Jahr 2035**

In Kapitel 2 wurden bereits verschiedene Aspekte beleuchtet, die zum einen die aktuellen und künftigen Herausforderungen beschreiben, mit denen der ÖPNV konfrontiert ist. Ferner wurde darauf eingegangen, was unter autonomen Fahren zu verstehen ist und was hierzu anhand ausgewählter Beispiele der aktuelle Stand in Deutschland und Schweden ist. Es ist festzuhalten, dass der Personalbedarf sowie die Finanzierung des Betriebes zwei der herausragendsten Probleme für die Branche an sich und damit aber auch für das Gelingen der Verkehrswende sind. Beim aktuellen Stand autonom fahrender Straßenbahnen und Busse wurde ein Überblick gegeben. Es konnte herausgearbeitet werden, dass in diesem Thema doch eine recht große Dynamik herrscht. Es gibt zahlreiche Forschungsprojekte sowohl in Deutschland als auch in Schweden.

Entsprechend der gemachten Recherchen zeigt sich jedoch, dass im Bereich autonom fahrender Busse derzeit vornehmlich mit kleinen Gefäßgrößen, die maximal dem Midi-Bus-Sektor zuzuordnen sind, praktisch gearbeitet und geforscht wird. Das gilt sowohl für Deutschland als auch für Schweden. Die einzelnen Versuchsfelder sind entweder nicht mehr aktiv, oder stagnieren bei Level 4 (vgl. Kapitel 2.1) des autonomen Fahrens. Daraus ableitend kann eine gewisse Stagnation zumindest im Rahmen der Realversuche geschlussfolgert werden. Wie tief in den einzelnen Projekten an technischen Lösungen weitergeforscht wird, kann auf Grund des Umfangs nicht im Rahmen dieser Masterarbeit eruiert werden. Im Bereich der Straßenbahnen zeigt es sich, dass es hier offenbar deutlich weniger praktische Versuchsfelder gibt. Eines der bekanntesten in Potsdam scheint zumindest im praktischen Feldversuch derzeit nicht aktiv zu sein. Etwaig weiterführende Forschungstätigkeit konnte für dieses Beispiel nicht herausgefunden werden. Anhand des aktuell laufenden Forschungsvorhabens in Chemnitz konnten aktuell tatsächlich stattfindende Entwicklungsaktivitäten eruiert werden. In Karlsruhe steht ein greifbares Projekt an. Hier soll bis zum Jahr 2030 ein ausgewählter Streckenabschnitt im EBO-Bereich automatisiert werden. Dies ist im Zusammenhang der vorliegenden Arbeit insofern bemerkenswert, da es sich dort um eine Strecke handelt, die an den BOStrab-Bereich angegliedert ist und die betroffenen Fahrzeuge sowohl als Eisenbahn, als auch als Straßenbahn verkehren. Auch konnte herausgearbeitet werden, dass konkret in Karlsruhe perspektivisch der BOStrab-Bereich ebenso in Richtung autonomen Betrieb entwickelt werden könnte. Für letzteres gibt es zum aktuellen Zeitpunkt jedoch noch keinen konkreten zeitlichen Rahmen. In Schweden hingegen konnten keine Forschungsaktivitäten, bzw. Realversuche bei Straßenbahnen recherchiert werden.

Insofern stellen sich im Rahmen dieser Masterarbeit für die Mini-Delphi im Kern verdichtet die folgenden Fragen:

1. Wie wird der aktuelle der Stand bezüglich Technik und Recht bewertet?
2. Gibt es aktuelle Hinderungsgründe für die Forschung und wenn ja, welche sind dies?
3. Mit welcher Entwicklung wird im Zeitraum bis zum Jahr 2035 gerechnet?
4. Wie wirkt sich autonomes Fahren auf die Beschäftigten im ÖPNV und auf die Nutzer:innen aus?
5. Gibt es in Bezug auf die Entwicklung bei Straßenbahnen und Bussen Unterschiede?
6. Gibt es bei der Einschätzung zu der gesamten Thematik Unterschiede in Deutschland und Schweden?

Schlussendlich ist die Gesamtentwicklung mit all seinen zu erwartenden Folgen in den Nachhaltigkeitskontext einzuordnen. Um hierfür also eine Zukunftsvorschau zu wagen, wird eine Mini-Delphi zur Befragung ausgewählter Expert:innen durchgeführt.

### **3.1 Ziel der Befragung**

Es konnte bereits herausgearbeitet werden, dass autonomes Fahren im ÖPNV mit heutigem Stand sehr komplex ist. Komplex ist es deshalb, da die unterschiedlichen Elemente, die im Gesamtproblembereich des autonomen Fahrens auftreten, untereinander in verschiedenen Wechselbeziehungen und Strukturen zueinanderstehen und deren Ergebnis nicht vollends abgeschätzt werden kann. Das Zusammenwirken der verschiedenen Aspekte, insbesondere der technischen, rechtlichen und sozialen, ergibt sodann ein neues Gesamtergebnis. Dieses wäre dann einmal das serienmäßige autonome Fahren von Bussen und Straßenbahnen, das technisch einwandfrei, rechtlich abgesichert und klar geregelt sowie sozial in der Gesellschaft anerkannt ist.

Da die Thematik des autonomen Fahrens von Bussen und Straßenbahnen Auswirkungen auf die ökonomische und soziale Dimension, und unter Umständen gar auf die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit hat, muss sich die vorliegende Masterarbeit auf Teilaspekte fokussieren. Eine Form der Befragung nach „allem und jedem“ ist durch einen Bearbeiter einer (Mini-) Delphi-Befragung nicht zu bewältigen und würde schlussendlich im Allgemeinen enden und hätte damit für die Lesenden weder einen praktischen, noch wissenschaftlichen Mehrwert. Folglich wird sich im Kontext der Nachhaltigkeit auf die ökonomische und soziale Dimension konzentriert. Aber auch hierbei können nur Teilaspekte fokussiert werden.

Im Zuge der Befragung soll geklärt werden, wie verschiedene Expert:innen (im weiteren Verlauf der Arbeit auch Teilnehmende oder Befragte genannt) in

Deutschland und Schweden im Rahmen der Zukunftsforschung folgende Themenkomplexe bewerten:

- Beitrag autonom fahrender Straßenbahnen und Busse zur Verkehrswende
- Technischer Entwicklungsfortschritt bei Straßenbahnen und Bussen
- Etwaige Hinderungsgründe für ein zügiges Vorankommen in der Forschung
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Übergangsphase vom Betrieb mit Fahrer:innen auf autonomen Betrieb
- Soziale Auswirkungen auf Beschäftigte im ÖPNV und auf die Gesellschaft
- Aspekte der Barrierefreiheit autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge

Hierbei soll ebenso herausgearbeitet werden, ob es Unterschiede in Deutschland und Schweden gibt. Es gilt zu klären, in welchem Teilbereich sich diese Unterschiede, so denn vorhanden, herauskristallisieren und wie sich dies darstellt.

### **3.2 Vorgehen und Methodik**

Um die aktuelle Situation, vor allem jedoch die zukünftige Entwicklung der unter Kapitel 3.1 aufgeführten Teilbereiche des autonomen Fahrens und somit die zu erwartende Gesamtentwicklung des autonomen Fahrens von Straßenbahnen und Bussen in der Zukunft bis zum Jahr 2035 skizzieren zu können, sollen hierzu ausgewählte Expert:innen befragt werden. Es wird also eine Gruppe ausgewählter Personen zu einer Prognose befragt. Damit sind zwei maßgebliche Begriffe für die Wahl der Methodik gegeben, nämlich „Gruppe“ und „Prognose“, letzteres für Vorausschau in die Zukunft. Um von den Teilnehmenden authentische Antworten basierend auf deren persönlicher Überzeugung zu erhalten, bei denen diese ihre unvoreingenommene Meinung äußern, ist Anonymität ein weiteres wichtiges Merkmal, das Eingang in die Methodik finden soll. Des Weiteren soll trotz Anonymität eine Art Diskussion unter den Befragten angeregt werden, um die finale Meinungsbildung bei allen einzelnen Expert:innen anzuregen und nutzen zu können. Idealerweise kann daraus am Ende der Befragung ein Trend für das zu untersuchende Thema für die Zukunftsvorschau abgeleitet werden, was sich jedoch erst zeigen muss.

Vor diesem Hintergrund wird die Methode der Delphi-Befragung genutzt. Delphi-Befragungen sind geprägt davon, dass sie anonym durchgeführt werden.<sup>32</sup> Es können hierbei keine Rückschlüsse durch die Antworten auf die dahinterstehenden Personen gezogen werden, was die Chance ehrlicher, überzeugter Antworten erhöht. Ferner kann durch das Geben eines Feedbacks eine Gruppendynamik ausgelöst werden, wobei gleichzeitig eine Meinungsführerschaft in einer Gruppensituation „face to face“ verhindert wird. Um diese Gruppendynamik zu

---

<sup>32</sup> Michael Häder, Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch, 3. Auflage

ermöglichen, ist es notwendig, dass alle Teilnehmenden die Befragungsergebnisse der übrigen Teilnehmenden in konsequent anonymer Form erhalten. Zudem wird Delphi-Befragungen ein entsprechendes Leistungsvermögen insbesondere für Prognosen zugeschieden.<sup>32</sup> Somit wird es möglich, aus der Ferne verschiedene Expert:innen an der Befragung teilnehmen zu lassen. Dies stellt sich gerade im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden Masterarbeit als probates und damit geeignetes Werkzeug dar. Beim autonomen Fahren von Straßenbahnen und Bussen handelt es sich um technische Entwicklungen mit etwaigen sozialen Auswirkungen. Insofern gliedert sich die vorliegende Arbeit mindestens in den Bereich der Zukunftsforschung technischer Entwicklung samt deren etwaige gesellschaftliche Auswirkungen ein. Delphi-Befragungen haben sich laut Häderer auf diesem Gebiet bereits entsprechend etablieren können. Haben Delphi-Befragungen ihren Ursprung in Japan, so finden sie nach dem japanischen Vorbild seit Anfang der 1990er Jahre sowohl in Deutschland als auch in anderen europäischen Ländern, eben auch in Schweden, entsprechende Anwendung.<sup>32</sup> Insofern darf davon ausgegangen werden, dass zumindest einem Teil der an der Befragung teilnehmenden Expert:innen das grundsätzliche Vorgehen bei einer Delphi-Befragung unter Umständen bekannt sein dürfte. Selbstredend ist, dass dies nicht automatisch für alle Teilnehmenden vorausgesetzt werden darf, was wiederum kein Hinderungsgrund darstellt.

Die vorliegende Masterarbeit richtet ihren Fokus auf ein bestimmtes Fachgebiet, dem autonomen Fahren von Bussen und Straßenbahnen. Hinzukommt, dass ein sehr begrenzter Zeitraum für die Befragung zur Verfügung steht. Daher wird im vorliegenden Fall von einer so genannten Mini-Delphi gesprochen.

Vor der Durchführung der Mini-Delphi-Befragung ist die Frage zu klären, welche personellen und zeitlichen Ressourcen zur Verfügung stehen. Da die Befragung durch den Verfasser der vorliegenden Masterarbeit allein durchgeführt wird und für die praktische Durchführung nur ein sehr begrenztes Zeitfenster zur Verfügung steht, ist zu konstatieren, dass Vorbereitung, Durchführung und Auswertung sehr zeitempfindlich sind. Die Gesamtaufgabe muss operationalisiert werden. Die unter 3.1 aufgeführten Themenkomplexe müssen mit zielgerichteten Fragen möglichst viel Aufschluss zu Tage bringen und auf das notwendige Minimum begrenzt werden. Es muss vorab eruiert werden, ob ausreichend zielführende Fragen oder Thesen formuliert werden können, um Nutzen bringende Antworten zu generieren. Das Motto „weniger ist manchmal mehr“ sollte insofern eine Orientierung sein, um auch einen interessanten, und bei den Teilnehmenden Neugier stiftenden Fragebogen zu erzeugen. Die Anzahl der teilnehmenden Expert:innen muss überschaubar bleiben, denn alle Teilnehmer:innen müssen kontaktiert und nach deren Bereitschaft gefragt werden, wobei zu erwarten ist, dass nicht alle Teilnehmenden binnen kürzester Zeit antworten werden. Manche antworten unter Umständen gar nicht. Es muss von vornherein klar sein, dass vermutlich niemand

darauf wartet, an der Befragung teilzunehmen und insofern zeitliche Ressourcen bei den Teilnehmenden beansprucht werden.

Um eine anonyme Diskussion herbeizuführen, die auf der Kenntnis der anonymen Antworten der Teilnehmenden untereinander basiert, müssen mindestens zwei Befragungsrunden durchgeführt werden. Es wird also von einem zweistufigen Verfahren gesprochen. Mehr Befragungsrunden sind auf Grund der Zeitempfindlichkeit und der Bearbeitung durch eine Person nicht zu bewältigen. Von vornherein muss für die Akquise und Kontaktpflege der Expert:innen eine angemessene Zeit eingeplant werden. Ein nicht zu vernachlässigendes Risiko dabei ist, dass weder die tatsächliche Teilnahmebereitschaft noch der dann eintretende Zeitaufwand vorher seriös eingeschätzt werden können. Eine Besonderheit dieser Befragung ist, dass sie international, also in Deutschland und Schweden durchgeführt wird. Das wiederum bedeutet, dass Expert:innen in beiden Ländern gefunden werden müssen und die Befragungsrunden in zwei Sprachen durchgeführt werden. Hierbei wird auf Grundkenntnisse des Autors in der schwedischen Sprache zurückgegriffen. Doch die Übersetzung wird eine nicht unerhebliche Zeitkomponente sein. Für jede Befragungsrunde ist der Fragebogen in einer deutsch- und einer schwedischsprachigen Ausführung zu erarbeiten. Summa summarum sind bei zwei angesetzten Befragungsrunden insgesamt vier Fragebögen zu erstellen und schlussendlich auch viermal auszuwerten und die Ergebnisse zusammenzuführen.

Ein weiterer Aspekt ist, dass kein Monitoring-Team zur Verfügung steht und folglich der Fragebogen vom Verfasser allein erarbeitet wird und die Durchführung eines Workshops vorab nicht möglich ist. Das stellt eine Schwäche der Befragung dar, da es beim Entwickeln des Fragebogens keinen Meinungs austausch gibt. Insofern müssen alle Fragen vom Verfasser selbst mehrfach gedanklich validiert werden und auf mögliche Schwachstellen „abgeklopft“ werden. Selbstredend ist, dass dies kaum fehlerfrei möglich sein wird und etwaige Schwächen, die der Verfasser der vorliegenden Masterarbeit nicht vor der Befragung erkennt, in die Befragung hineingeschleppt werden. Mit dieser Unsicherheit und etwaigen Folgen während der Befragung gilt es angemessen umzugehen.

Die Befragung selbst wird im Sinne der Operationalisierbarkeit online durchgeführt. Eine Onlinebefragung hat zudem den Vorteil, dass die Teilnahme der Expert:innen an der Umfrage möglichst einfach im Handling gehalten werden kann. Hierzu stehen unterschiedliche Softwarelösungen im Internet zur Auswahl. Die Wahl fällt dabei auf das Umfragetool LimeSurvey, wobei die Entscheidung keinem größeren Vergleich unterschiedlicher, potenziell in Frage kommender Anbieter, entspringt. Allerdings wurde vor der finalen Entscheidung auf der Internetseite von YouTube nach möglicherweise vorhandenen Informationsvideos zur praktischen Anwendung von LimeSurvey recherchiert. Hierbei konnten für verschiedene

Funktionen in LimeSurvey Lehrvideos eruiert werden, deren stichpunktartige Sichtung auf ein probates Umfragetool schlussfolgern ließen.

### **3.2.1 Wahl des Stufenmodells zur Mini-Delphi**

Die Ausgestaltung des Stufenmodells ist für die Vorbereitung der Befragung, die praktische Durchführung und die Auswertung der ersten sowie der finalen, zweiten Befragungsrunde von wichtiger Bedeutung. Hierdurch kann ein avisiertes Zeitrahmen definiert und somit der zeitliche Aufwand ansatzweise abgeschätzt werden. Die Durchführung der Befragung wird sodann darauf ausgerichtet. Dabei sind Verzögerungen einzuplanen. Die Wahl zur Anzahl der Befragungsrunden steht in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Ziel der Befragung, bzw. der Studie.<sup>33</sup> Ziel der hier zu bearbeitenden Befragung ist nicht die finale Konsensbildung unter den Expert:innen, sondern es soll herausgefunden werden, wie die unterschiedlichen Teilnehmenden die Zukunft zu autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen bewerten und ob durch das Wissen um die Ergebnisse aus der ersten Befragungsrunde sich die Meinung der Expert:innen ändert, sich gar ein Trend ableiten lässt, so denn dies noch nicht in der ersten Runde ableitbar ist. Ziel der Befragung ist nicht ein konkretes Problem zu lösen, sondern eine Zukunftsvorausschau zu generieren. Die Befragung mit Ziel einer Konsensbildung durchzuführen ist im vorliegenden Fall zudem nicht möglich, da hier vorab ein Abbruchkriterium entwickelt werden müsste und folglich die Anzahl der Befragungsrunden vorab nicht genau benannt werden kann.<sup>33</sup>

Wie bereits erwähnt, unterliegt die Befragung im Zuge dieser Masterarbeit einer starken Zeitsensibilität, weshalb schon auf Grund dieser Tatsache die Anzahl der Befragungsrunden vorab bestimmt werden muss. Wie bereits in Kapitel 3.2 erwähnt, wird ein zweistufiges Modell gewählt.

---

<sup>33</sup> Michael Häder, Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch, 3. Auflage

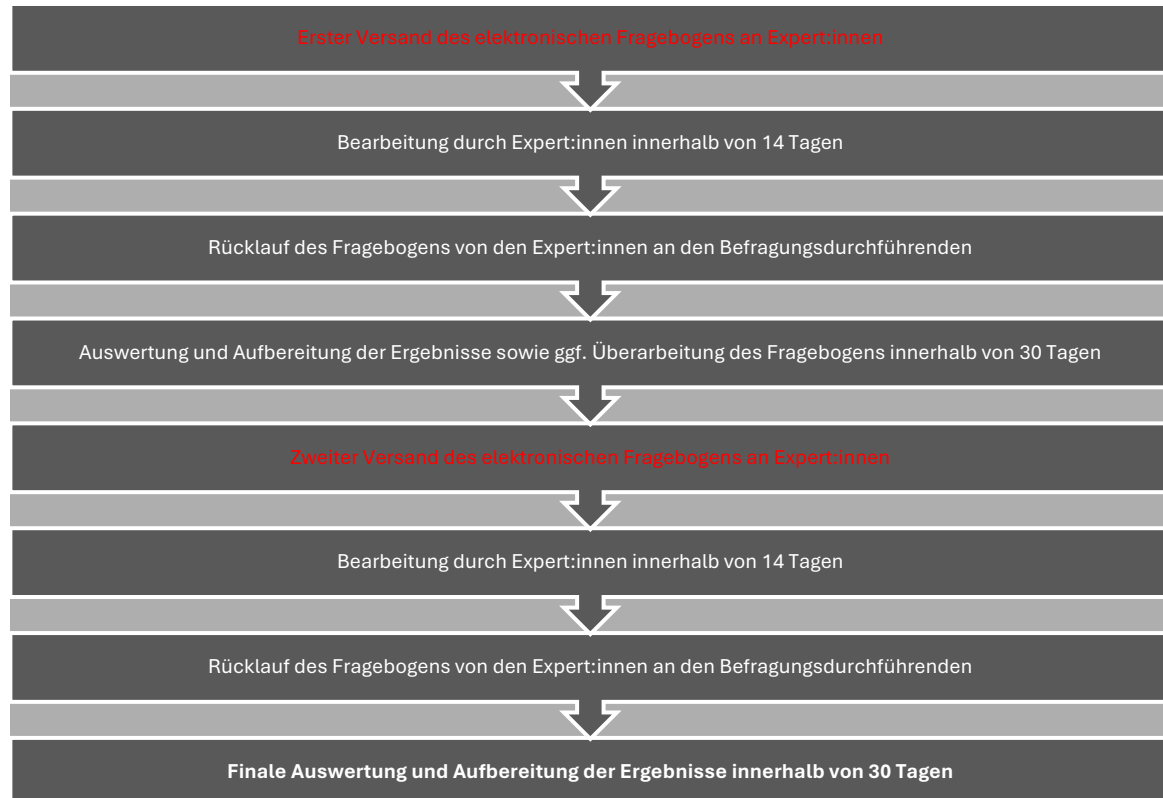


Abbildung 8 - Stufenmodell zum Vorgehen der Befragung, Tannenbauer 2024

Entsprechend der schematischen Darstellung des gewählten Stufenmodells wird nach der vorher abgefragten Bereitschaft zur Teilnahme an der Befragung der elektronische Fragebogen an die Teilnehmenden versandt. Diese erhalten sodann 14 Tage Zeit, die Fragen zu beantworten und die erste Runde abzuschließen. Danach wird die erste Befragungsrunde beendet und die Ergebnisse anonymisiert ausgewertet. Die Auswertung der ersten Befragungsrunde erfolgt ohne jegliche Bewertung. Die Teilnehmenden sollen lediglich die Ergebnisse, sprich die Antworten aus der ersten Befragungsrunde erfahren. Damit wird für die praktische Durchführung der gesamten Befragung ein Zeitraum von rund zwei Monaten angesetzt.

Im nächsten Schritt wird auf Basis der Auswertung der Fragebogen für die zweite Befragungsrunde aufbereitet und dieser erneut an die Teilnehmenden ausgereicht. Auch für die Beantwortung des Fragebogens der zweiten Runde erhalten die Expert:innen wieder 14 Tage Zeit. Danach wird auch die zweite Befragungsrunde beendet und die Auswertung begonnen. Diese Auswertung stellt das finale Ergebnis der zweistufigen Delphi-Befragung dar und wird adäquat bewertet und Schlussfolgerungen gezogen.

Die Tatsache, dass einzelne Teilnehmende sich ggf. an die gesetzten Fristen nicht halten, sei es aus beruflichen Gründen, Urlaub, Krankheit oder anderen

Hinderungsgründen, stellt ein Zeitrisiko dar, dem vorab kaum adäquat begegnet werden kann.<sup>34</sup>

### 3.2.2 Aufbau des Fragebogens

Der Inhalt und der Aufbau, sprich die Logik und die optische Anmutung sind im Grunde genommen der Schlüssel zum Erfolg oder Misserfolg der Befragung. Zum einen sollen zweckdienliche Erkenntnisse gewonnen werden und zum anderen muss den Teilnehmenden auch ein fachlich und qualitativ ausgereifter Fragebogen übermittelt werden, sodass diese ebenso bereit sind, den Fragebogen vollständig abzuschließen und an beiden Befragungsrunden teilzunehmen. Wichtig ist die vollständige Teilnahme vor allem vor dem Hintergrund, dass im Rahmen der vorliegenden Mini-Delphi nicht ansatzweise 100 oder gar mehr Teilnehmende generiert werden können. Die Gründe hierfür liegen in den bereits erläuterten Rahmenbedingungen, in denen die Mini-Delphi entsteht (ein Bearbeiter und enger Zeitraum).

Bei Fragebögen ist darauf zu achten, dass der Aufbau nachvollziehbar ist und einer Logik folgt. Sämtliche fachliche Fragen sollten jenen Fragen zur Person vorangestellt sein, um die Teilnehmenden zur vollständigen Bearbeitung zu motivieren. Auf der einen Seite muss der Fragebogen einen Umfang haben, dass die unterschiedlichen Fragen und deren Beantwortung am Ende aufschlussreiche und verwertbare Erkenntnisse bringt. Gleichfalls darf er nicht zu lang sein, um die Bereitschaft der Teilnehmenden auch an der zweiten Befragungsrunde zu animieren, bzw. zu gewinnen.<sup>35</sup> Folglich müssen gedanklich entwickelte Fragen zur Überführung in den Fragebogen verdichtet werden. Dies gilt also nicht nur für die zweite Befragungsrunde, sondern bereits für die erste.

Entsprechend Prof. Michael Häder spielt es bei den Überlegungen zur Ausgestaltung des Fragebogens ebenso eine Rolle, an wen dieser adressiert ist und welche Kenntnisse beim Bearbeiten vergleichbarer Befragungen | Formulare vorausgesetzt werden dürfen. Es werden für die vorliegende Mini-Delphi vornehmlich Expert:innen ausgewählt, die mit hoher Wahrscheinlichkeit einen akademischen Hintergrund haben, wobei auf die Auswahlkriterien detailliert im folgenden Kapitel 3.2.3 ff. eingegangen wird. Es handelt sich folglich beim überwiegenden Teil um Personen, die vermutlich mit wissenschaftlichen Umfragen vertraut sind, wohlwissend, dass dies nicht zwangsläufig für alle gelten muss. Jedoch auch bei den Personen, die unter Umständen keinen akademischen Hintergrund haben, dürfen entsprechende intellektuelle Fähigkeiten vorausgesetzt werden, da diese dennoch bestimmte Positionen bei den teilnehmenden Organisationen innehaben. Häder weist ferner darauf hin, dass befragte Personen

---

<sup>34</sup> Tannehauer, 2024

<sup>35</sup> Michael Häder, *Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch*, 3. Auflage

keine Versuchspersonen sind, wie etwa in psychologischen Experimenten, sondern die Rolle von Informant:innen übernehmen. Das ist als wichtiger Fakt herauszustellen, denn es handelt sich in der vorliegenden Min-Delphi um eine Befragung zur Zukunftsvorschau in einem technisch-sozialen Kontext. Die Befragten werden den Fragebogen für sich allein nach freier Zeiteinteilung und eigenem Ermessen ausfüllen. Durch die Anonymität können sich die Teilnehmenden untereinander nicht vernetzen, sich nicht zu den Fragen austauschen und sich damit auch nicht gegenseitig beeinflussen. Das erfolgt erst, jedoch auch anonym, im Zuge der zweiten Befragungsrunde durch Kenntnis der Antworten aller Teilnehmenden, was den Gruppenkommunikationsprozess auslösen wird.

Für die Befragung zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden im Nachhaltigkeitskontext bis 2035 sind mehrere Themenbereiche für die einzelnen Fragen zu bilden. Diese Notwendigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass wie bereits erläutert, auf technische, ökonomische und soziale Aspekte eingegangen wird. Die entsprechenden Fragen dazu können nicht „wild“ durcheinander gestellt werden. Die Teilnehmenden sollen in Themenblöcken auf den gemeinsamen Fokus der Fragen konzentriert werden, sodass sie sich auf den Kernhintergrund je Themenblock gedanklich einlassen können und nicht mit einem wahllosen Potpourri an Fragen durcheinandergebracht werden. Hierdurch sollen die Teilnehmenden auch die Logik und den roten Faden der gesamten Befragung erkennen. Auch können die Befragten damit erkennen, ob es sich bei dem jeweiligen Fragenkomplex um Fragen der eigenen Fachrichtung oder tendenziell um Fragen handelt, bei denen sie ggf. nicht *die* Fachexpert:innen sind. Das soll Orientierung geben.

Die vorliegende Mini-Delphi wird als Prognoseinstrument verwendet. Am Ende der Befragung steht das Ziel, nicht so viele unterschiedliche Meinungen zu erhalten, wie Expert:innen teilnehmen und diese so dann unkommentiert stehen zu lassen, sondern möglichst einen Trend für das Zukunftsszenario zu erhalten. Folglich müssen die Antworten vergleichbar gemacht werden. Das erfolgt am besten mit geschlossenen Fragen, die in Form einer Likertskala beantwortet werden können. Dabei können sowohl Fragen als auch Thesen abgestuft beantwortet werden, in dem die Skala Antwortoptionen wie „ja“, „eher ja“, „eher nein“, „nein“ und „keine Antwort“ zulässt. Die Skala kann jedoch auch textlich formulierte Antworten abbilden, die dann ausgewählt werden. Auf diese Weise können die Antworten vergleichbar gemacht werden und sogleich Fragen und Thesen relativ einfach und schnell beantwortet werden. Da diese Art des Beantwortens von Fragen | Thesen vergleichsweise schnell erfolgen kann, soll der Großteil der Fragen und Thesen als geschlossene Fragen formuliert werden. Dennoch soll den Befragten Raum für individuelle zusätzliche Bemerkungen gegeben werden, was in Form von leeren Textfeldern realisiert werden wird. Als dritte Option wird ein kleinerer Teil der Fragen als offene Fragen formuliert, welche durch die Teilnehmenden in leeren

Textfeldern durch Verfassen eigener, individueller Antworten bearbeitet werden. Bei offenen Fragen ist die Herausforderung, diese zu bewerten, bzw. aus diesen etwas für die Zukunftsforschung abzuleiten. Werden mehrfach Antworten gegeben, die sich inhaltlich ähneln, kann unter Umständen auch ein Trend ähnlich wie bei der Likertskala abgeleitet werden. Fallen Antworten jedoch sehr individuell und alleinstehend aus, gilt es dann bei Kenntnis der Antworten, einen geeigneten Weg zu wählen, um diese Antworten zu nutzen und Schlüsse daraus zu ziehen. Bei den geschlossenen Fragen wird noch einmal unterteilt in Fragen, die Einfach- und jene die Mehrfachnennungen zulassen.

### **3.2.3 Fragenkatalog**

In einem ersten Schritt werden übergeordnete Teilbereiche, also Fragen- | Thesenblöcke, im Weiteren abwechselnd auch Themenblöcke genannt, für den Fragenkatalog erarbeitet. Wie bereits im vorangegangenen Kapitel beschrieben, dienen diese der Gliederung der gesamten Befragung und der Bildung der einzelnen Fragen und Thesen, um den jeweiligen Themenblock skizzieren zu können und die notwendigen Erkenntnisse für die Zukunftsvorausschau zu erlangen.

### **3.2.4 Übergeordnete Themenblöcke des Fragenkataloges**

Es werden die Bereiche Technik, Recht, Soziales, Ökonomie, Barrierefreiheit und Forschung bearbeitet, die sich in den Themenblöcken wiederfinden. Dabei werden insgesamt acht Themenblöcke gebildet, wobei einleitend allgemeine Fragen zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse, weiterführend nach dem technischen Entwicklungsfortschritt gefragt wird. Folgend spannt sich der Bogen zu Fragen nach einer Phase eines betrieblichen Übergangs bei Straßenbahnen, nach sozialen Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV und die Gesellschaft, nach der Barrierefreiheit und mündet so dann in einem rechtlichen Themenblock. In einem letzten fachlichen Themenblock wird noch einmal nach dem Entwicklungsstand mit dem Fokus auf die Forschung abgezielt. Somit wird ein gewisser Kreisschluss gebildet. Vollends abgerundet wird die Befragung mit einem Themenblock zum beruflichen Background, der eigenen Expertise sowie der nationalen Herkunft der jeweils befragten Person. Dieser Aufbau ist im folgenden Schema abgebildet.

| Fragen-   Thesenblock Nummer | Titel  |
|------------------------------|--|
| 1                            | Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen                           |
| 2                            | Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen         |
| 3                            | Rechtliche Rahmenbedingungen   |
| 4                            | Übergangsphase von kommerziell betriebenen auf autonom fahrende Straßenbahnen              |
| 5                            | Soziale Auswirkungen auf Beschäftigte im ÖPNV und auf die Gesellschaft                     |
| 6                            | Barrierefreiheit bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen                            |
| 7                            | Aktueller Forschungs- und Entwicklungsstand bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen |
| 8                            | Beruflicher Background, Expertise und Herkunft der Teilnehmenden                           |

Tabelle 5 - Fragen- | Thesenblock (Themenblock) für den Fragenkatalog

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass zwischen den Titeln der Themenblöcke 2 und 7 eine gewisse Doppelung erkannt werden kann. Das ist der inhaltlichen Parallelität geschuldet. Identisch sind die Themenblöcke nicht, der Fokus liegt bei Themenblock 7 auf der Forschung. Ferner könnte unterstellt werden, dass sich durch den Wechsel der Erstbenennung von Straßenbahnen oder Bussen eine Konsequenz vermissen lässt. Dieser Wechsel ist gewollt, soll damit doch vermieden werden, dass weder das eine noch das andere Verkehrsmittel in der vorliegenden Arbeit eine größere oder eben kleinere Beachtung findet. Dass sich Themenblock 4 ausschließ auf Straßenbahnen konzentriert, ist dem geschuldet, dass es bei Straßenbahnen und deren Besonderheiten im Fahrweg System bedingte Unterschiede zum Bus gibt (vgl. Kapitel 2.3), die es erforderlich machen, dies gesondert zu behandeln.

Die Besonderheit von Themenblock 8 ist, dass dieser zur fachlichen Thematik keinen direkten Beitrag leistet, sondern sich ausschließlich des Profils der teilnehmenden Expert:innen widmet. Hierbei werden Fragen zur Berufserfahrung allgemein, sowie in der derzeitigen Position und nach der Berufsbezeichnung gefragt. Ferner wird eruiert, in welcher Organisation die Expert:innen beruflich tätig sind und ob diese Organisation bereits heute oder in der Zukunft mit autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen Berührungspunkte hat, bzw. haben wird. Außerdem werden fachliche Themenfelder formuliert und abgefragt, ob die Teilnehmenden damit beruflich teilweise oder dauernd Berührungspunkte haben. Zur Einordnung der jeweiligen Organisation, in der die Expert:innen beruflich ansässig sind, werden fünf Gruppen gebildet, die im weiteren Verlauf noch dargestellt werden. All dies

dient vornehmlich zwei Zielen. Erstens wird damit nachgewiesen, dass im Rahmen der vorliegenden Mini-Delphi-Befragung nicht willkürlich irgendjemand, sondern tatsächlich ausgewählte Expert:innen teilnehmen, die als solche eingeordnet werden dürfen und damit die Ergebnisse aus deren Antwortverhalten tatsächlich im Sinne des Befragungsinhaltes Gewicht haben. Zweitens soll den Teilnehmenden im Zuge der zweiten Befragungsrunde so aufgezeigt werden, dass sie unter „Ihres Gleichen“ sind und sie tatsächlich an einer Expert:innen-Umfrage teilnehmen und sich ihre Teilnahme folglich lohnt.

Der Umfang der einzelnen Themenblöcke fällt dem Inhalt geschuldet unterschiedlich aus und hat keine wertende Bedeutung. Es wird ausdrücklich betont, dass sowohl die Themenblöcke selbst als auch die darin enthaltenen Fragen | Thesen keinen Anspruch auf Vollumfänglichkeit haben. Bei inhaltlicher Ausgestaltung und der Anzahl der Fragen wird sich auf aus Sicht des Autors vordringliche Aspekte konzentriert, die der Branche Aufschluss geben und in Art und Umfang die Befragten nicht überbürden zeitlich beanspruchen. Es werden so insgesamt 54 Fachfragen (in erster Fragenrunde, alle Fragenarten) und sieben Fragen zur Person entwickelt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass einige Fragen explizit zwischen den Fahrzeugarten Straßenbahn und Bus systembedingt unterscheiden müssen und folglich für beide Fahrzeuge in solchen Fällen die identische Frage gestellt wird, was im Gesamtumfang von 54 Fragen enthalten ist.

| Fragen-   Thesenblock  | Anzahl Fragen                          |
|--|--|
| Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen                           | 7 (geschlossen) = 7 gesamt             |
| Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen         | 15 (geschlossen) = 15 gesamt           |
| Rechtliche Rahmenbedingungen   | 5 (geschlossen) = 5 gesamt             |
| Übergangsphase von kommerziell betriebenen auf autonom fahrende Straßenbahnen              | 3 (geschlossen) = 3 gesamt             |
| Soziale Auswirkungen auf Beschäftigte im ÖPNV und auf die Gesellschaft                     | 13 (geschlossen) 1 (offen) = 14 gesamt |
| Barrierefreiheit bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen                            | 2 (geschlossen) 2 (offen) = 4 gesamt   |
| Aktueller Forschungs- und Entwicklungsstand bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen | 4 (geschlossen) 4 (offen) 8 gesamt     |
| Beruflicher Background, Expertise und Herkunft der Teilnehmenden                           | 6 (geschlossen) 1 (offen) 7 gesamt     |

Tabelle 6 - Fragenformate der einzelnen Fragen- | Thesenblöcke (Themenblöcke)

### 3.2.5 Formulierung der einzelnen Fragen

In diesem Kapitel werden die einzelnen konkreten Fragen und Thesen, sowie deren Funktion, respektive Aufgabe behandelt. Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im weiteren Fließtext bei der Formulierung „Fragen“ sowohl Fragen im eigentlichen Sinne, aber auch Thesen gemeint sind. Der leichteren Lesbarkeit wegen, wird zumeist von „Fragen“ gesprochen. Die Antwortoptionen variieren mitunter, d.h. nicht alle geschlossenen Fragen werden über die Likertskala in Form von „ja“, „eher ja“, ...u.s.w. beantwortet. Die einzelnen Antwortoptionen sind dann in den Kapiteln zur Auswertung der beiden Befragungsrunden ersichtlich und werden dort transparent dargestellt.

Im 1. Themenblock „Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen“ werden die Expert:innen zunächst nach deren Erwartungen hinsichtlich des Einsatzes, sozusagen der künftigen Aufgaben autonom fahrender Busse und Straßenbahnen befragt. Dabei geht es darum, ob diese für die notwendige Verkehrswende eine unerlässliche Voraussetzung sind und ob sie flächendeckend zum Einsatz kommen werden. Bei Straßenbahnen wird die Frage

nach dem Einsatz mit der Betrachtung unterschiedlicher Bahnkörperarten untersetzt.

|  |
|--|
| Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sind eine unverzichtbare Voraussetzung für die Verkehrswende.   |
| Autonom fahrende Fahrzeuge im ÖPNV, ganz gleich ob Straßenbahnen oder Busse, werden bis zum Jahr 2035 eine Selbstverständlichkeit sein.  |
| Autonom fahrende Busse werden lediglich im peripheren Bereich, sprich auf Randlinien mit tendenziell weniger Fahrgastaufkommen eingesetzt werden.  |
| Autonom fahrende Busse werden ebenso als Gelenkbusse auf fahrgaststarken Linien mit dichten Takten verkehren.  |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden ausschließlich auf Linien mit besonderem oder unabhängigem Bahnkörper verkehren.   |
| Autonom Fahrende Straßenbahnen werden auf allen Bahnkörperarten, also auch auf straßenbündigem Bahnkörper verkehren.   |
| Damit Straßenbahnen künftig auf ihrem Fahrweg in Sondersituationen und Störungen auf Ihrem Fahrweg genauso flexibel sind wie heutige Straßenbahnen mit Fahrer:innen, wird bei autonom fahrenden Straßenbahnen ständig ein Personal an Bord sein müssen, um in solchen Situationen handeln zu können. |

*Tabelle 7 - Fragen Themenblock 1*

Nach der Überführung des Fragenkataloges in LimeSurvey stellt sich der Fragebogen für den ersten Themenblock folgendermaßen dar:

Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen

In dieser Rubrik werden Ihnen Thesen zu potenziellen Einsatzfeldern autonom fahrender Straßenbahnen und Busse präsentiert.

Bitte bewerten Sie die folgenden Thesen. Entscheiden Sie sich je These bitte für eine Antwort. Bitte achten Sie darauf, dass teilweise entweder nach Straßenbahnen oder Bussen und teilweise nach beidem gefragt wird.

Bitte antworten Sie möglichst intuitiv. Es geht nicht um "wahr" oder "falsch". Vielmehr ist Ihre spontane Einschätzung gefragt.

|  | ja                    | eher ja               | eher nein             | nein                  | Keine Antwort                    |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sind eine unverzichtbare Voraussetzung für die Verkehrswende.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Fahrzeuge im ÖPNV, ganz gleich ob Straßenbahnen oder Busse, werden bis zum Jahr 2035 eine Selbstverständlichkeit sein.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Busse werden lediglich im peripheren Bereich, sprich auf Randlinien mit tendenziell weniger Fahrgastaufkommen eingesetzt werden.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Busse werden ebenso als Gelenkbusse auf fahrgaststarken Linien mit dichten Takten verkehren.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden ausschließlich auf Linien mit besonderem oder unabhängigem Bahnkörper verkehren.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden auf allen Bahnkörperarten, also auch auf straßenbündigem Bahnkörper verkehren.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Damit Straßenbahnen künftig auf ihrem Fahrweg in Sondersituationen und Störungen auf Ihrem Fahrweg genauso flexibel sind wie heutige Straßenbahnen mit Fahrer:innen, wird bei autonom fahrenden Straßenbahnen ständig ein Personal an Bord sein müssen, um in solchen Situationen handeln zu können. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |

Datenschutzerklärung

Abbildung 9 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 1 in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen)

Im 2. Themenblock „Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen“ werden die Teilnehmenden nach dem aktuellen, sowie dem zu erwartenden technischen Entwicklungsstand gefragt. Dabei beziehen sich Fragen zum Teil einerseits auf beide Fahrzeugarten gleichzeitig und andere hingegen jeweils auf Straßenbahnen oder Busse. In diesem Fall werden die Fragen quasi identisch gestellt. Es ist wichtig, bei Fragen, die systembedingt bei beiden Fahrzeugarten unterschiedliche Szenarien für die Zukunft, sowohl technischer, als auch zeitlicher Natur vermuten lassen, dann die Fahrzeugarten auch differenziert abzufragen. So soll ein allgemeiner Überblick, über den Ist- und den zu erwartenden Zukunftszustand erarbeitet werden.

Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Straßenbahnen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich.

Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Bussen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich

|   |
|---|
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden zeitiger verfügbar sein als Busse.  |
| Autonom fahrende Busse werden zeitiger verfügbar sein als Straßenbahnen.  |
| Findet bereits auf internationaler und auf europäischer Ebene ein gut vernetzter Erfahrungs- und Forschungsaustausch zu autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen statt?  |
| Die Forschung an autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen ist von großer Bedeutung.   |
| Die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen, bspw. der Umgang mit falsch oder nicht automatisch gestellten Weichen, wird bis 2035 vollständig berücksichtigt und gelöst werden.  |
| Sind die Besonderheiten beim Fahrweg von Straßenbahnen für autonom fahrende Straßenbahnen bereits ausreichend analysiert?   |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Busse werden spürbar höher sein als heutiger Elektrobusse.   |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Straßenbahnen werden vermutlich höher sein als heutige vergleichbare Fahrzeuge. (vergleichbar in Bezug auf Länge, Spurweite, elektrische Leistung u.ä.)  |
| Für autonom fahrende Straßenbahnen wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  |
| Für autonom fahrende Busse wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  |
| Einsatzfahrzeuge wie Rettungswagen, Polizei und Feuerwehr werden künftig von autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen vergleichbar erkannt wie heutige mit Fahrer:innen besetzte Fahrzeuge. Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden in solchen Situationen vergleichbar "handeln" können wie heutige Fahrzeuge mit Fahrer:innen. |

*Tabelle 8 - Fragen Themenblock 2*

Nach der Überführung des Fragenkataloges in LimeSurvey stellt sich der Fragebogen für den zweiten Themenblock folgendermaßen dar:

## Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen

In dieser Rubrik werden Ihnen in den Fragenbereichen Teil A und Teil B Thesen | Fragen zum aktuellen und zum erwarteten Entwicklungsstand von autonom fahrenden Straßenbahnen sowie zu autonom fahrenden Bussen gestellt. Bitte achten Sie darauf, dass teilweise entweder nach Straßenbahnen oder Bussen und teilweise nach beidem gefragt wird.

Im Teil A sind Mehrfachnennungen möglich.

Bitte entscheiden Sie sich im Teil B je Frage | These für eine Antwort.

Teil A Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Straßenbahnen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich.

Wählen Sie alle zutreffenden Optionen

- Es gibt derzeit kaum verwendbare Forschungserkenntnisse.
- Die Entwicklungen stehen am Anfang.
- Die Entwicklungen sind weit vorangeschritten, stagnieren jedoch derzeit.
- Erste Fahrten ohne Begleitperson und ohne Fahrgäste stehen kurz bevor.
- Erste Fahrten ohne Begleitperson mit Fahrgästen stehen kurz bevor.
- Bis zum Jahr 2035 sind keine Fahrten mit Fahrgästen ohne Begleitpersonal zu erwarten.

Teil A Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Bussen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich

Wählen Sie alle zutreffenden Optionen

- Es gibt derzeit kaum verwendbare Forschungserkenntnisse.
- Die Entwicklungen stehen am Anfang.
- Die Entwicklungen sind weit vorangeschritten, stagnieren jedoch derzeit.
- Erste Fahrten ohne Begleitperson und ohne Fahrgäste stehen kurz bevor.
- Erste Fahrten ohne Begleitperson mit Fahrgästen stehen kurz bevor.
- Bis zum Jahr 2035 sind keine Fahrten mit Fahrgästen ohne Begleitpersonal zu erwarten.

Abbildung 10 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 2 – Teil A in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen)

Teil B  
Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung.

🗳️ Entscheiden Sie sich je These | Frage bitte für eine Antwort.

|   | ja                    | eher ja               | eher nein             | nein                  | Keine Antwort                    |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------------|
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden zeitiger verfügbar sein als Busse.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Autonom fahrende Busse werden zeitiger verfügbar sein als Straßenbahnen.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Findet bereits auf internationaler und auf europäischer Ebene ein gut vernetzter Erfahrungs- und Forschungsaustausch zu autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen statt?  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Die Forschung an autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen ist von großer Bedeutung.   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen, bspw. der Umgang mit falsch oder nicht automatisch gestellten Weichen, wird bis 2035 vollständig berücksichtigt und gelöst werden.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Sind die Besonderheiten beim Fahrweg von Straßenbahnen für autonom fahrende Straßenbahnen bereits ausreichend analysiert?   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Busse werden spürbar höher sein, als heutiger Elektrobusse.  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Straßenbahnen werden vermutlich höher sein, als heutige vergleichbare Fahrzeuge. (vergleichbar in Bezug auf Länge, Spurweite, elektrische Leistung u.ä.)   | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Für autonom fahrende Straßenbahnen wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Für autonom fahrende Busse wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |
| Einsatzfahrzeuge wie Rettungswagen, Polizei und Feuerwehr werden künftig von autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen vergleichbar erkannt wie heutige mit Fahrer:innen besetzte Fahrzeuge. Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden in solchen Situationen vergleichbar "handeln" können wie heutige Fahrzeuge mit Fahrer:innen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input checked="" type="radio"/> |

Datenschutzerklärung

Abbildung 11 - Screenshot Fragenbereich des Themenblock 2 – Teil B in LimeSurvey (Ansicht für die Expert:innen)

Für die folgenden Themenblöcke 2 bis 8 werden keine weiteren Screenshots im Fließtext abgebildet, diese können in Anhang A-1 eingesehen werden.

Der 3. Themenblock „Rechtliche Rahmenbedingungen“ zielt auf die Erwartung und Bewertung rechtlicher Rahmenbedingungen beim Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen und Busse ab. Selbstredend gilt auch hier, dass längst kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben wird. Vielmehr wird versucht, den praktischen Blickwinkel der Verkehrsunternehmen, bzw. der Branchenvertreter:innen einzunehmen.

Rechtliche Fragen, insbesondere in Bezug auf Haftung bei Vorkommnissen und Unfällen sind bereits erschöpfend aufgestellt.

Die Zeit bis 2035 wird unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ausreichen, um rechtliche Fragen vollumfänglich zu klären.

|  |
|--|
| Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden sich in den derzeitigen verkehrsrechtlichen Rahmen einordnen.   |
| Unfallsituationen zwischen autonom fahrenden Straßenbahnen bzw. Bussen und anderen Verkehrsteilnehmenden werden organisiert werden können und sind kein Hinderungsgrund für deren Einsatz. |
| Für den Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge werden umfangreiche Anpassungen im Verkehrs- und Haftungsrecht notwendig werden.  |

Tabelle 9 - Fragen Themenblock 3

Im 4. Themenblock „Phase eines etwaigen Übergangs von kommerziell gefahrenen auf autonom fahrende Straßenbahnen“ zielen die Fragen darauf ab, wie die Expert:innen einen Start des autonomen Straßenbahnbetriebes sehen. Dabei handelt es sich um eine so genannte Übergangsphase, eine Umstellungsphase im weiteren Sinne. Diese Fragen haben die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen im Blick und werden daher ausschließlich zu Straßenbahnen und nicht zu Bussen gestellt. Damit soll herausgefunden werden, wie die Expert:innen einen Betriebsbeginn beurteilen, bzw. erwarten.

|   |
|---|
| Autonom fahrende Straßenbahnen können im Zeitraum einer Übergangsphase im Mischbetrieb mit Fahrer:innen geführten Straßenbahnen betrieben werden.   |
| Für den Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen werden vermutlich umfangreiche zusätzliche technische Ausrüstungen an der Infrastruktur (Gleisanlagen, Signale, Haltestellen, etc.) notwendig werden. |
| Autonom fahrende Straßenbahnen müssen aus Sicherheitsgründen mit einem Stichtag eingeführt werden.  |

Tabelle 10 - Fragen Themenblock 4

Themenblock 5 „Soziale Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV und auf die Gesellschaft“ hat den sozialen Aspekt im Fokus. Hier sollen die Expert:innen danach befragt werden, wie sie etwaige soziale Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV selbst, als auch auf die Gesellschaft, allen voran die Nutzenden des ÖPNV einschätzen. Die Fragen sollen sowohl herausfinden, ob überhaupt der soziale Aspekt, sprich soziale Auswirkungen aus Sicht der Expert:innen bereits erschöpfend eruiert sind und im Weiteren, wie diese bewertet werden.

|  |
|--|
| Je realistischer und zeitlich absehbarer der flächendeckende Einsatz von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird, umso schwieriger wird es, ausreichend Fahrpersonal vorzuhalten. |
| Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse haben ein großes soziales "Sprengkraftpotenzial", da sehr viele Arbeitsplätze im Fahrdienst entfallen.                                  |
| Mit einer flächendeckenden Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen werden im ÖPNV viele Arbeitsplätze verloren gehen.   |
| Mit zunehmender öffentlicher Bekanntheit von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird die Kritik daran, bzw. der "Gegenwind" durch die Gesellschaft größer.                        |

|   |
|---|
| Sind soziale Fragen und Auswirkungen in Bezug auf die Beschäftigten heute bereits ausreichend analysiert?   |
| Die Anzahl entfallender Arbeitsplätze im Fahrdienst wird durch mehr Personalbedarf im Überwachungsbereich (bspw. Verkehrsleitstelle) ansatzweise kompensiert.   |
| Der Beruf Busfahrer:in und Straßenbahnfahrer:in wird bis zum Jahr 2035 keine Perspektive mehr haben.  |
| Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden einen Beitrag zu mehr Verkehrssicherheit, insbesondere bei schwächeren Verkehrsteilnehmenden wie Kindern und mobilitätseingeschränkten Menschen leisten.   |
| Besteht aus Ihrer Sicht das Risiko, dass autonom fahrende Busse und Straßenbahnen bei einem Teil der Bevölkerung dauerhaft auf Ablehnung stoßen und diese für den Umstieg auf den ÖPNV oder für die fortwährende Nutzung des ÖPNV verloren gehen? |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Busse.   |
| Autonom fahrende Busse werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Straßenbahnen.   |
| Fahrer:innenlose ÖPNV-Fahrzeuge (autonom fahrende) werden insbesondere in den Nebenverkehrszeiten und bei Dunkelheit gepaart mit geringerer Besetzung der Fahrzeuge vor allem auf Frauen eine abschreckende Wirkung haben.                        |
| Durch den technischen Fortschritt autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge und die zunehmende Diskussion hierüber wird es immer schwerer werden, Nachwuchsfachkräfte für den Fahrdienst zu generieren.  |
| In welchem Bereich bei den Verkehrsunternehmen sehen Sie einen erhöhten Personalbedarf durch die Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen?  |

Tabelle 11 - Fragen Themenblock 5

Themenblock 6 „Perspektiven der Barrierefreiheit autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“ zielt auf das Thema Barrierefreiheit bei autonom betriebenen ÖPNV-Fahrzeugen ab. Die Barrierefreiheit ist kein „Nice to have“, sondern vielmehr ist sie verpflichtend im ÖPNV sowohl bei den Betriebsanlagen als auch bei den Fahrzeugen für die von Fahrgästen zugänglichen Bereiche durch die Betreiber:innen umzusetzen. Somit will der Gesetzgeber sicherstellen, dass auch in ihrer Mobilität eingeschränkte Menschen den ÖPNV ohne fremde Hilfe nutzen können und somit ihre Teilhabe am gesellschaftlichen Leben sichergestellt wird. Insofern ist es von großer Bedeutung, dass Busse und Straßenbahnen ohne Fahrbedienstete auch uneingeschränkt für Mobilitätsbeeinträchtigte nutzbar sind. Hierdurch soll nicht die facettenreiche Thematik der Barrierefreiheit behandelt werden, sondern lediglich herausgefunden werden, wie die Expert:innen dieses Thema im Allgemeinen bei autonom fahrenden Fahrzeugen beurteilen, bzw. dies erwarten.

|   |
|---|
| Bis zum Jahr 2035 werden insbesondere autonom fahrende Busse vollständig den Ansprüchen der Barrierefreiheit genügen. Das heißt, dass die technischen Möglichkeiten so weit ausgereift sein werden, dass bspw. Rollstuhlfahrende verlässlich und sicher befördert werden. |
|---|

|   |
|---|
| Werden autonom fahrende Busse die Barrierefreiheit verbessern?  |
| Wie bewerten Sie den aktuellen Entwicklungsstand zur Berücksichtigung einer vollständigen Barrierefreiheit bei autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen? |
| Sehen Sie eine Personengruppe, für die autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge hinsichtlich der Barrierefreiheit vermutlich problematisch sein werden?    |

Tabelle 12 - Fragen Themenblock 6

Im Themenblock 7 „Allgemeine Fragen zum aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“ wird noch einmal bewusst ein Bogen zu Themenblock 2 gespannt, in dem noch einmal der aktuelle sowie zu erwartende Entwicklungsstand abgefragt wird. Jedoch liegt der Fokus nun sehr auf der Forschung. Es soll herausgefunden werden, ob und welche Gründe die Forschung behindern. Zudem wird gezielt nach den aktuell größten technischen Problemen bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen gefragt und ob, bzw. bis wann diese wohl gelöst sein werden. Dabei wird nicht nur auf technische Parameter abgezielt, sondern auch auf politische Aspekte. Hierbei wird wieder konsequent nach den Fahrzeugarten getrennt gefragt.

|   |
|---|
| Was wirkt derzeit aus Ihrer Sicht am hinderlichsten auf die Forschung und Entwicklung an autonom fahrenden Straßenbahnen bezüglich politischer Rahmenbedingungen? |
| Worin bestehen derzeit aus Ihrer Sicht die größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen?  |
| Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden abgestellt sein...  |
| Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden gelöst sein...  |
| Was wirkt derzeit aus Ihrer Sicht am hinderlichsten auf die Forschung und Entwicklung an autonom fahrenden Bussen bezüglich politischer Rahmenbedingungen?        |
| Worin bestehen derzeit aus Ihrer Sicht die größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Bussen?   |
| Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Bussen werden abgestellt sein...   |
| Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Bussen werden gelöst sein...   |

Tabelle 13 - Fragen Themenblock 7

Den 8. Themenblock „Abschließende Fragen zu Ihrem beruflichen Background, Ihrer Expertise und Ihrer Herkunft“ bilden die Fragen nach der Person und der zugehörigen Organisation. Die Fragen dienen zum einen für die Nachweisführung, dass im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit tatsächlich Expert:innen befragt werden. Es muss ein Nachweis geführt werden, dass die Teilnehmenden über mindestens eine fachliche Expertise auf dem Gebiet des ÖPNV und den Fahrzeugeinsatz im ÖPNV verfügen. Der Charakter der Befragung weist eine

große Bandbreite, bzw. einen nicht unerheblichen Facettenreichtum innerhalb der Thematik des autonomen Fahrens im ÖPNV auf. Folglich ist es selbstredend, dass die einzelnen Teilnehmenden kaum für jede einzelne Frage oder gar jeden Themenblock über eine ausgewiesene Expertise verfügen können. Mehr hierzu folgt in Kapitel 3.2.4, da die Auswahl der Expert:innen beleuchtet wird.

|   |
|---|
| Aus welchem Land, bzw. Sprachraum nehmen Sie teil?  |
| Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie in Ihrer aktuell ausgeübten Tätigkeit?  |
| Wie viele Jahre Berufserfahrung haben Sie allgemein?  |
| Wie lautet Ihre genaue Berufsbezeichnung?   |
| Spielen in Ihrer Organisation, in der Sie beruflich tätig sind, autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge bereits jetzt eine Rolle, bzw. haben diese eine Bedeutung?            |
| Werden in Ihrer Organisation, in der Sie beruflich tätig sind, in Zukunft autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge eine Rolle spielen, bzw. werden diese eine Bedeutung haben? |
| Welchem der folgenden Gebiete ist Ihre Organisation zuzuordnen?   |
| Mit welchen der folgenden Bereiche haben Sie ständig oder teilweise Berührungspunkte?   |

*Tabelle 14 - Fragen Themenblock 8*

Zum anderen sollen die gesammelten Informationen über die einzelnen Teilnehmenden, die auch anonym behandelt werden, allen Teilnehmenden im Zuge der Bekanntgabe der Ergebnisse aus der ersten Befragungsrunde in Vorbereitung für die zweite Befragungsrunde zur Verfügung gestellt werden. Damit soll den einzelnen Teilnehmenden nachgewiesen werden, dass sie sich „unter ihres Gleichen“ befinden und sie ihre Expert:innenmeinung tatsächlich mit anderen austauschen, die über adäquate Expertise verfügen, auch wenn die einzelnen Fachgebiete differieren können. Da es sich um eine internationale Untersuchung handelt, wird ebenso nach der Herkunft der Teilnehmenden gefragt.

Die jeweiligen Antwortoptionen können den entsprechenden Screenshots aus LimeSurvey in Anhang A-1 entnommen werden. Die Überführung des Fragenkataloges in LimeSurvey ist Bestandteil der Kapitel 3.3 ff., um an dieser Stelle eine Doppelung zu vermeiden. Darin kann sodann auch nachvollzogen werden, in welcher Art und Weise die geschlossenen Fragen beantwortet werden können und ob Einfach- oder Mehrfachnennungen möglich sind. Offene Fragen werden in Form von individuellen Texten beantwortet, so denn eine Antwort gegeben werden möchte. Dies ist ebenso in dem genannten Anhang erkenntlich und wird im Interesse der Übersichtlichkeit des Schrifttums hier nicht dezidiert dargestellt.

### 3.2.6 Auswahl der Expert:innen

In den folgenden beiden Kapiteln wird dargelegt, welche notwendigen fachlichen Anforderungen an die teilnehmenden Expert:innen gestellt werden und in welchen passenden Organisationen diese vermutet und schlussendlich auch angefragt werden.

### 3.2.7 Wahl der notwendigen fachlichen Hintergründe der Expert:innen

Bei Delphi-Befragungen geht es unter anderem darum, ein möglichst breites Spektrum an fachlichen Hintergründen sowie an Expertise zu generieren.<sup>36</sup> Wie aus Kapitel 3.2.3.2 durch die Fragen hervorgeht, handelt es sich um eine interdisziplinäre Befragung. Zwar geht es im Kern um die Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden bis zum Jahr 2035. Doch ist die Thematik von sehr vielen unterschiedlichen Unterfachgebieten geprägt. Das heißt, dass reine Fahrzeugentwickler allein vermutlich nicht in der Lage sind, alle Facetten tatsächlich fachlich erschöpfend zu beurteilen. Vertreter:innen von Sozialverbänden oder Gewerkschaften, bei denen wohl eine deutlichere Fokussierung auf soziale Aspekte unterstellt werden kann, sind es vermutlich ebenso wenig. Gleiches dürfte auch bspw. für Teilnehmende aus Behörden oder gar aus dem Hochschulbereich gelten. Insofern soll gerade die Gemengelage an Expert:innen dazu beitragen, verlässliche Antworten zu erlangen, wohlwissend, dass sich alle Expert:innen zu allen Fragen äußern mögen, bzw. gar sollen und das so dann auch bestenfalls tun. Es wird im Rahmen der Befragung darauf geachtet, dass möglichst eine Bandbreite aus wissenschaftlich arbeitenden Teilnehmenden und Praxisakteur:innen erreicht wird. Nicht unerwähnt darf an dieser Stelle bleiben, dass sich die vorliegende Masterarbeit sowohl mit Bussen und Straßenbahnen befasst und hier wie bereits in vorangegangenen Kapiteln herausgearbeitet, deutliche Systemunterschiede auf tun. Insofern ist es notwendig, dass sich möglichst ein ausgewogenes Verhältnis an Expert:innen zu Straßenbahnen und Bussen finden und zur Teilnahme überzeugen lässt.

Zusammengefasst, sollen folgende fachlichen Hintergründe in den Reihen der Teilnehmenden abgebildet werden:

- Forschung und Entwicklung von Kraftomnibussen
- Forschung und Entwicklung von Schienenbahnen nach BOStrab oder vergleichbar
- Zulassung und Inbetriebnahme von Kraftomnibussen
- Zulassung und Inbetriebnahme von Schienenbahnen nach BOStrab oder vergleichbar

---

36 Kerstin Cuhls, Die Delphi-Methode – eine Einführung, 2019

- Forschung und Entwicklung zum Thema Barrierefreiheit (Infrastruktur und | oder Fahrzeuge)
- Forschung und Lehre im verkehrsplanerischen Kontext
- Betrieb von Kraftomnibussen
- Betrieb von Schienenbahnen nach BOStrab oder vergleichbar
- Planung von innerstädtischer Verkehrsinfrastruktur
- Aufgabenträgerschaft im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)
- soziale Angelegenheiten
- Arbeitnehmer:innenvertretung
- Finanzierung Verkehrsinfrastruktur
- Finanzierung ÖPNV-Fahrzeuge

Die Anforderung an die fachlichen Hintergründe wird sowohl für die teilnehmenden Expert:innen in Deutschland, als auch in Schweden gestellt.

### **3.2.8 Wahl der Organisationen für potenziell teilnehmende Expert:innen**

Die Anforderungen an die Expert:innen stellt bei der Findung selbiger einen Teil der Aspekte dar, die zu bestimmen sind. Es ist zudem zu eruieren, in welchen Organisationen diese zu finden sind und daher sind die Wahl der fachlichen Hintergründe der Teilnehmenden sowie die Wahl der Organisationen nicht losgelöst voneinander vorzunehmen, sondern in einem Kontext durchzuführen.

Die Herkunft der Expert:innen hat Einfluss auf das Ergebnis der Befragung, bzw. das Antwortverhalten der Expert:innen. Es wird davon ausgegangen, dass die auf dem zu bewertenden Fachgebiet selbst beruflich tätig sind, einen tendenziell positiveren Blick auf die Zukunft der Entwicklung haben und damit zumindest ein wenig voreingenommen sind.<sup>37</sup> Daher kommen nicht nur Organisationen in Frage, die bspw. autonom fahrende Fahrzeuge entwickeln, bzw. an Technikkomponenten forschen. Zudem birgt es die Gefahr, dass der Facettenreichtum der vorliegenden Delphi-Befragung nicht hinreichend gewürdigt würde. Die Organisationen müssen folglich zu den im vorangegangenen Kapitel bestimmten fachlichen Hintergründen der Teilnehmenden passen.

Professor Häder greift in „Delphi-Befragungen, Ein Arbeitsbuch, 3. Auflage“ zudem folgenden Aspekt von Cuhls/Breiner/Grupp 1995:13 auf: „Personen sollten möglichst zu jeweils einem Drittel aus (1.) der Industrie, (2.) aus Hochschulen sowie (3.) aus anderen Forschungseinrichtungen, dem öffentlichen Dienst und Verbänden stammen.“ Die Ein-Drittel-Verteilung ist eine große Herausforderung im Rahmen einer Masterarbeit, dennoch wird folglich versucht, dem Grunde nach solche Organisationen zu gewinnen.

---

<sup>37</sup> Michael Häder, Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch, 3. Auflage

Neben den in den Quellen ermittelten Empfehlungen zur Expert:innen- oder Organisationsfindung, spielen auch die eigenen Überlegungen des Autors und damit Durchführenden dieser Mini-Delphi-Befragung eine wesentliche Rolle. Diese Überlegungen werden an den potenziellen Berührungspunkten von Organisationen am befragten Thema festgemacht. Diese Überlegungen spannen den Bogen zu den bereits entwickelten fachlichen Hintergründen der Expert:innen.

So kommt es zur Bestimmung der folgenden Organisationen:

- Branchenverbände (Deutschland)
- Bundesfachstellen (Deutschland)
- Verwaltung | Kommunen (Deutschland und Schweden)
- Zulassungsbehörden (Deutschland und Schweden)
- Aufgabenträger:innen für ÖPNV (Deutschland und Schweden)
- Verkehrsunternehmen (Deutschland und Schweden)
- Universitäten | Fachhochschulen | Institute (Deutschland und Schweden)
- Forschungsinstitute | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Deutschland und Schweden)
- Gewerkschaften (Deutschland)
- Fahrzeughersteller Bus | Bahn (Deutschland, Schweiz, Tschechien und Schweden)
  
- beratende Büros (Deutschland und Schweden)

Insgesamt werden in Deutschland 36 Anfragen in 31 unterschiedlichen Organisationen via E-Mail durchgeführt. In Schweden werden 22 Anfragen in 16 unterschiedlichen Organisationen vorgenommen. Hinzukommen zwei Anfrage in Tschechien in einer Organisation, eine in Österreich sowie eine weitere in der Schweiz. Die Anfragen in Tschechien, Österreich und der Schweiz entstehen aus recherchierten Kontakten, womit keine bewusst gewählte Länderteilnahme durch A|CH|CZ der Hintergrund war. Doch die in diesen drei Ländern ansässigen Expert:innen werden als wertvolle Teilnehmende eruiert. Damit erfolgt die Umfrage schlussendlich in Deutschland, Schweden sowie Tschechien, Österreich und der Schweiz. Die potenziell teilnehmenden Expert:innen werden via E-Mail direkt angeschrieben. In der E-Mail wird den Expert:innen der grobe Inhalt der Mini-Delphi erläutert und auf die Bedeutung ihrer Teilnahme an der Befragung hingewiesen. Zugleich wird das geplante Verfahren, sprich die zwei Befragungsrunden und der hierfür angesetzte Zeitraum vermittelt und bereits für die Bedeutung der Teilnahme an der zweiten Befragungsrunde geworben. Mit dieser ersten Kontakt-E-Mail entscheidet sich „hop“ oder „top“, einen zweiten Anlauf gibt es kaum, bzw. kann dieser kaum ein Interesse wecken, wenn es die erste Anfrage nicht geschafft hat. Einige wenige Expert:innen werden auch telefonisch kontaktiert. Im Folgenden der Text für die überwiegend verwendete erste Anfrage.

„Sehr geehrte Frau ...,

*ich bin Dipl.-Ingenieur und arbeite in einem kommunalen Verkehrsunternehmen, bin dort für die Planung, den Bau und Inbetriebnahme von Straßenbahninfrastruktur verantwortlich und stellv. Betriebsleiter BOStrab.*

*Neben dem Beruf studiere ich im Master Nachhaltigkeitstechnologien und -management. Im Rahmen meiner bevorstehenden Masterarbeit führe ich ab Ende März/Anfang April eine **Delphi-Befragung** zur Zukunft **autonom fahrender Busse und Straßenbahnen in Deutschland und Schweden** durch. Dabei geht es nicht nur um technische Fragen, sondern auch um soziale und ökonomische Aspekte. Es geht um den **Gesamtkontext der Nachhaltigkeit**.*

*Derzeit bin ich damit befasst, unterschiedliche Expert:innen als Teilnehmer:innen für meine Befragung zu gewinnen. **Man muss hierzu kein:e Fahrzeugexpert:in sein!** Es geht darum, so viele wie möglich Expert:innen mit unterschiedlichen fachlichen Hintergründen zu gewinnen, die aber mit dem Thema ÖPNV, Fahrzeuge, Verkehrswende, Stadtentwicklung, Arbeitnehmer:innenvertretungen u.ä. zu tun haben, bzw. damit befasst sind.*

*Insofern möchte ich anfragen, ob Sie bereit sind, mich hierbei zu unterstützen und an der Befragung teilzunehmen? Die **Befragung findet digital statt** und die ein Großteil der rund 40 Fragen|Thesen sind mit "ja", "eher ja", "eher nein", etc. zu beantworten. Der zeitliche Aufwand sollte daher für Sie überschaubar sein. Die **Befragung erfolgt in zwei Runden**, im Zuge der zweiten Runde wissen Sie so dann, wie die anderen Expert:innen in der ersten Runde geantwortet haben. Ihre Namen werden anonym behandelt, lediglich Ihre Organisation würde benannt werden.*

*Nach Abschluss der Masterarbeit erhalten Sie eine Zusammenfassung der Ergebnisse für Ihre eigene Verwendung.*

*Ich würde mich also freuen, wenn Sie mir eine positive Rückmeldung mit der Benennung einer Ansprechperson geben können. Für etwaige Rückfragen stehe ich gern zur Verfügung.*

*Freundliche Grüße  
Tobias Tannehauer“*

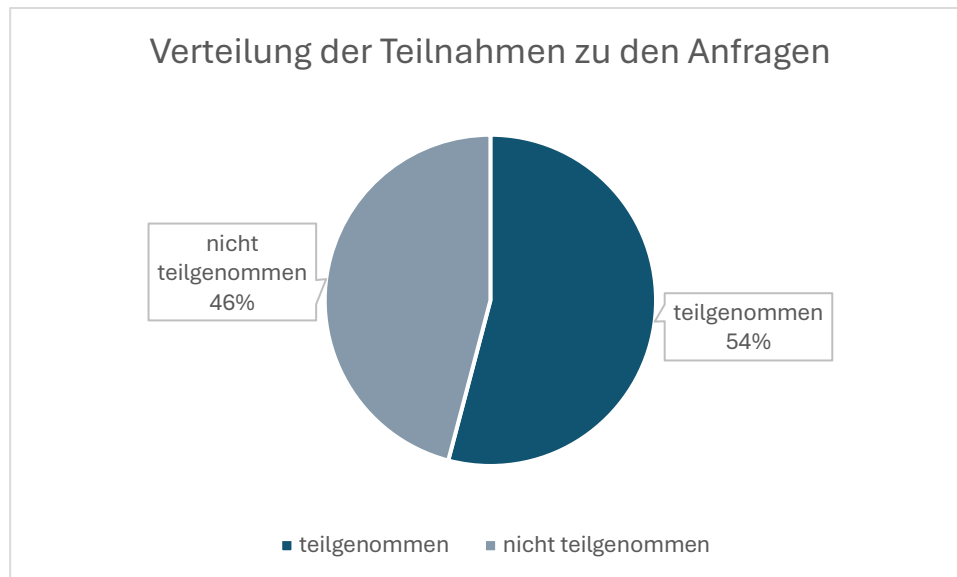
Die Kontaktaufnahme nimmt viel Zeit in Anspruch, da jede:r Expert:in einzeln und persönlich angeschrieben werden muss. Zum einen soll eine persönliche Anrede die Wertschätzung der einzelnen Teilnehmenden unterstreichen und zum anderen kann auf Grund der Anonymität keine Sammel-E-Mail versandt werden. Das Gebot der Anonymität erfordert vom Anfang bis zum Ende der Befragung ein hohes Maß an Aufmerksamkeit mit dem Umgang personenbezogener Daten.

Erwartungsgemäß können nicht alle angefragten Kontakte für die Umfrage gewonnen werden. Die Kontakte haben entweder auf die Anfrage nicht reagiert oder aus Kapazitätsgründen abgesagt. Die Absagen werden nicht gewertet und neutral akzeptiert. Im Vorgriff auf die folgenden Kapitel zur Durchführung der Befragungsrunden wird an dieser Stelle erwähnt, dass eine Organisation zwar an der ersten Befragungsrunde teilgenommen hat, nicht jedoch an der zweiten. Da im Zusammenhang der vorliegenden Arbeit anonym bleiben soll, welche Organisationen entweder nicht reagiert oder abgesagt haben, werden im Folgenden nur jene Organisationen genannt, die an mindestens einer der Befragungsrunden teilgenommen haben.

| Organisation   | Land        | Anzahl der teilnehmenden Expert:innen |
|--|-------------|---------------------------------------|
| Verband deutscher Verkehrsunternehmen                                  | Deutschland | 2                                     |
| Bundesfachstelle für Barrierefreiheit                                  | Deutschland | 1                                     |
| Stadt Dresden  | Deutschland | 1                                     |
| Freie Universität Berlin   | Deutschland | 1                                     |
| Westsächsische Hochschule Zwickau                                      | Deutschland | 1                                     |
| Berliner Verkehrsbetriebe  | Deutschland | 1                                     |
| Fahrgastverband Pro Bahn   | Deutschland | 1                                     |
| Senatsverwaltung für Mobilität, Verkehr, Klimaschutz und Umwelt Berlin | Deutschland | 2                                     |
| Easy mile  | Deutschland | 1                                     |
| Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft ver.di                            | Deutschland | 1                                     |
| Gewerkschaft Deutscher Lokomotivführer                                 | Deutschland | 1                                     |
| MAN  | Deutschland | 1                                     |
| Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt                              | Deutschland | 1                                     |
| Technische Universität München   | Deutschland | 1                                     |
| RMS Consult  | Deutschland | 1                                     |
| Holon  | Deutschland | 1                                     |
| StadtBahnGestaltung  | Deutschland | 1                                     |
| Organisation   | Land        | Anzahl der teilnehmenden Expert:innen |
| Spårvagns Städerna   | Schweden    | 1                                     |
| Trafikförvaltningen Region Stockholm                                   | Schweden    | 1                                     |
| Skånetrafiken  | Schweden    | 1                                     |
| Stadt Malmö  | Schweden    | 1                                     |
| Stadt Lund   | Schweden    | 1                                     |
| Transportstyrelsen   | Schweden    | 1                                     |
| Universität Lund   | Schweden    | 1                                     |
| Västtrafik   | Schweden    | 1                                     |
| statens väg- och transportforskningsinstitutet                         | Schweden    | 1                                     |
| Volvo  | Schweden    | 1                                     |
| Organisation   | Land        | Anzahl der teilnehmenden Expert:innen |
| Stadler Signalling AG  | Schweiz     | 1                                     |
| AustriaTech  | Österreich  | 1                                     |
| Skoda Transportation   | Tschechien  | 1                                     |

*Tabelle 15 - Organisationen der Expert:innen (die an der Befragung teilgenommen haben)*

Mit den teilnehmenden Organisationen werden die Kriterien der Mischung unterschiedlicher fachlicher Hintergründe bei den Expert:innen gewahrt und gleichzeitig handelt es sich bei allen Organisationen um jene, die direkte oder potenzielle Berührungspunkte in der Gegenwart und in der Zukunft mit dem Thema autonom fahrender Straßenbahnen und Busse und den in diesem Zusammenhang entwickelten Fragen haben, bekommen können. Die Verteilung der angefragten Kontakte zu den teilgenommenen stellt sich wie folgt dar:



*Abbildung 12 - Verteilung der Teilnahme*

Somit konnten mehr als die Hälfte der angefragten Kontakte für die Teilnahme an der Delphi-Befragung gewonnen werden. Die entsprechende Zuordnung der fachlichen Hintergründe aus Kapitel 3.2.4.1 zu den einzelnen Expert:innen, bzw. welchen Bezug diese hierzu haben, wird im Rahmen der weiteren Kapitel beleuchtet und ergibt sich aus der Umfrage selbst.

### **3.3 Durchführung der Befragung**

Die Befragung im Rahmen der hier vorliegenden Mini-Delphi erfolgt, wie bereits erwähnt, online mit dem Befragungstool LimeSurvey. Die Durchführung richtet sich im Wesentlichen nach dem folgenden Schema:

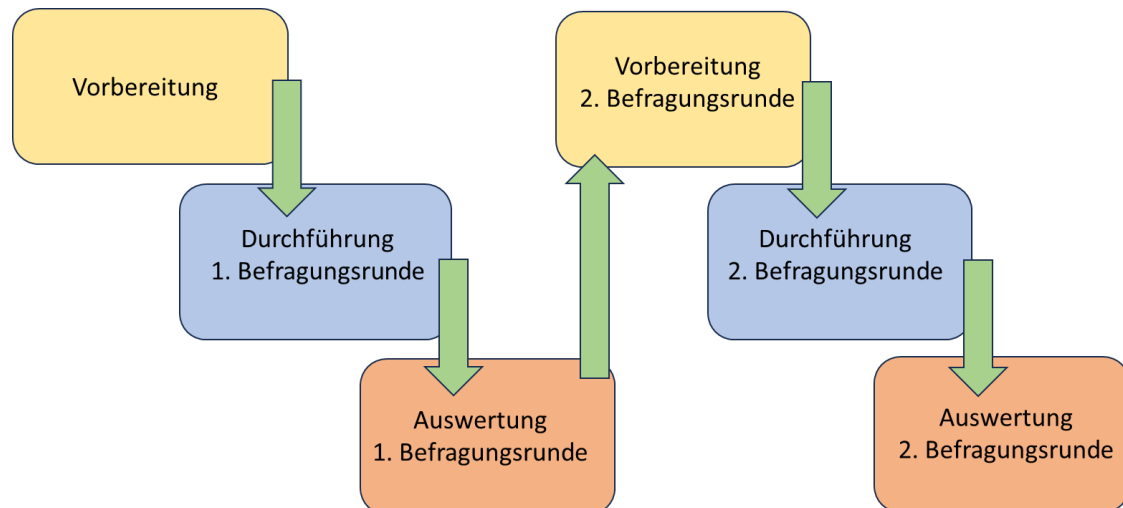


Abbildung 13 - Schema zur Durchführung der Befragung

In der Vorbereitung wird der Fragenkatalog und das Design des Fragebogens entwickelt. Der Fragebogen wird sodann in LimeSurvey übertragen und dort die Befragung eingerichtet. Des Weiteren werden die Expert:innen eruiert und angefragt, ob Sie bereit sind, an der Befragung im Rahmen der Mini-Delphi teilzunehmen. Im nächsten Schritt erfolgt die Durchführung der ersten Befragungsrunde. Dazu werden die Expert:innen aus LimeSurvey heraus eingeladen und der Befragungszeitraum läuft. Als nächstes wird die erste Befragungsrunde beendet und die Ergebnisse ausgewertet. Es erfolgt nun der Übergang zur Vorbereitung der zweiten Befragungsrunde auf Basis der Ergebnisse der ersten Befragungsrunde. Die Vorbereitung zur zweiten Befragungsrunde beinhaltet neben der unkommentierten Auswertung der ersten Befragungsrunde vor allem die Aufbereitung des Fragebogens | Fragenkataloges. Im folgenden Schritt werden die Expert:innen wieder aus LimeSurvey heraus zur zweiten Befragungsrunde eingeladen und der Befragungszeitraum läuft erneut. Im letzten Schritt wird die zweite Befragungsrunde ausgewertet. Die Aufbereitung der Ergebnisse für die Teilnehmenden stellt anschließend einen separaten Prozess dar. Der Gesamtzeitraum für die vollständige Befragung, also beide Befragungsrunden, findet in den Monaten April und Mai 2024 statt. Es muss gelingen, diesen Zeitraum nicht zu überschreiten, da sich ab Juni bereits Teilnehmende unter Umständen im Sommerurlaub befinden und somit entweder gar nicht oder nur teilweise teilnehmen können.

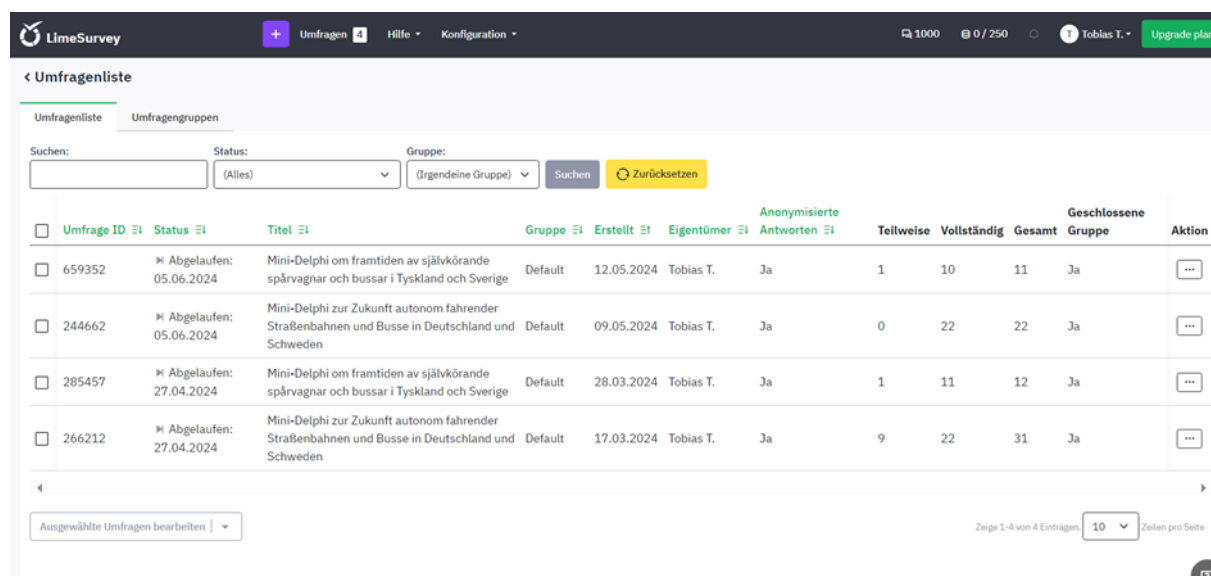
### 3.3.1 Erste Befragungsrunde

In den folgenden Kapiteln wird der Verlauf der ersten Befragungsrunde von der Vorbereitung der Befragung, über die Einladung der Expert:innen, die Durchführung als solches bis hin zur Auswertung der ersten Runde behandelt.

### 3.3.2 Vorbereitung der ersten Runde

Die Entwicklung des Fragebogens | Fragenkataloges wurde bereits in den Kapiteln 3.2.2 und 3.2.3 behandelt und ist folglich an dieser Stelle bereits als Grundlage abgeschlossen. Gleiches gilt für die Auswahl der Expert:innen.

In LimeSurvey wird die Befragung für die erste Befragungsrunde angelegt. Dabei werden zwei technisch voneinander unabhängige, jedoch inhaltlich identische Umfragen eingerichtet, eine deutschsprachige, sowie eine in schwedischer Sprache. Für die gesamte Befragung entstehen schlussendlich vier technisch voneinander unabhängige Befragungen in LimeSurvey, zwei je Sprache und Befragungsrunde.



| Umfrage ID | Status                 | Titel   | Gruppe  | Erstellt   | Eigentümer | Anonymisierte Antworten | Teilweise | Vollständig | Gesamt | Geschlossene Gruppe | Aktion |
|------------|------------------------|---|---------|------------|------------|-------------------------|-----------|-------------|--------|---------------------|--------|
| 659352     | Abgelaufen: 05.06.2024 | Mini-Delphi om framtiden av självkörande spårvagnar och bussar i Tyskland och Sverige         | Default | 12.05.2024 | Tobias T.  | Ja                      | 1         | 10          | 11     | Ja                  | ...    |
| 244662     | Abgelaufen: 05.06.2024 | Mini-Delphi zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden | Default | 09.05.2024 | Tobias T.  | Ja                      | 0         | 22          | 22     | Ja                  | ...    |
| 285457     | Abgelaufen: 27.04.2024 | Mini-Delphi om framtiden av självkörande spårvagnar och bussar i Tyskland och Sverige         | Default | 28.03.2024 | Tobias T.  | Ja                      | 1         | 11          | 12     | Ja                  | ...    |
| 266212     | Abgelaufen: 27.04.2024 | Mini-Delphi zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden | Default | 17.03.2024 | Tobias T.  | Ja                      | 9         | 22          | 31     | Ja                  | ...    |

Abbildung 14 - Screenshot der vier technisch voneinander unabhängigen Umfragen in LimeSurvey

Dies bedeutet einen nicht zu vernachlässigenden Zeitaufwand, da der Fragebogen zunächst ins Schwedische übersetzt und in LimeSurvey hinsichtlich des Aufbaus identisch in beiden Sprachen eingerichtet werden muss. Nur somit können die Fragen und das später dazugehörige Antwortverhalten aus beiden Ländern zusammengefasst und übertragen werden. Hierbei wird auf die Sprachkenntnisse des Verfassers zurückgegriffen, was zusätzlich mit einem Übersetzungstool im Internet zumindest überprüft wird. Bei der Übersetzung wurde nach bestem Wissen und Gewissen und mit großer Sorgfalt gearbeitet. Dennoch kann kein Anspruch auf grammatikalische Einwandfreiheit, bzw. absolute Fehlerfreiheit bestehen. In LimeSurvey werden die gleichen Fragenblöcke mit den dazugehörigen Einzelfragen eingerichtet, wie der Fragebogen dies vorsieht.

Vor dem Versand der Einladungen werden alle teilnehmenden Expert:innen in LimeSurvey als Umfrageteilnehmende angelegt und für jede:n Einzelne:n ein Zugangscode, sogenannte Token-Codes generiert. Damit ist die Anonymität nicht nur unter den Teilnehmenden, sondern auch gegenüber dem

umfragedurchführenden Verfasser der vorliegenden Masterarbeit sichergestellt, da keine Verbindung zwischen eingehenden Antworten und den einzelnen Expert:innen hergestellt werden kann. Außerdem ist damit sichergestellt, dass nur die eingeladenen Expert:innen an der Umfrage teilnehmen und der Zugangscode nicht „missbräuchlich“ an potenziell weitere, dem Umfrageleiter unbekannte Teilnehmende, versandt wird, bzw. der Zugangscode von Dritten nicht genutzt werden kann. Eine eigen verfasste Datenschutzerklärung rundet die zur Verfügung stehenden Mittel zur sorgsamem Behandlung personenbezogener Daten ab.

Als letzten Schritt vor dem Versand an die Expert:innen wird ein Test durchgeführt. Dieser findet ohne die Teilnehmenden statt. Hierzu werden beide Befragungen, in Deutsch und Schwedisch, da technisch voneinander unabhängig, einzeln durchgeklickt. Außerdem werden die Textfelder der einzelnen offenen Fragen auf Funktionstüchtigkeit überprüft.

### 3.3.3 Einladung der Expert:innen

Die Expert:innen werden aus LimeSurvey heraus eingeladen. Hierzu wird eine standardisierte Einladungs-E-Mail in LimeSurvey angelegt, die mit persönlicher Anrede an die Expert:innen einzeln verschickt wird. In der Einladungs-E-Mail werden die Expert:innen begrüßt und Ihnen noch einmal das Verfahren kurz vorgestellt. Ferner werden sie wiederholt auf die Anonymität des Verfahrens und die Aussicht auf das weitere Vorgehen im Befragungsprozess hingewiesen.

*„Guten Tag...*

*vielen Dank, dass Sie sich bereits im Vorfeld bereit erklärt haben, an dieser Umfrage im Rahmen einer Mini-Delphi zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden für meine Masterarbeit teilzunehmen.*

*Das Thema ist sehr facettenreich und es ist mir wohl bewusst, dass Sie vermutlich nicht für alle Fragenbereiche ein:e Expert:in sind, sondern nur bestimmte Fragen Ihr Fachgebiet direkt betreffen. Das trifft wahrscheinlich auf alle Teilnehmenden zu. Ich habe Sie und alle anderen Teilnehmenden bewusst ausgewählt, da ich mir von Ihrer Expertise einen wichtigen Beitrag zur Umfrage erwarte. Die Umfrage findet im deutschsprachigen Raum und Schweden statt.*

*Es geht darum, ein möglichst breites Expert:innenfeld an der Umfrage zu beteiligen.*

*Bitte antworten Sie möglichst spontan, bzw. intuitiv, es geht nicht um „richtig“ oder „falsch“, sondern vielmehr um die Expert:innenmeinung im Rahmen der Zukunftsforschung in Bezug auf die Thematik.*

*Nach dem Abschluss dieser ersten Befragungsrunde werden alle Ergebnisse ausgewertet und Ihnen im Zuge der zweiten Befragungsrunde vorgestellt. Insgesamt gibt es zwei Befragungsrunden und ich danke Ihnen bereits heute für Ihre Teilnahme auch an der zweiten Runde.*

*Die Umfrage ist anonym, das bedeutet, dass Ihre Antworten nicht mit Ihrer Person in Verbindung gebracht werden und Ihr Name selbstverständlich nicht in der Masterarbeit erscheinen wird. Lediglich die Organisationen der Teilnehmenden werden benannt.*

*Ich bitte Sie um Teilnahme an der erste Befragungsrunde bis zum 19.04.2024.*

*Der Titel der Umfrage ist  
"{SURVEYNAME}"*

*"{SURVEYDESCRIPTION}"*

*Um an dieser Umfrage teilzunehmen, klicke bitte auf den unten stehenden Link.*

*Mit freundlichen Grüßen,*

*Tobias Tannehauer (tobias.tannehauer@web.de)*

-----  
*Klicke hier um die Umfrage zu starten:  
{SURVEYURL}*

*Wenn Sie an diese Umfrage nicht teilnehmen und keine weiteren Erinnerungen erhalten möchten,  
klicken Sie bitte auf den folgenden Link:  
{OPTOUTURL}*

*Wenn Sie gesperrt sind, jedoch wieder teilnehmen und weitere Einladungen erhalten möchten,  
klicken Sie bitte auf den folgenden Link:  
{OPTINURL}"*

**Auf Schwedisch lautet der Text folgendermaßen:**

*„Hej,*

*tack för att är redo att delta i denna undersökning | intervju (mini-delphi) om framtiden av  
självkörande spårvagnar och bussar i Tyskland och Sverige för min masteruppsats.*

*Ämnet är mycket mångfacetterat och jag vet att du förmodligen inte är expert på alla  
frågeområden, utan att endast vissa frågor direkt berör ditt expertområde. Detta gäller förmodligen  
för alla deltagare. Jag har medvetet valt ut dig och alla andra deltagare eftersom jag förväntar mig  
att din expertis kommer att ge ett viktigt bidrag till undersökningen. Undersökningen genomförs  
framförallt i de tyskspråkiga länderna och i Sverige.*

*Målet är att involvera så många experter som möjligt i undersökningen.*

*Vänligen svara så spontant eller intuitivt som möjligt, det handlar inte om "rätt" eller "fel". Du  
behöver ungefär 15 minuter.*

*När den första intervjuomgången har genomförts kommer alla resultat att analyseras och  
presenteras för dig i den andra intervjuomgången i maj 2024. Det kommer att finnas två  
undersökningsomgångar totalt och jag skulle vilja tacka dig idag för ditt deltagande i den andra  
omgången.*

*Undersökningen är anonym, vilket innebär att dina svar inte kommer att kopplas till dig  
personligen och ditt namn kommer naturligtvis inte att förekomma i masteruppsatsen. Endast  
deltagarnas organisationer kommer att namnges.*

*Om du har några problem med intervjun | undersökningen vänligen skriver mig en email.*

*Jag ber dig att delta i den första omgången av undersökningen senast till och med den 19.04.2024.*

*Vänliga hälsningar“*

Sobald die Teilnehmenden dem Zugangslink folgen, eröffnet sich die Begrüßungs- und Startmaske der Umfrage. In der schwedischen Version selbstredend die abgebildete Maske auf Schwedisch.

## Mini-Delphi zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden

Expertinnen-Umfrage im Rahmen einer Masterarbeit zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden im Nachhaltigkeitskontext.

Masterarbeit von Tobias Tannenbauer im Rahmen des Studiums an der Wilhelm-Büchner-Hochschule (Darmstadt) im Studiengang Nachhaltigkeitstechnologien und -management.

### 1. Befragungsrunde

Herzlich willkommen zur ersten Befragungsrunde. Vielen Dank, dass Sie mit Ihrer Expertise und Ihrer Zeit diese wissenschaftliche Untersuchung im Rahmen einer Masterarbeit unterstützen.

In dieser Umfrage sind 23 Fragen enthalten.

**Dies ist eine anonyme Umfrage.**

In den Umfrageantworten werden keine persönlichen Informationen über Sie gespeichert. es sei denn, in einer Frage wird explizit danach gefragt.

Wenn Sie für diese Umfrage einen Zugangscode benutzt haben, so können Sie sicher sein, dass der Zugangsschlüssel nicht zusammen mit den Daten abgespeichert wurde. Er wird in einer getrennten Tabelle aufbewahrt und nur aktualisiert, um zu speichern, ob Sie diese Umfrage abgeschlossen haben oder nicht. Es gibt keinen Weg, die Zugangscode mit den Umfrageergebnissen zusammenzuführen.

Weiter

[Datenschutzerklärung](#)

Made in LimeSurvey 

Abbildung 15 - Screenshot der Willkommensmaske in LimeSurvey (Umfrage in Deutsch, erste Runde)

### 3.3.4 Durchführung der ersten Befragungsrunde

Die im vorherigen Kapitel behandelte Einladung zur ersten Befragungsrunde ist genau genommen bereits Bestandteil der Durchführung der ersten Befragungsrunde. Nach dem Versand der Einladungen beginnt postwendend die Überwachung der laufenden Befragungsrunde. Im abgebildeten LimeSurvey-Ausschnitt ist ein Teil der Teilnehmerliste mit unkenntlich gemachten Namen und Zugangscode ersichtlich. In dieser Liste werden die Teilnahmestatus angezeigt, d.h. ob und zu welchem Zeitpunkt die Einladung versandt wurde und ob die Teilnahme vollständig abgeschlossen wurde.

| ID | Vorname | Nachname | E-Mail-Adresse | E-Mailstatus | Zugangscodes | Sprache | Einladung gesendet? | Aktion |
|----|---------|----------|----------------|--------------|--------------|---------|---------------------|--------|
| 1  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |
| 2  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |
| 4  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |
| 5  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |
| 6  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |
| 7  |         |          |                | OK           |              | de      | 01.04.2024          | ...    |

Abbildung 16 - Screenshot der Umfrageteilnehmenden-Tabelle in LimeSurvey (anonymisiert, ausschnittsweise)

Den Expert:innen wurden dann entgegen dem ursprünglichen Ziel von zwei Wochen, letztlich circa drei Wochen Zeit für die Teilnahme gegeben. Dies ist mit den im Zeitraum der ersten Befragungsrunde liegenden Feiertagen begründet und dass einige Teilnehmende im Urlaub vermutet werden. Die Festlegung eines Zeitraumes, der den Expert:innen zur Teilnahme gegeben wird, ist eine individuelle Entscheidung. Mit der Onlineform und dem damit verbundenen Versand von Zugangscodes können die Teilnehmenden frei entscheiden, wann sie die Beantwortung durchführen. Sie sollen auf der einen Seite nicht unangemessen „unter Druck“ gesetzt und damit verschreckt werden. Auf der anderen Seite wiederum führt ein zu großes Zeitfenster unter Umständen zum Aufschieben bis zum letztmöglichen Tag, was weder den Expert:innen nutzt, noch die zeitliche Durchführung der Befragung innerhalb des knappen Zeitrahmens innerhalb dieser Masterarbeit begünstigen würde.

Ab dem Zeitpunkt des Versands der Einladung wird den Teilnehmenden eine Woche Zeit eingeräumt, da sie nicht kontaktiert werden. Hat bis zu diesem Zeitpunkt keine Teilnahme stattgefunden, werden die Teilnehmenden mittels einer Erinnerungs-E-Mail an die Teilnahme erinnert. Innerhalb dieser Erinnerungs-E-Mail ist erneut der verschlüsselte Zugangslink eingebettet, sodass die Teilnahme für die Expert:innen so einfach wie möglich ist.

„Guten Tag,

vor Kurzem erhielten Sie eine Einladung zur Teilnahme an der genannten Umfrage zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden.

Ich habe festgestellt, dass Sie an der Umfrage noch nicht | noch nicht abschließend teilgenommen haben und möchte Sie höflich daran erinnern. Ihre Teilnahme als Expert:in ist mir sehr wichtig und wertvoll für die Umfrage im Rahmen der Masterarbeit. Die Umfrage ist nach wie vor bis zum 19.04.2024 aktiv. Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie daran teilnehmen können.

Der Titel der Umfrage ist  
'{SURVEYNAME}'

'{SURVEYDESCRIPTION}'

Um an dieser Umfrage teilzunehmen, klicke bitte auf den unten stehenden Link.

Beste Grüße

Tobias Tannenhauer (tobias.tannenhauer@web.de)

Klicke hier, um die Umfrage zu starten:  
{SURVEYURL}

Wenn Sie an diese Umfrage nicht teilnehmen und keine weiteren Erinnerungen erhalten möchten,  
klicken Sie bitte auf den folgenden Link:  
{OPTOUTURL}“

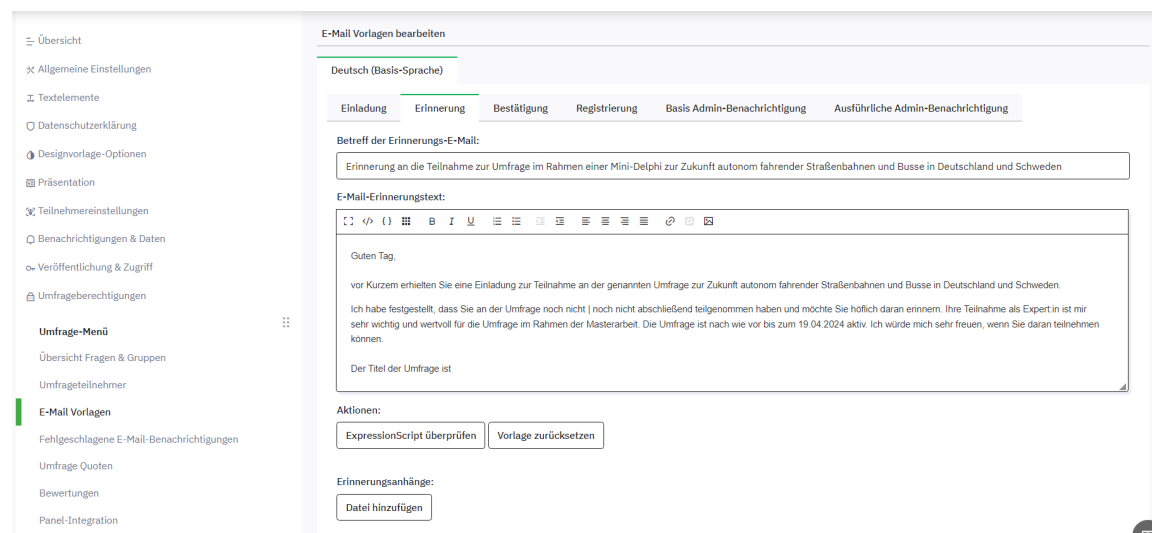


Abbildung 17 - Screenshot Erstellung der Willkommens-E-Mail in LimeSurvey

Es stellt sich sehr bald heraus, dass das Teilnahmeverhalten sehr stark schwankt. Einige Expert:innen nehmen bereits am ersten Tag nach Erhalt der Einladung teil, andere hingegen müssen via Erinnerungs-E-Mail noch einmal, oder gar zweimal um Teilnahme gebeten werden. Über die Gründe wird an dieser Stelle nicht gemutmaßt. Mitunter kommt es vor, dass einige wenige Teilnehmende gar mithilfe einer separaten E-Mail (nicht aus LimeSurvey heraus) noch einmal für die Teilnahme sensibilisiert werden. Es ist ein Balanceakt, die sich freiwillig bereit erklärenden Expert:innen nicht zu „nerven“ und andererseits auch konsequent dafür Sorge zu tragen, dass alle Expert:innen teilnehmen und kein Teilnahmeschwund entsteht. Alles in allem ist die Betreuung der laufenden Befragungsphase, sprich während der Umfrage aktiv ist, sehr betreuungsintensiv. Auch hier ist wieder anzumerken, dass parallel zwei technisch unabhängig

voneinander laufende Befragungen in den zwei Sprachen Deutsch und Schwedisch betreut werden müssen. Jegliche Kommunikation in Schriftform auf Schwedisch dauert zwangsläufig länger als in der Muttersprache Deutsch. Täglich wird die Teilnehmerliste samt deren Status kontrolliert. Mit entsprechender Betreuungskonsequenz gelingt es schließlich, dass die eingeladenen Expert:innen in der deutschsprachigen Umfrage zu 100% die Umfrage vollständig bearbeiten. Von den 14 Expert:innen in Schweden, die vorab ihre Teilnahme zugesagt hatten und auch eine Einladung aus LimeSurvey erhalten, nehmen letztlich drei nicht teil und 11 schließen vollständig ab.

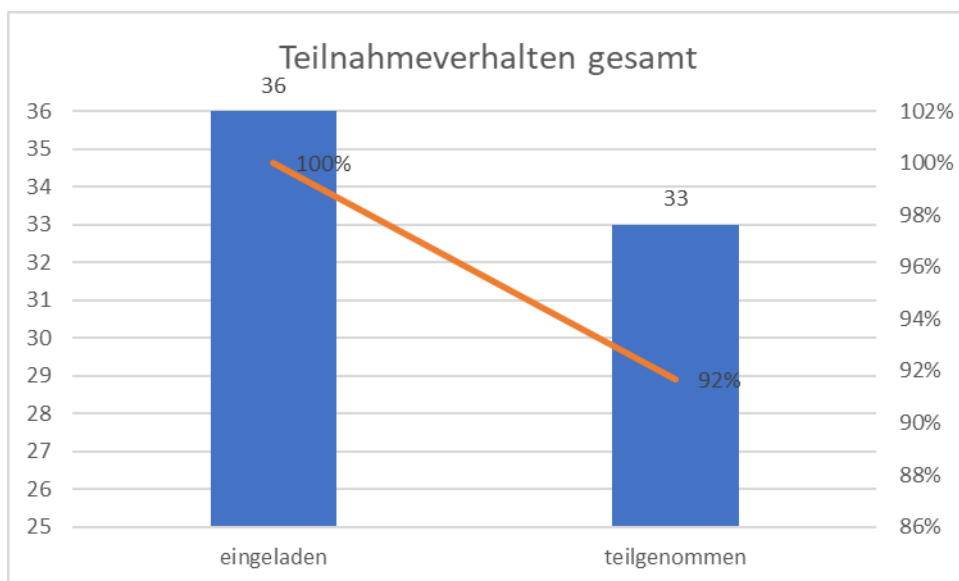


Abbildung 18 - Teilnahmeverhalten von zugesagten zu teilgenommenen Expert:innen in Runde 1

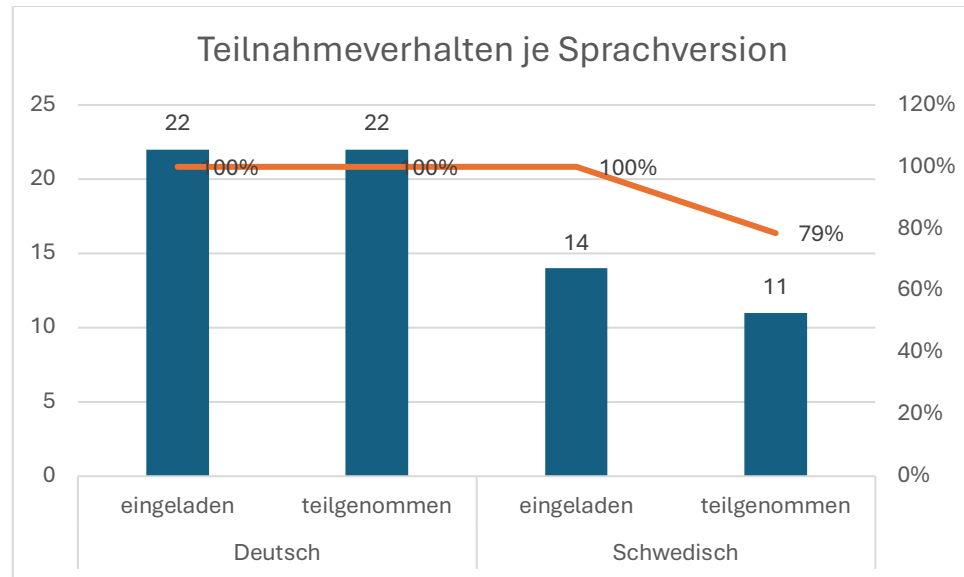


Abbildung 19 - Teilnahmeverhalten von zugesagten zu teilgenommenen Expert:innen in Runde 1 je Sprachversion

### 3.3.5 Auswertung der ersten Befragungsrunde

Nachdem die drei bereits erwähnten teilnehmenden Expert:innen trotz zweimaliger Kontaktaufnahme zur Erinnerung dennoch nicht teilgenommen haben, wird die Befragung beendet. Ab diesem Zeitpunkt ist keine Teilnahme durch die Expert:innen mehr möglich. Die Antworten werden nun in Excel exportiert, um dort ausgewertet werden zu können. Die Auswertung der ersten Befragungsrunde steht im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Feedback an die Expert:innen. Hierdurch wird die „Diskussion“ unter den Expert:innen angeregt. Das Feedback an die Teilnehmenden dient im Kern dazu, dass das Antwortverhalten der anderen Expert:innen jenes der einzelnen Expert:innen insofern beeinflusst, dass diese ihre eigenen Antworten nochmals überdenken können und sich auf diesem Weg in der zweiten Runde bestenfalls ein Trend herausbildet, so denn dies nicht bereits in der ersten Befragungsrunde erfolgt ist.

Für die Form des Feedbacks gibt es verschiedene Empfehlungen, jedoch keine konkreten Vorgaben in der Literatur.<sup>38</sup> Prof. Häder weist in „Delphi-Befragungen“ ferner daraufhin, dass ein Feedback durch eine bewusste oder unbewusste Fälschung manipuliert werden kann. Dies ist insofern nachvollziehbar, als dass weder die Expert:innen, noch die Lesenden der vorliegenden Masterarbeit ein Instrument haben, um zu überprüfen, dass der Verfasser tatsächlich die objektiv in LimeSurvey eingegangenen Antworten eins zu eins verarbeitet oder hier nicht „nachhilft“, um bspw. eine eigene Wunschtendenz zu provozieren. Dieser Umstand kann als Schwachstelle der vorliegenden Untersuchung interpretiert werden, zumal im Rahmen dieser Masterarbeit ein Bearbeiter allein die vollständige Befragung

<sup>38</sup> Michael Häder, Delphi-Befragungen – Ein Arbeitsbuch, 3. Auflage

durchführt und kein Monitoring-Team, was ein Mehraugenprinzip sicherstellen würde. Aus diesem Grund wird an dieser Stelle ausdrücklich erwähnt, dass die Auswertung nach bestem Wissen und Gewissen, sowie mit einem hohen Grad an Sorgfalt erfolgt und der Verfasser der vorliegenden Masterarbeit keine persönlichen Präferenzen zum Ausgang der Befragung hat.

Im Rahmen der ersten Befragungsrunde werden, wie bereits in vorherigen Kapiteln dargelegt, geschlossene und offene Fragen | Thesen gestellt. Den größten Anteil nehmen jedoch die geschlossenen Fragen ein, die in Form einer Likertskala auch gut auszuwerten und vergleichbar zu machen sind. Die anschaulichste Form, eine Rückmeldung, also ein Feedback zu geben, ist die graphische Form.<sup>38</sup> Dieser Hinweis Häderers wirkt unterstützend für die ohnehin durch den Befragungsdurchführenden der vorliegenden Umfrage angedachte Darstellungsform der Auswertung. Diagramme zeigen sofort und leicht verständlich Ergebnisse und können aus der Likertskala vergleichsweise leicht abgeleitet werden. Problematischer wird es bei offenen Fragen. Die abgegebenen Einzeltexte oder Statements können nicht eins zu eins zusammengeschrieben und an die Expert:innen als „Auswertung“ übergeben werden. Aus diesem Grund wird auf die direkte Spiegelung individueller Antworten an die Expert:innen verzichtet. Gleichzeitig wird jedoch versucht, aus sich ähnelnden oder wiederkehrenden Antworten auf offene Fragen, inhaltlich vergleichbare Antworten abzuleiten, wo die Expert:innen bspw. Probleme beim befragten Sachverhalt sehen oder welche tendenzielle Meinung sie abgeben. Hieraus wird sodann für die zweite Befragungsrunde eine neue, geschlossene Frage formuliert und versucht abzufragen, wie die Expert:innen diese dann beantworten, da sich somit unter Umständen eine Mehrheit darin wiederfindet. Insofern stellt die Auswertung der ersten Befragungsrunde auch eine Art Lerneffekt für den Verfasser der vorliegenden Untersuchung dar. Es bietet sich die Chance, den Fragebogen für die zweite Befragungsrunde zu optimieren und das Design handwerklich zu verbessern.

Da es sich um eine internationale Befragung handelt, gilt es allen Expert:innen zusammen die Ergebnisse aller Befragten zu übermitteln und gleichzeitig das Antwortverhalten getrennt nach Deutschland | Österreich | Schweiz | Tschechien auf der einen und nach Schweden auf der anderen Seite separat abzubilden. Da die Befragung an die Expert:innen in Österreich, der Schweiz und Tschechien in Deutsch ausgereicht wird, werden diese Antworten mit denen aus Deutschland zusammengefasst, was in der grafischen Darstellung kenntlich gemacht wird. Dies erfolgt mittels Verwendung der Länderkürzel „D“ für Deutschland, „A“ für Österreich, „CZ“ für Tschechien, „CH“ für Schweiz sowie „SE“ für Schweden. Bei den Teilnehmenden aus der Schweiz und Tschechien handelt es sich um Vertreter:innen von Schienenfahrzeugherstellern, die international und auch in Deutschland mit der Lieferung von Schienenbahnen nach BOStrab befasst sind

und insofern guten Gewissens mit den deutschen Antworten zusammengeführt werden dürfen.

Es wird an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass das Feedback an die Expert:innen aus der ersten Befragungsrunde unkommentiert in Tabellenform übergeben wird. Die nun folgende Auswertung und Kommentierung erfolgt im Zuge des Abschlusses der gesamten Befragung innerhalb dieses Schrifttums.

Zunächst wird im Weiteren auf die teilnehmenden Expert:innen selbst, sprich auf personen- und organisationsbezogene Ergebnisse eingegangen. Dies erfolgt mithilfe der Auswertung des Themenblocks 8 „Abschließende Fragen zu Ihrem beruflichen Background, Ihrer Expertise und Ihrer Herkunft“, in dem Fragen zur Person und zur Organisation gestellt werden.

## Frage 1: Aus welchem Land, bzw. Sprachraum nehmen Sie teil?

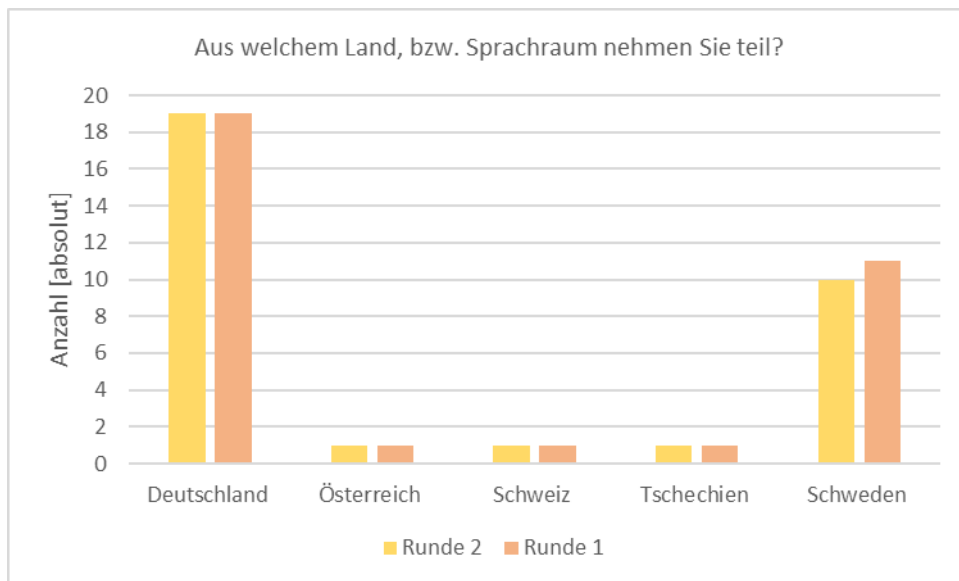
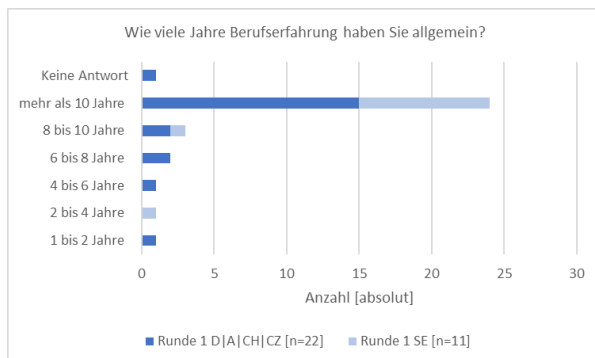


Abbildung 20 - Herkunft der Expert:innen

Zwar wurde bereits ausführlich auf die Herkunft der teilnehmenden Expert:innen und auf den internationalen Hintergrund derer eingegangen, doch der Vollständigkeit halber wird an dieser Stelle das grafische Antwortverhalten abgebildet, was die gemachten Angaben noch einmal bestätigt.

Da die Antworten grafisch aus beiden Runden in einem Diagramm zusammengefasst sind, ist hier bereits auch das Ergebnis aus Runde 2 abgebildet.

## Frage 2: Wie ist Ihre Berufserfahrung?



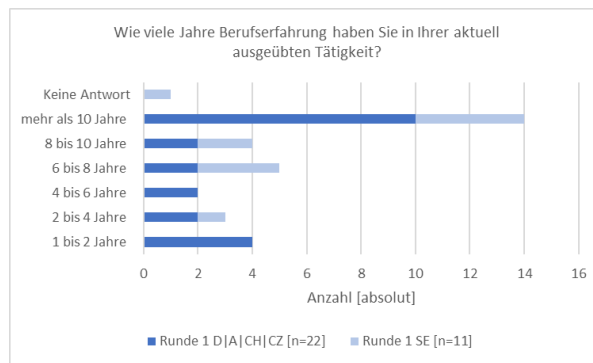


Abbildung 21 – Ergebnisauswertung Berufserfahrung Runde 1

Es zeigt sich, dass die meisten Expert:innen über mehr als zehn Jahre, gefolgt von mehreren Jahren, Berufserfahrung verfügen. Dies wird als begünstigend für die vorliegende Umfrage bewertet.

#### Frage 4: Wie lautet Ihre genaue Berufsbezeichnung?

Bei den Berufsbezeichnungen stellt sich eine adäquate Bandbreite dar, die bestätigt, dass die Expert:innen in der Tat als solche bezeichnet werden dürfen und bei allen mindestens ein intellektueller Zugang zur Thematik, wenn nicht sogar eine direkte Fachexpertise, unterstellt werden darf und die Umfrage an die richtigen Teilnehmenden adressiert ist. Für das Feedback ist dies ein wichtiger Aspekt, da den Expert:innen somit nachgewiesen werden kann, dass sie sich tatsächlich „unter ihres Gleichen“ befinden und mit anderen Expert:innen de facto auf Augenhöhe agieren und sie ihre Zeit für die Teilnahme an der Befragung durchaus sinnstiftend einsetzen.

| Wie lautet Ihre genaue Berufsbezeichnung? |   |
|---|---|
| Runde 1                                   |   |
| D A CH CZ [n=22]                          | SE [n=11]                                       |
| Mitarbeiter Kommunikation                 | Projektmanager Strategische Entwicklung         |
| Übersetzer - Dolmetscher                  | Technischer Entwickler automatisierte Fahrzeuge |
| Dipl.-Geogr. / Referent                   | Entwicklungschef Mobilität                      |
| Wissenschaftliche Mitarbeiterin           | Büroleiter                                      |
| Head of New Mobility                      | Verkehrsingenieur                               |
| Professorin                               | Universitätslektor                              |
| Projektingenieur für autonomes Fahren     | Leitender Forscher                              |
| Verkehrsplaner                            | Projektmanager Strategische Entwicklung         |
| Dipl. Ing. Raum- und Umweltplanung        | Verkehrsplaner                                  |
| Geschäftsführer und Strategieleiter       |   |
| Mobilitätsexpertin                        |   |
| Fachbereichsleiter Autonomes Fahren       |   |
| Gruppenleiterin                           |   |
| Verkehrswissenschaftlerin                 |   |
| Referent für ÖPNV-Infrastrukturplanung    |   |
| Beamter                                   |   |
| Business Development Manager              |   |
| Wissenschaftlicher Mitarbeiter            |   |
| Gewerkschaftssekretär                     |   |

Tabelle 16 - Berufsbezeichnungen der Expert:innen (D|A|CH|CZ & SE) Runde 1

Die Tatsache, dass in der Tabelle nicht 33 unterschiedliche Berufsbezeichnungen ausgegeben sind liegt daran, dass es Dopplungen gibt und einige wenige Teilnehmende keine Angaben gemacht haben.

**Frage 5: Spielen in Ihrer Organisation, in der Sie beruflich tätig sind, autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge bereits jetzt eine Rolle, bzw. haben diese eine Bedeutung?**

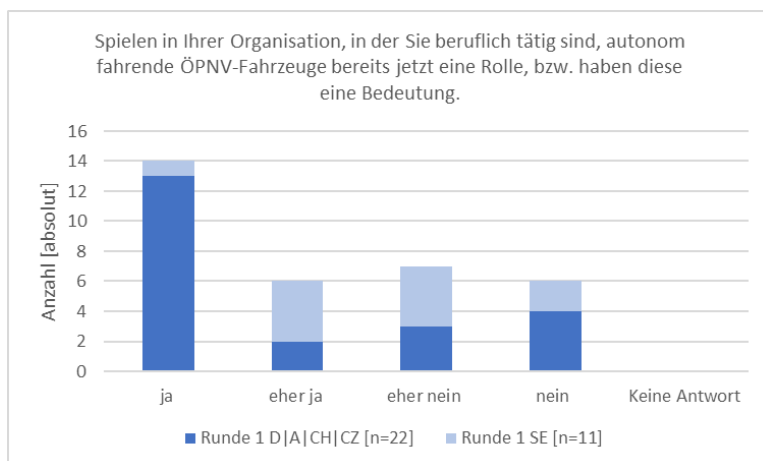


Tabelle 17 – Ergebnisauswertung Information zu den Organisationen (1) Runde 1

Eine deutliche Mehrheit der Teilnehmenden ist in Organisationen tätig, die mit autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen Berührungspunkte haben, sprich das Thema eine Rolle spielt. Diese Frage wird in der zweiten Runde überarbeitet und zielgerichteter noch einmal gestellt.

### Frage 6: Werden in Ihrer Organisation, in der Sie beruflich tätig sind, in Zukunft autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge eine Rolle spielen, bzw. werden diese eine Bedeutung haben?

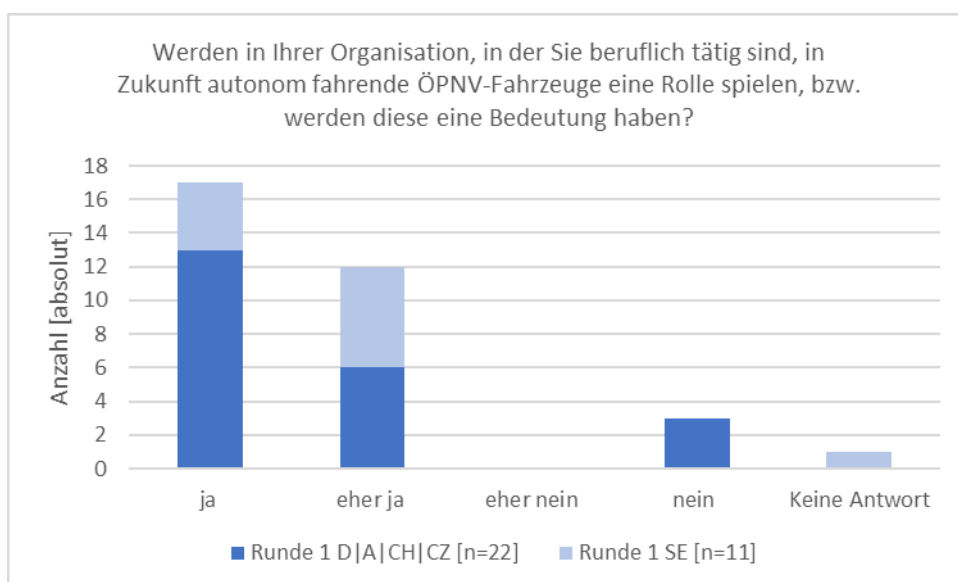


Tabelle 18 – Ergebnisauswertung Information zu den Organisationen (2) Runde 1

Während bei der vorangegangenen Frage doch einige mit „eher nein“ oder gar „nein“ geantwortet haben, geht der deutlich überwiegende Teil der Expert:innen davon aus, dass autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge in ihren Organisationen eine Rolle spielen werden. Dem Thema wird offenbar dem Grunde nach einer größeren Bedeutung in der Zukunft beigemessen.

## Frage 7: Welchem der folgenden Gebiete ist Ihre Organisation zuzuordnen?

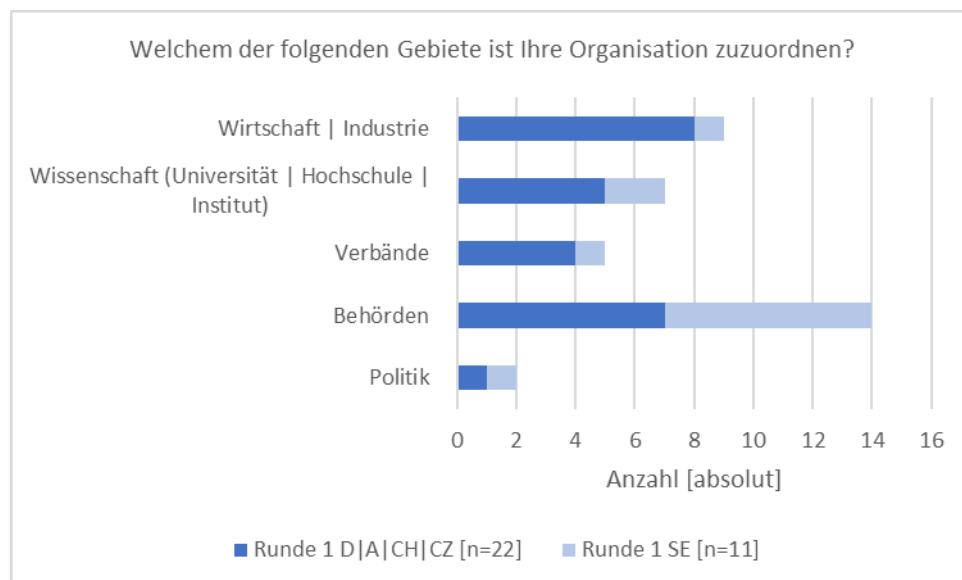


Tabelle 19 – Ergebnisauswertung Zuordnung der Organisationen Runde 1

In Deutschland | Österreich | Schweiz | Tschechien verbucht der Bereich Wirtschaft | Industrie knapp die meisten Teilnehmenden im Vergleich zu allen übrigen Bereichen, gefolgt von Behörden und Wissenschaft. In Schweden stammen die meisten Teilnehmenden klar aus dem Bereich Behörden, aber auch alle übrigen Bereiche sind von schwedischen Teilnehmenden geprägt. In der Gesamtbetrachtung liegt eine gut verteilte Teilnahme bezogen auf die Bereiche vor, wobei Behörden insgesamt den größeren Anteil ausmachen und nur einzelne der Politik zuzuordnen sind.

## Frage 8: Mit welchen der folgenden Bereiche haben Sie ständig oder teilweise Berührungspunkte?

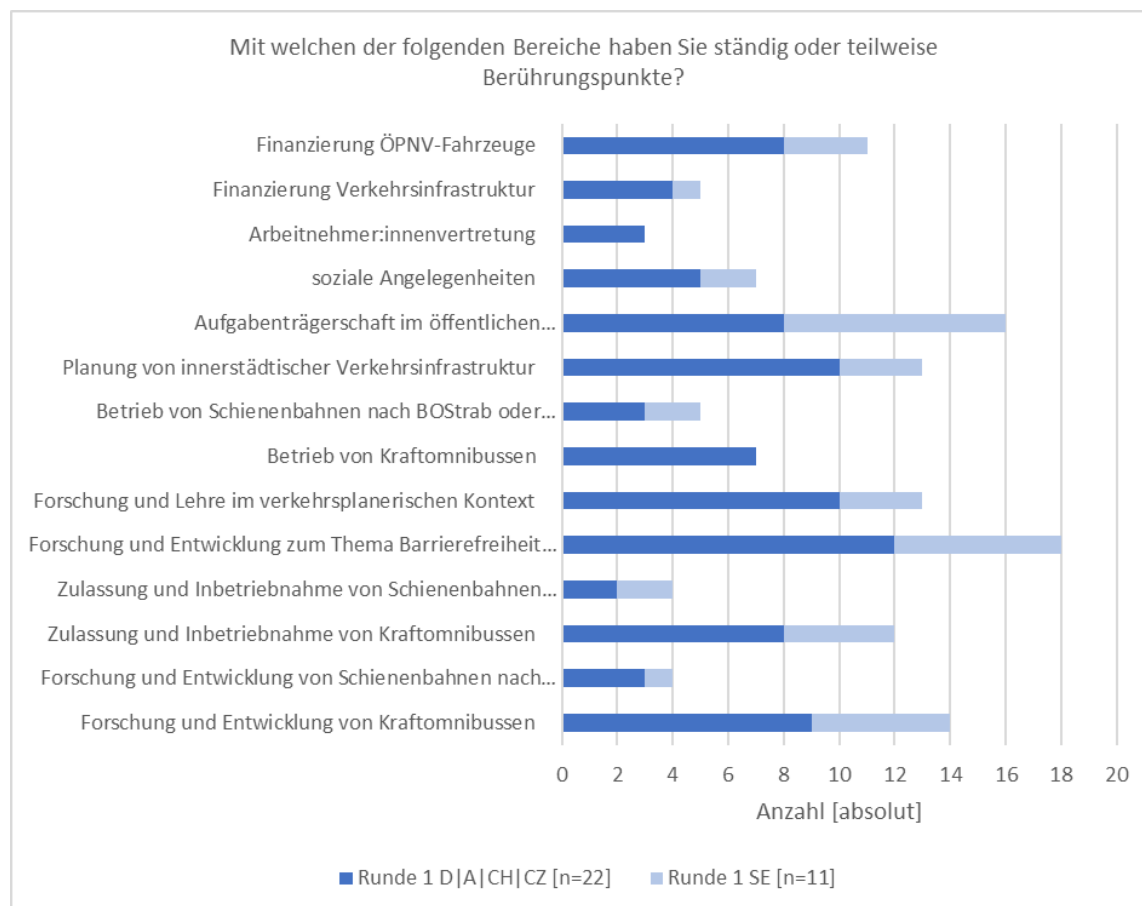


Tabelle 20 – Ergebnisauswertung zu beruflichen Berührungspunkten der Expert:innen Runde 1

Es zeigt sich, dass die beruflichen Berührungspunkte der Expert:innen gut auf die nachgefragten Fachgebiete verteilt sind. Dies trifft für die beide Sprachräume zu. Hier waren selbstredend Mehrfachnennungen möglich und es zeigt sich einerseits, dass die Fachgebiete in der Fragestellung offenbar praxistauglich gewählt, bzw. formuliert sind. Andererseits kann der Auswertung entnommen werden, dass die Teilnehmenden in der Tat auch fachlich geeignet sind, an der Umfrage teilzunehmen.

Alle Diagramme können in den Anhängen A-3 noch einmal eingesehen werden. Im Weiteren werden die insgesamt sieben Fachthemenblöcke mit den darin enthaltenen Fragen tabellarisch aufgeführt und jeweils dazu kurz gefasst das Antwortverhalten abgebildet und knapp kommentiert. Die zur Auswertung der ersten Befragungsrunde gehörenden Diagramme sind den Anhängen A-3 zu entnehmen. Zur Einsicht in die dazugehörigen Screenshots der Fragenblöcke in LimeSurvey wird auf Anhang A-1 verwiesen.

## Themenblock 1 „Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen“:

| Frage   These  | Auswertung Antworten  |
|--|---|
| Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sind eine unverzichtbare Voraussetzung für die Verkehrswende.   | Die Antworten verteilen sich relativ gleichmäßig auf Zustimmung und Verneinung, wobei eine leichte Tendenz zur Zustimmung ergeht. Die Sichtweise auf die These scheint zu schwanken.  |
| Autonom fahrende Fahrzeuge im ÖPNV, ganz gleich ob Straßenbahnen oder Busse, werden bis zum Jahr 2035 eine Selbstverständlichkeit sein.  | Eine deutliche Mehrheit stimmt dem eher zu, wobei ein Drittel dies verneint. Es wird kaum eindeutig mit „ja“ oder „nein“ geantwortet. Bei der Formulierung „Selbstverständlichkeit“ scheint eine gewisse Unsicherheit zu bestehen.  |
| Autonom fahrende Busse werden lediglich im peripheren Bereich, sprich auf Randlinien mit tendenziell weniger Fahrgastaufkommen eingesetzt werden.  | Die Antworten verteilen sich relativ gleichmäßig auf Zustimmung und Verneinung, mit leichter Tendenz zur Verneinung. Welche Aufgaben die autonom fahrenden Busse einmal generell übernehmen, scheint noch nicht ganz klar zu sein.  |
| Autonom fahrende Busse werden ebenso als Gelenkbusse auf fahrgaststarken Linien mit dichten Takten verkehren.  | Die Antworten verteilen sich relativ gleichmäßig auf Zustimmung und Verneinung, mit leichter Tendenz zur Verneinung. Dennoch sieht eine knappe Hälfte der Befragten tendenziell autonome Busse richtig im ÖPNV bedeutsam verankert. Es kann ein gewisser Widerspruch zur vorangegangenen Frage gesehen werden, weshalb ein Trend nicht ableitbar ist. |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden ausschließlich auf Linien mit besonderem oder unabhängigem Bahnkörper verkehren.   | Eine deutliche Mehrheit sieht autonom fahrende Straßenbahnen eher auf besonderem   unabhängigem Bahnkörper.   |
| Autonom Fahrende Straßenbahnen werden auf allen Bahnkörperarten, also auch auf straßenbündigem Bahnkörper verkehren.   | Die Frage ist inhaltlich an vorangegangene Frage gekoppelt und daher scheint es nachvollziehbar, dass tendenziell mehr Verneinung vorliegt. Auf dem straßenbündigen Bahnkörper werden vermutlich größere Herausforderungen gesehen.   |
| Damit Straßenbahnen künftig auf ihrem Fahrweg in Sondersituationen und Störungen auf Ihrem Fahrweg genauso flexibel sind wie heutige Straßenbahnen mit Fahrer:innen, wird bei autonom fahrenden Straßenbahnen ständig ein Personal an Bord sein müssen, um in solchen Situationen handeln zu können. | Die Mehrheit verneint die These, es wird folglich davon ausgegangen, dass Expert:innen autonom fahrenden Straßenbahnen eine eher hohe Selbstständigkeit   Flexibilität zuordnen. Wenn auch weniger, sehen dennoch auch  |

|  |   |
|--|---|
|  | viele Expert:innen das anders, bzw. kritischer. |
|--|---|

Tabelle 21 - Auswertung Themenblock 1 Runde 1

## Themenblock 2 „Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen“:

| Frage   These  | Auswertung Antworten  |
|--|---|
| Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Straßenbahnen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich. | Die meisten Expert:innen stimmen der Aussage zu, dass die Entwicklungen am Anfang stehen. Erste Fahrten mit Begleitpersonal, aber ohne Fahrgäste werden bald gesehen. Dass es kaum verwendbare Forschungsergebnisse gibt oder dass Fahrten ohne Begleitpersonal und mit Fahrgästen bald bevorstehen, sehen nur einzelne Teilnehmende so. Es wird also ein Entwicklungsfortschritt, wenn auch verhalten, gesehen.          |
| Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Bussen. Beziehen Sie sich bitte gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung. Mehrfachnennungen möglich         | Bei Bussen geben viele Expert:innen an, dass die Entwicklungen weit vorangeschritten sind. Dass erste Fahrten ohne Begleitpersonal und mit Fahrgästen kurz bevorstehen, meinen immerhin 9 Teilnehmende. Es lässt sich ableiten, dass der Entwicklungsfortschritt bei Bussen merklich vorangeschrittener gesehen wird, als bei Straßenbahnen. Es gibt nach Aussage der Expert:innen bereits Nutzen bringende Erkenntnisse. |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden zeitiger verfügbar sein als Busse.   | Eine deutliche Mehrheit verneint diese Aussage.   |
| Autonom fahrende Busse werden zeitiger verfügbar sein als Straßenbahnen.   | Im Umkehrschluss folgt das Antwortverhalten der Logik und die meisten Expert:innen stimmen dieser These zu.   |
| Findet bereits auf internationaler und auf europäischer Ebene ein gut vernetzter Erfahrungs- und Forschungsaustausch zu autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen statt?   | Die meisten Stimmen der These zu. Doch rund ein Drittel verneint sie. Möglich, dass Forschende und direkte Fachexpert:innen hier direkte Erfahrungen spiegeln.  |
| Die Forschung an autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen ist von großer Bedeutung.  | Die absolute Mehrheit stimmt dem zu. Das Thema hat folglich klare Zukunftsperspektive und genießt eine hohe Bedeutung, wurde doch nach „großer“ Bedeutung gefragt.  |
| Die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen, bspw. der Umgang mit falsch oder nicht automatisch gestellten Weichen, wird  | Eher zustimmend verhält sich rund die Hälfte der Expert:innen. Weniger Teilnehmende verneinen die These, es gibt jedoch einige Enthaltungen. Das  |

|   |   |
|---|---|
| bis 2035 vollständig berücksichtigt und gelöst werden.  | spezifische Problem scheint noch viel Ungewisses in sich zu tragen.   |
| Sind die Besonderheiten beim Fahrweg von Straßenbahnen für autonom fahrende Straßenbahnen bereits ausreichend analysiert?   | Dies Frage verneinen viele Expert:innen, bis auf einige wenige. Es liegt ein hoher Anteil an Enthaltung vor. Offenbar gibt es noch einigen Forschungs-  Analysebedarf.  |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Busse werden spürbar höher sein als heutiger Elektrobusse.   | Eine deutliche Mehrheit geht von höheren Fahrzeugkosten aus, als bei heutigen Elektrobussen. So wird offensichtlich mit hohen Fahrzeugkosten gerechnet.   |
| Die Anschaffungskosten autonom fahrender Straßenbahnen werden vermutlich höher sein als heutige vergleichbare Fahrzeuge. (vergleichbar in Bezug auf Länge, Spurweite, elektrische Leistung u.ä.)  | Bei Straßenbahnen fallen die Antworten sehr ähnlich wie bei den Bussen aus. Hier enthalten sich einige Expert:innen gar. Fahrzeugpreiserwartungen werden auch hier als hoch, bzw. vermutlich als noch kaum greifbar beurteilt (mehr Enthaltungen als bei Bussen). |
| Für autonom fahrende Straßenbahnen wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  | Dieser These stimmt eine Mehrheit zu. Folglich wird damit gerechnet, dass auch an der Infrastruktur technische Anpassungen erforderlich werden, nicht nur an den Fahrzeugen.  |
| Für autonom fahrende Busse wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden  | Auch bei Bussen rechnet eine Mehrheit mit höheren Infrastrukturkosten. Die Frage lässt jedoch keinen Rückschluss zu, ob die Expert:innen mehr an die Strecke oder die Betriebshöfe denken.  |
| Einsatzfahrzeuge wie Rettungswagen, Polizei und Feuerwehr werden künftig von autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen vergleichbar erkannt wie heutige mit Fahrer:innen besetzte Fahrzeuge. Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden in solchen Situationen vergleichbar "handeln" können wie heutige Fahrzeuge mit Fahrer:innen.*<br><br>*)Im Diagramm im Anhang wird wegen der geringen Abweichung zu Runde 2 die Formulierung aus Runde 2 auch für Runde 1 dargestellt. Die konkrete Formulierung in Runde 1 in LimeSurvey entspricht jedoch dieser Tabelle. | Eine Mehrheit stimmt der Aussage eher zu. Vermutlich setzen die Expert:innen beim Einsatz der Fahrzeuge dies nachvollziehbarerweise voraus. Andernfalls wäre der Einsatz der autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeuge nicht möglich.                                      |

Tabelle 22 - Auswertung Themenblock 2 Runde 1

### Themenblock 3 „Rechtliche Rahmenbedingungen“:

| Frage   These   | Auswertung Antworten  |
|---|---|
| Rechtliche Fragen, insbesondere in Bezug auf Haftung bei Vorkommnissen und Unfällen sind bereits erschöpfend aufgestellt. | Eine klare Mehrheit verneint die These. Es wird folglich noch viel Klärungsbedarf nicht nur bei der Beantwortung rechtlicher Fragen, sondern auch bei der Aufstellung dieser gesehen. |

|  |   |
|--|---|
| Die Zeit bis 2035 wird unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ausreichen, um rechtliche Fragen vollumfänglich zu klären.  | Eine Mehrheit ist der Meinung, dass die Zeit ausreichen wird. Doch die Anzahl der verneinenden Expert:innen liegt dich dahinter, sodass kein eindeutiger Trend ableitbar ist. |
| Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden sich in den derzeitigen verkehrsrechtlichen Rahmen einordnen.   | Es liegt eine ausgewogene Verteilung von „ja“ bis „nein“, mit leichter Tendenz zu „ja“ vor. Die Expert:innen sind sich eher uneins.   |
| Unfallsituationen zwischen autonom fahrenden Straßenbahnen bzw. Bussen und anderen Verkehrsteilnehmenden werden organisiert werden können und sind kein Hinderungsgrund für deren Einsatz. | Die Mehrheit der Teilnehmenden stimmt der These eher zu, wobei es auch 1/3 Verneinungen gibt.   |
| Für den Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge werden umfangreiche Anpassungen im Verkehrs- und Haftungsrecht notwendig werden.  | Eine klare Mehrheit stimmt dem eher, oder gar direkt mit ja zu. Es wird offenbar viel Handlungsbedarf gesehen.  |

Tabelle 23 - Auswertung Themenblock 3 Runde 1

## Themenblock 4 „Phase eines etwaigen Übergangs von kommerziell gefahrenen auf autonom fahrende Straßenbahnen“:

| Frage   These   | Auswertung Antworten  |
|---|---|
| Autonom fahrende Straßenbahnen können im Zeitraum einer Übergangsphase im Mischbetrieb mit Fahrer:innen geführten Straßenbahnen betrieben werden.   | Nahezu alle Expert:innen gehen davon aus, das dies möglich sein wird. Für die Einführung autonom fahrender Straßenbahnen werden diese in einer (vermutlich längeren) Test-   Übergangsphase gemeinsam mit Fahrer:innen geführten Bahnen verkehren.  |
| Für den Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen werden vermutlich umfangreiche zusätzliche technische Ausrüstungen an der Infrastruktur (Gleisanlagen, Signale, Haltestellen, etc.) notwendig werden. | Dieser These stimmen die meisten Expert:innen eher oder gar definitiv zu. Es wird also neben technischen Änderungen an den Fahrzeugen selbst, auch mit wohlbemerkt „umfangreichen“ Anpassungen an der Strecke zu rechnen sein, um eine Kommunikation Fahrzeug – Infrastruktur zu ermöglichen. Dies ergänzt die Thesen und Antworten aus Themenblock 2, in dem es um den ähnlichen Sachverhalt ging. |
| Autonom fahrende Straßenbahnen müssen aus Sicherheitsgründen mit einem Stichtag eingeführt werden.  | Diese These schließt an Frage 1 dieses Themenblocks an und folglich stimmt eine deutliche Mehrheit dem nicht zu, bzw. enthalten sich viele Befragte.  |

Tabelle 24 - Auswertung Themenblock 4 Runde 1

## Themenblock 5 „Soziale Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV und auf die Gesellschaft“:

| Frage   These   | Auswertung Antworten   |
|---|--|
| Je realistischer und zeitlich absehbarer der flächendeckende Einsatz von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird, umso schwieriger wird es, ausreichend Fahrpersonal vorzuhalten.                | Eine deutliche Mehrheit stimmt der These zu. Die Expert:innen rechnen folglich eher damit, dass sich vermutlich mehr Menschen mit voranschreitender Zeit die Frage stellen, welche Zukunft sie in diesem Beruf noch haben. Die These zielte explizit auf Fahrpersonal ab.        |
| Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse haben ein großes soziales "Sprengkraftpotenzial", da sehr viele Arbeitsplätze im Fahrdienst entfallen.   | Der überwiegende Teil der Befragten sieht das nicht so, wobei knapp ein Drittel dem dennoch eher zustimmt.   |
| Mit einer flächendeckenden Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen werden im ÖPNV viele Arbeitsplätze verloren gehen.  | Eine überwiegende Mehrheit der Expert:innen stimmt der These eher nicht, oder gar nicht zu. In Verbindung mit der ersten Frage gehen die Expert:innen vermutlich davon aus, dass wegfallende Arbeitsplätze als Fahrer:in durch andere, ggf. neue Tätigkeiten kompensiert werden. |
| Mit zunehmender öffentlicher Bekanntheit von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird die Kritik daran, bzw. der "Gegenwind" durch die Gesellschaft größer.                                       | Auch dieser These stimmt eine klare Mehrheit nicht zu. Die meisten Befragten sehen hier wohl eher keine größeren Risiken hinsichtlich einer etwaigen gesellschaftlichen Debatte, bzw. Wirkung.   |
| Sind soziale Fragen und Auswirkungen in Bezug auf die Beschäftigten heute bereits ausreichend analysiert?   | Diese Frage wird deutlich überwiegend verneint. Das bedeutet, dass es noch Forschungs- und Diskussionsbedarf in Bezug auf die sozialen Auswirkungen des autonomen Fahrens (hier im ÖPNV) gibt.   |
| Die Anzahl entfallender Arbeitsplätze im Fahrdienst wird durch mehr Personalbedarf im Überwachungsbereich (bspw. Verkehrsleitstelle) ansatzweise kompensiert.                                   | Eine Mehrheit der Teilnehmenden stimmt dieser These eher, oder gar direkt zu. Das passt auch zum Antwortverhalten vorangegangener Fragen bezogen auf Arbeitsplatzverluste   -kompensation.   |
| Der Beruf Busfahrer:in und Straßenbahnfahrer:in wird bis zum Jahr 2035 keine Perspektive mehr haben.  | Fast alle Expert:innen verneinen diese These und gehen folglich davon aus, dass der Fahrer:innenberuf mindestens noch weitere 10 Jahre eine Perspektive haben wird, wenn nicht sogar darüber hinaus.   |
| Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden einen Beitrag zu mehr Verkehrssicherheit, insbesondere bei schwächeren Verkehrsteilnehmenden wie Kindern und mobilitätseingeschränkten Menschen leisten. | Mehr als die Hälfte der Expert:innen stimmt dem eher oder gar direkt zu. Vermutlich zielen die Expert:innen auf die Kompensation menschlichen Versagens ab. Wenn sich dies bewahrheitet, werden autonome (ÖPNV)-Fahrzeuge einen Beitrag zu mehr Lebensqualität im öffentlichen   |

|   |   |
|---|---|
|   | Raum leisten und zu allem weiteren, was mit weniger Unfallopfern in Zusammenhang steht. Das wäre ein großer Vorteil.  |
| Besteht aus Ihrer Sicht das Risiko, dass autonom fahrende Busse und Straßenbahnen bei einem Teil der Bevölkerung dauerhaft auf Ablehnung stoßen und diese für den Umstieg auf den ÖPNV oder für die fortwährende Nutzung des ÖPNV verloren gehen? | Eine große Mehrheit verneint diese These. Das ist auch wichtig, um nicht einen ungewollten Gegeneffekt zu erzielen.   |
| Autonom fahrende Straßenbahnen werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Busse.   | Hier variieren die Antworten stark, es kann kein wirkliches Mehrheitsverhältnis abgeleitet werden.  |
| Autonom fahrende Busse werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Straßenbahnen.   | Während diese These bei Straßenbahnen noch stark verteilt beantwortet wurde, stimmt dieser These niemand mit „ja“ zu, lediglich einige wenige mit „eher ja“. Eine Mehrheit verneint die Aussage, oder enthält sich. Insofern deutet es darauf hin, dass beiden Fahrzeugarten ein ähnliches Akzeptanzverhalten zu geschieden wird.   |
| Fahrer:innenlose ÖPNV-Fahrzeuge (autonom fahrende) werden insbesondere in den Nebenverkehrszeiten und bei Dunkelheit gepaart mit geringerer Besetzung der Fahrzeuge vor allem auf Frauen eine abschreckende Wirkung haben.                        | Rund zwei Drittel stimmen der These zu. Das ist als beachtlich einzustufen, denn es bildet sich hier ein nicht zu vernachlässigendes Problem beim künftigen Betrieb autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge heraus. Dem wird man zwar begegnen können, doch es müssen Lösungen entwickelt werden. Insbesondere vor dem Hintergrund der Gleichbehandlung, dem breiten Zugang zur umweltfreundlichen Verkehrsart ÖPNV und im Sinne der Verkehrswende ist das ein Aspekt, dem große Beachtung neben den technischen Entwicklungen gewidmet werden muss. |
| Durch den technischen Fortschritt autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge und die zunehmende Diskussion hierüber wird es immer schwerer werden, Nachwuchsfachkräfte für den Fahrdienst zu generieren.  | Hier kann den Antworten kein eindeutiger Trend entnommen werden. Zustimmung und Verneinung halten sich ansatzweise in Wage.   |
| In welchem Bereich bei den Verkehrsunternehmen sehen Sie einen erhöhten Personalbedarf durch die Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen?  | Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Die Antworten werden an dieser Stelle nicht kommuniziert   diskutiert. Sie dienen hingegen der Formulierung einer neuen geschlossenen Frage für Runde 2.  |

Tabelle 25 - Auswertung Themenblock 5 Runde 1

## Themenblock 6 „Perspektiven der Barrierefreiheit autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“:

| Frage   These  | Auswertung Antworten   |
|--|--|
| Bis zum Jahr 2035 werden insbesondere autonom fahrende Busse vollständig den Ansprüchen der Barrierefreiheit genügen. Das heißt, dass die technischen Möglichkeiten soweit ausgereift sein werden, dass bspw. Rollstuhlfahrende verlässlich und sicher befördert werden. | Eine Mehrheit stimmt dem zu, rund 1/3 verneint es.   |
| Werden autonom fahrende Busse die Barrierefreiheit verbessern?   | Hier streuen die Antworten, wobei eine knappe Mehrheit eher skeptisch zu sein scheint, dass autonom fahrende Busse die Barrierefreiheit verbessern werden.   |
| Wie bewerten Sie den aktuellen Entwicklungsstand zur Berücksichtigung einer vollständigen Barrierefreiheit bei autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen?  | Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Die Antworten werden an dieser Stelle nicht kommuniziert   diskutiert. Sie dienen hingegen der Formulierung einer neuen geschlossenen Frage für Runde 2. |
| Sehen Sie eine Personengruppe, für die autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge hinsichtlich der Barrierefreiheit vermutlich problematisch sein werden?   | Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Die Antworten werden an dieser Stelle nicht kommuniziert   diskutiert. Sie dienen hingegen der Formulierung einer neuen geschlossenen Frage für Runde 2. |

Tabelle 26 - Auswertung Themenblock 6 Runde 1

## Themenblock 7 „Allgemeine Fragen zum aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“:

| Frage   These  | Auswertung Antworten  |
|--|---|
| <p>Was wirkt derzeit aus Ihrer Sicht am hinderlichsten auf die Forschung und Entwicklung an autonom fahrenden Straßenbahnen bezüglich politischer Rahmenbedingungen.</p> | <p>Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Prägnante Stichworte* in den Antworten sind folgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hoher Aufwand für die Verkehrsbetriebe, ohne wirklichen Rechts- und Finanzrahmen</li> <li>- Haftungsfragen ungeklärt</li> <li>- ÖPNV hat keinen Raum für Finanzierung des Themas (keine Gewinnerzielung im ÖPNV, daher kaum finanzielle Ressourcen hierfür)</li> <li>- Fehlende Standardisierung bei Schienenfahrzeugen</li> </ul> <p>*) Auswahl</p>  |
| <p>Worin bestehen derzeit aus Ihrer Sicht die größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen?</p>  | <p>Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Prägnante Stichworte* in den Antworten sind folgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verhalten bei unvorhersehbaren Ereignissen auf dem Fahrweg (andere Verkehrsteilnehmende, etc.)</li> <li>- Weichensteuerung (falsch gestellte Weichen)</li> <li>- Interaktion mit Infrastruktur</li> <li>- Keine Probleme werden gesehen</li> <li>- Fehlende Technikstandards</li> </ul> <p>Aus einer Antwort war die völlige Ablehnung abzulesen bei gleichzeitiger Frage nach dem Sinn autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge.</p> <p>*) Auswahl</p> |
| <p>Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden abgestellt sein...</p>  | <p>Ungefähr die Hälfte der Expert:innen geht davon aus, dass diese Hinderungsgründe bis zum Jahr 2030 und 2035 abgestellt sind. Die andere Hälfte geht davon aus, dass es über 2035 hinaus erfolgt oder sie gibt keine Antwort.</p>   |
| <p>Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden gelöst sein...</p>  | <p>Das Antwortverhalten gleicht nahezu dem, der vorangegangenen Frage.</p>  |
| <p>Was wirkt derzeit aus Ihrer Sicht am hinderlichsten auf die Forschung und Entwicklung an autonom fahrenden Bussen bezüglich politischer Rahmenbedingungen?</p>        | <p>Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Prägnante Stichworte* in den Antworten sind folgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fehlende Finanzierung der Forschung (andere Antworten sagen genau das Gegenteil)</li> <li>- Fehlende Fahrzeuge</li> <li>- Ungeklärter Rechtsrahmen</li> </ul>   |

|   |  |
|---|--|
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perspektivlosigkeit der Politik</li> <li>- Keine deutschen Hersteller für Fahrzeuge und Sensorik und deren Verarbeitung</li> </ul> <p>*) Auswahl</p>  |
| Worin bestehen derzeit aus Ihrer Sicht die größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Bussen?             | <p>Hierbei handelt es sich um eine offene Frage. Prägnante Stichworte* in den Antworten sind folgende:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abstimmung mit derzeitigem gesamten Verkehrsleitsystem</li> <li>- Schnelle Reaktion auf unvorhersehbare Ereignisse</li> <li>- „kompletter Irrweg“</li> <li>- Umgang mit Witterungseinflüssen (Schnee, Regen, Nebel, ...)</li> <li>- Das Hand-in-Hand-Gehen der verschiedenen Systeme im Fahrzeug</li> <li>- Energieverbrauch</li> <li>- Erkennung von ungefährlicher Fremdeinwirkung in den Fahrweg</li> </ul> <p>Aus einer Antwort war die völlige Ablehnung abzulesen bei gleichzeitiger Frage nach dem Sinn autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge.</p> <p>*) Auswahl</p> |
| Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Bussen werden abgestellt sein... | <p>Rund zwei Drittel der Expert:innen geht davon aus, dass diese Hinderungsgründe bis zum Jahr 2030 und 2035 abgestellt sein werden. Scheinbar wird bei Bussen ein schnellerer Forschungs- und Entwicklungsfortschritt erwartet, als bei Straßenbahnen.</p>  |
| Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Bussen werden gelöst sein...                       | <p>Das Antwortverhalten gleicht nahezu dem, der vorangegangenen Frage.</p>   |

Tabelle 27 - Auswertung Themenblock 7 Runde 1

An dieser Stelle wird noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei der Auswertung von Befragungsrunde 1 um eine reine Kurz-Kommentierung der Antworten aus dieser ersten Runde handelt. Die finale Auswertung und damit das Ergebnis der Befragung bildet die Auswertung der zweiten Runde ab.

### 3.3.6 Zweite Befragungsrunde

In den folgenden Kapiteln wird die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der zweiten Befragungsrunde behandelt. Während die Auswertung der ersten Befragungsrunde ausschließlich dem Feedback an die Expert:innen dient, werden aus der zweiten Befragungsrunde die finalen Ergebnisse, also die endgültigen Expert:innenerwartungen für die Zukunftsvorausschau ermittelt.

### 3.3.7 Vorbereitung der zweiten Befragungsrunde

Mit einem Vorlauf von ein paar Tagen wird die Auswertung der ersten Befragungsrunde in Form der aufbereiteten Balkendiagramme (vgl. Anhang A-3) an die Expert:innen via E-Mail versandt. Hierzu werden beide Sprachversionen, Deutsch und Schwedisch, aufbereitet. Die Auswertung der geschlossenen Fragen wird absolut neutral, sprich unkommentiert versandt, um nur die „Sprache der Diagramme“ sprechen zu lassen und jegliche Einflussnahme durch den befragungsdurchführenden Verfasser der vorliegenden Masterarbeit auszuschließen. Die Teilnehmenden werden in der E-Mail darüber informiert, dass die Einladung zur zweiten und damit letzten Befragungsrunde in wenigen Tagen folgt.

Wie bereits in den Kapiteln zur ersten Befragungsrunde erwähnt, wird aus den Erfahrungen der ersten Befragungsrunde heraus das Design und die Ausgestaltung des Fragebogens für die zweite Befragungsrunde teilweise angepasst. Neben der Anpassung einzelner Fragen gehört hier auch eine Verdichtung von Formulierungen in den Hinweisen innerhalb der einzelnen Fragengruppen, bzw. Themenblöcke in LimeSurvey. Die Expert:innen sollen in der zweiten Befragungsrunde im Wesentlichen mit den gleichen Fragen konfrontiert werden, wie in der ersten Befragungsrunde. Es soll damit die Entwicklung, die etwaige Veränderung im Antwortverhalten bestmöglich abgeleitet werden. Doch insbesondere der herausfordernde Umgang mit offenen Fragen führt zu der Entscheidung, in einigen Themenblöcken noch mehr geschlossene, als offene Fragen zu entwickeln. Zum einen soll damit quasi „nachgefragt“ werden, ob die Antworten richtig verstanden wurden und zum anderen müssen somit alle Expert:innen sich zwischen den Antwortoptionen der nun geschlossenen Fragen entscheiden. Dies kann so dann im Anschluss besser ausgewertet werden. Dennoch bleiben für Nachfragen und etwaig gewünschte individuelle Statements auch offene Fragen erhalten. Der Fragebogen der zweiten Befragungsrunde ist den Screenshots in den Anhängen A-2 zu entnehmen.

Für die zweite Befragungsrunde werden wieder zwei inhaltlich gleiche, aber technisch voneinander unabhängige Befragungen in LimeSurvey auf Deutsch und Schwedisch eingerichtet.

### 3.3.8 Einladung der Expert:innen

Zur zweiten Befragungsrunde werden die Teilnehmenden erneut direkt aus LimeSurvey heraus eingeladen. Das technische Vorgehen ist identisch jenem aus der ersten Befragungsrunde.

*„Sehr geehrte ...,*

vielen Dank, dass Sie auch an der 2. Befragungsrunde im Rahmen einer Mini-Delphi zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden teilnehmen. Sie benötigen ungefähr 15 - 20 Minuten für die Umfrage.

Im Vorfeld haben Sie die Auswertung der geschlossenen Fragen aus der ersten Befragungsrunde separat per E-Mail erhalten. Sollte das nicht erfolgt sein, geben Sie mir bitte via E-Mail an [tobias.tannenhauer@web.de](mailto:tobias.tannenhauer@web.de) Bescheid. Sie kennen damit das Antwortverhalten aller Teilnehmenden (aus Deutschland, Schweden, Österreich, Schweiz und Tschechien) aus der ersten Runde.

Auch in der zweiten Befragungsrunde geht es nicht um „richtig“ oder „falsch“, sondern vielmehr um die Expert:innenmeinung im Rahmen der Zukunftsforschung in Bezug auf die Thematik, nunmehr mit dem Wissen des Antwortverhaltens der anderen Teilnehmenden. Die Fragen sind weitestgehend identisch mit denen aus der ersten Runde, vereinzelt wurden Fragen in Folge der Auswertung aus der ersten Runde angepasst, bzw. innerhalb einer Fragengruppe (Themenblock) erweitert.

Die Ergebnisse und ein entsprechendes Fazit erhalten Sie nach Abschluss der Masterarbeit voraussichtlich im Oktober 2024 via E-Mail. Wünschen Sie keine Informationen, so teilen Sie mir dies gern via E-Mail ([tobias.tannenhauer@web.de](mailto:tobias.tannenhauer@web.de)) mit.

Die Umfrage ist anonym, das bedeutet, dass Ihre Antworten nicht mit Ihrer Person in Verbindung gebracht werden und Ihr Name selbstverständlich nicht in der Masterarbeit erscheinen wird. Lediglich die Organisationen der Teilnehmenden werden benannt.

Ich bitte Sie um Teilnahme an der zweiten Befragungsrunde bis zum 24.05.2024.

Der Titel der Umfrage ist

"{SURVEYNAME}"

"{SURVEYDESCRIPTION}"

Um an dieser Umfrage teilzunehmen, klicke bitte auf den unten stehenden Link.

Freundlichen Grüße

{Tobias Tannenhauer} ({[tobias.tannenhauer@web.de](mailto:tobias.tannenhauer@web.de)})

-----  
Klicke hier um die Umfrage zu starten:

{SURVEYURL}

Wenn Sie an diese Umfrage nicht teilnehmen und keine weiteren Erinnerungen erhalten möchten, klicken Sie bitte auf den folgenden Link:

{OPTOUTURL}

Wenn Sie gesperrt sind, jedoch wieder teilnehmen und weitere Einladungen erhalten möchten, klicken Sie bitte auf den folgenden Link:

{OPTINURL}"

### 3.3.9 Durchführung der zweiten Befragungsrunde

Der wesentliche Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Befragungsrunde sind die Tatsache, dass die Expert:innen ein Feedback zu den geschlossenen Matrixfragen aus Runde 1 in Form der Diagramme vorliegen haben und damit das anonyme Antwortverhalten aller Expert:innen kennen, sowie der in Teilen angepasste Fragebogen aus der ersten, für die zweite Befragungsrunde. Ansonsten ist die Durchführung der zweiten Befragungsrunde identisch der in Kapitel 3.3.1.3 behandelten ersten Runde. Im Sinne der Vermeidung von Wiederholungen wird daher an dieser Stelle auf erneute Ausführungen zum technischen und organisatorischen Vorgehen bewusst verzichtet.

Den Expert:innen wird für die Bearbeitung der zweiten Befragungsrunde eine Frist von zwei Wochen gesetzt. Auch diesmal ist die Geschwindigkeit des Abschließens der Teilnahme durch die einzelnen Expert:innen sehr unterschiedlich. Es bedeutet abermals einen nicht unerheblichen Betreuungsaufwand, um zeitliche „Nachzügler“ zur vollständigen Teilnahme zu bewegen. Die Herausforderung besteht wieder im Finden der Gradwanderung zwischen dem „Nerven“ der Teilnehmenden und dem konsequenten Nachhalten im Sinne des festgelegten Zeitmanagements zur Bearbeitung. Einerseits warten die Expert:innen vermutlich nicht darauf, an der Befragung teilzunehmen und andererseits befindet sich der Verfasser der vorliegenden Arbeit nicht in einer solchen „Komfortsituation“, dass er zu defensiv mit dem Nachhalten zur Teilnahme umgehen könnte. Hinzukommt, dass an der Mini-Delphi nicht mehrere hundert Expert:innen teilnehmen, sondern insgesamt die 33 aus der ersten Runde. Ein größerer Teilnahmeschwund würde am Ende den Wert der Ergebnisse schmälern und damit den Nutzen dieser Untersuchung minimieren.

Schlussendlich gelingt es, dass von den 33 Teilnehmenden aus der ersten Befragungsrunde 32 Expert:innen auch die zweite Befragungsrunde vollständig abschließen und damit teilnehmen, was einer Teilnahmequote von 97% bezogen auf die erste Befragungsrunde bedeutet.

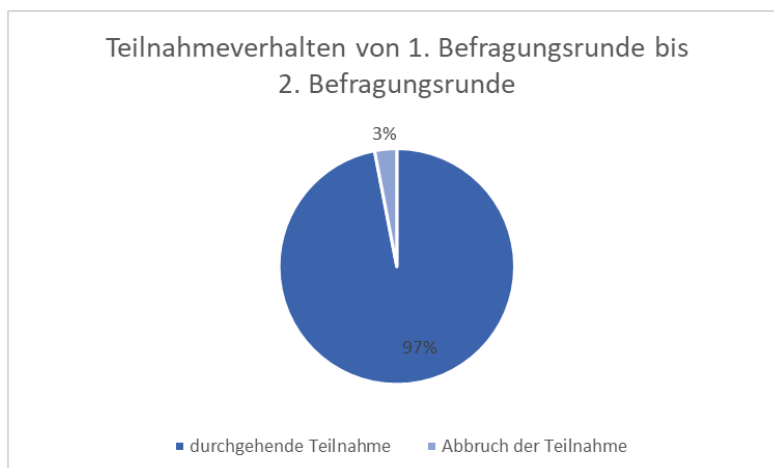


Abbildung 22 - Teilnahmeverhalten Runde 1 zu Runde 2

### 3.3.10 Auswertung der zweiten Befragungsrunde

Da bis auf ein:e Expert:in alle Teilnehmenden auch an der zweiten Befragungsrunde teilnehmen, wird im Zuge der Auswertung von Befragungsrunde 2 auf detaillierte Ausführungen zu den Expert:innen und deren Organisation verzichtet. Dennoch wird auch Themenblock 8 erneut ausgewertet und die Ergebnisse können, wie die Diagramme aller übrigen sieben Themenblöcke ebenso, in den Anhängen A-4 nachvollzogen werden.

## Themenblock 1 „Künftige Einsatzfelder autonom fahrender Busse und Straßenbahnen“:

Die Fragen | Thesen des Themenblocks werden in Befragungsrunde 2 nicht verändert.

*These: Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sind eine unverzichtbare Voraussetzung für die Verkehrswende.*

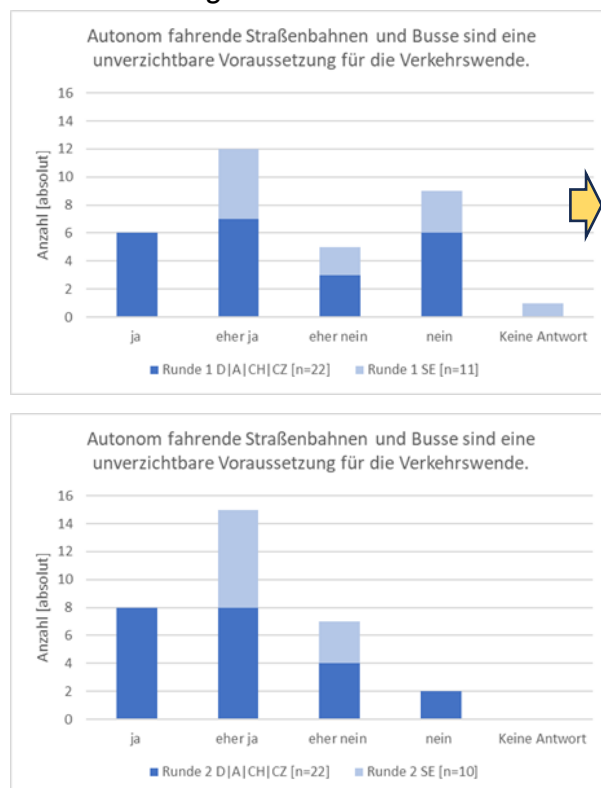


Abbildung 23 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (1|7)

Während in Runde 1 die Antworten einer größeren Verteilung unterliegen, stellt sich in Runde 2 ein erkennbarer Trend ein und eine deutliche Mehrheit der Expert:innen sieht autonom fahrende Busse und Straßenbahnen als Voraussetzung zur Verkehrswende. Dies gilt für den Sprachraum Deutschland und Schweden. Im Vergleich zu Runde 1 stimmen nun mehr Schwed:innen zu, als jene die es verneinen.

These: Autonom fahrende Fahrzeuge im ÖPNV, ganz gleich ob Straßenbahnen oder Busse, werden bis zum Jahr 2035 eine Selbstverständlichkeit sein.

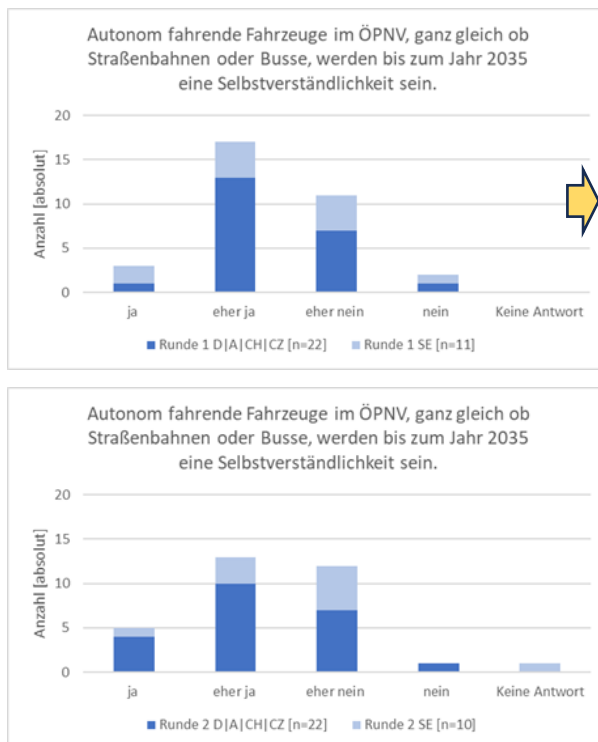


Abbildung 24 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (2|7)

Es ist eine leichte Verschiebung innerhalb der Zustimmung erkennbar. Eine wesentliche Änderung ist nicht zu verzeichnen. Schlussendlich stimmt dem zwar eine knappe Mehrheit zu, doch eine eindeutige Vorausschau ist nicht ableitbar. Die Antworten fallen in Deutschland und Schweden vergleichsweise gleich verteilt aus.

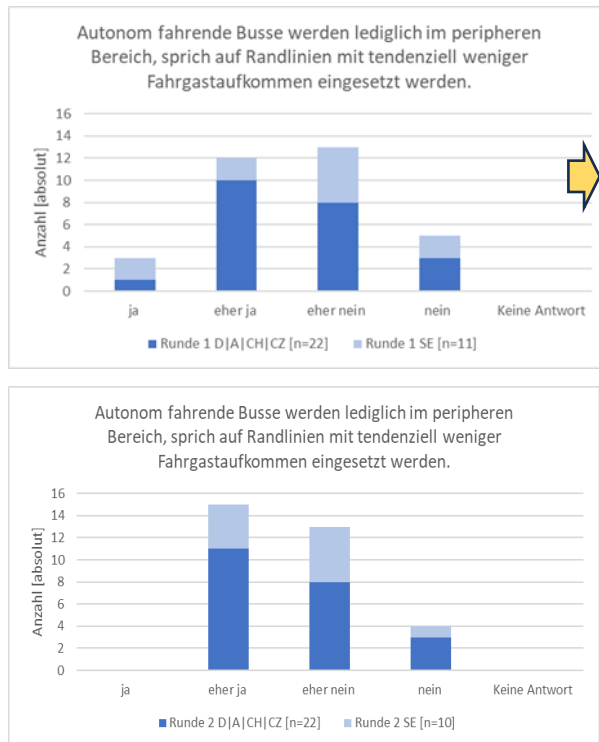


Abbildung 25 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (3|7)

Es gibt eine Wanderung vom klaren „ja“ zu „eher ja“, ansonsten bleibt das Antwortverhalten eher ausgewogen zwischen Zustimmung und Verneinung. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Autonom fahrende Busse werden ebenso als Gelenkbusse auf fahrgaststarken Linien mit dichten Takten verkehren.

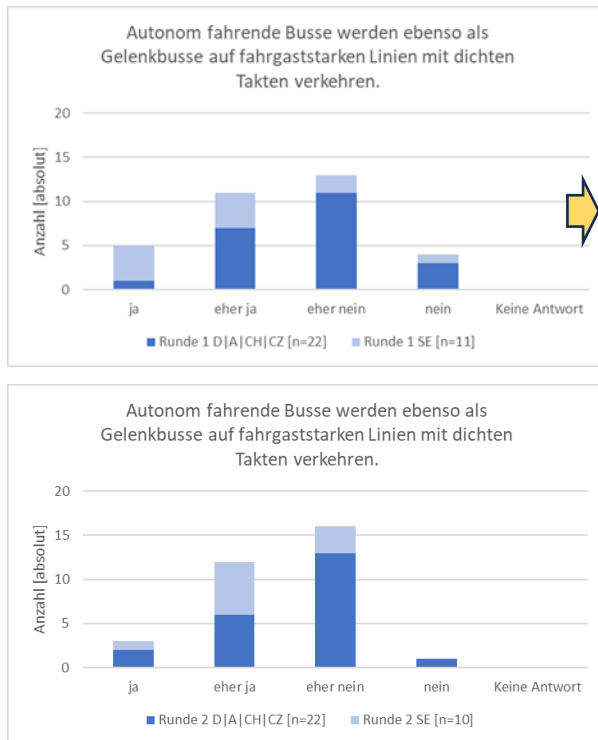


Abbildung 26 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (4|7)

Auch bei der These, ob autonom fahrende Busse einmal als „vollwertige“ große Gelenkbusse zum Einsatz kommen, bleiben sich die Expert:innen uneins. Nahezu zu gleichen Teilen wird die These bestätigt oder verneint. Dies gilt auch hier für beide Sprachräume, wobei es in Schweden mehr Zustimmung als Verneinung gibt. These: Autonom fahrende Straßenbahnen werden ausschließlich auf Linien mit besonderen oder unabhängigem Bahnkörper verkehren.

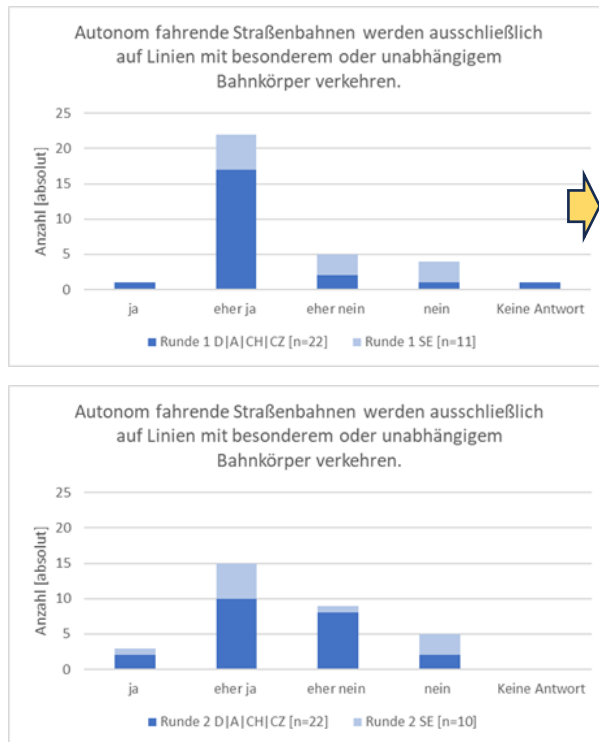


Abbildung 27 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (5|7)

Bei dieser These gibt es in Runde 1 eine klare Mehrheit, die das eher bestätigt hat. Dies hat sich relativiert im Zuge der zweiten Runde. Schlussendlich ist zwar eine knappe Mehrheit immer noch dieser Auffassung, doch bleiben sich die Expert:innen in dieser Frage eher uneins. Dies gilt für Deutschland und Schweden. These: Autonom fahrende Straßenbahnen werden auf allen Bahnkörperarten, also auch auf straßenbündigem Bahnkörper verkehren.

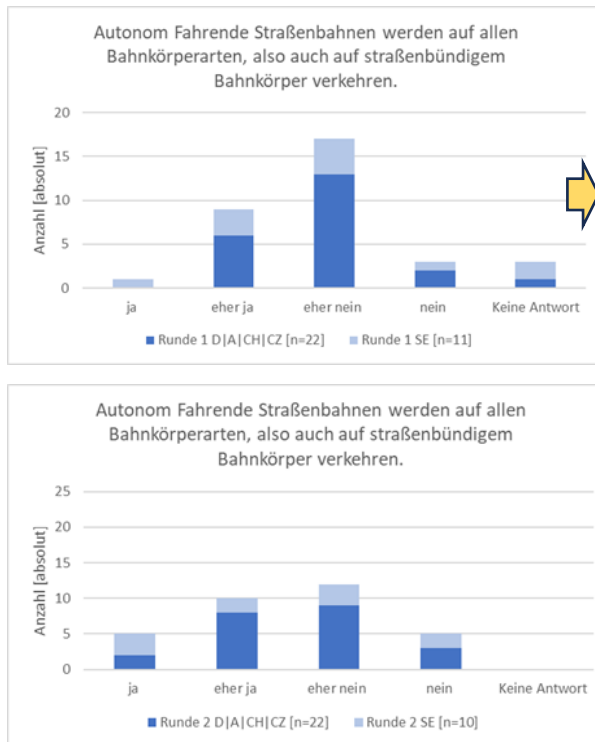


Abbildung 28 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (6|7)

Von der eher deutlicheren Verneinung in Runde 1 ist in Runde 2 eine merkliche Verteilung zwischen Zustimmung und Verneinung zu verzeichnen. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Damit Straßenbahnen künftig auf ihrem Fahrweg in Sondersituationen und Störungen auf Ihrem Fahrweg genauso flexibel sind wie heutige Straßenbahnen mit Fahrer:innen, wird bei autonom fahrenden Straßenbahnen ständig ein Personal an Bord sein müssen, um in solchen Situationen handeln zu können.

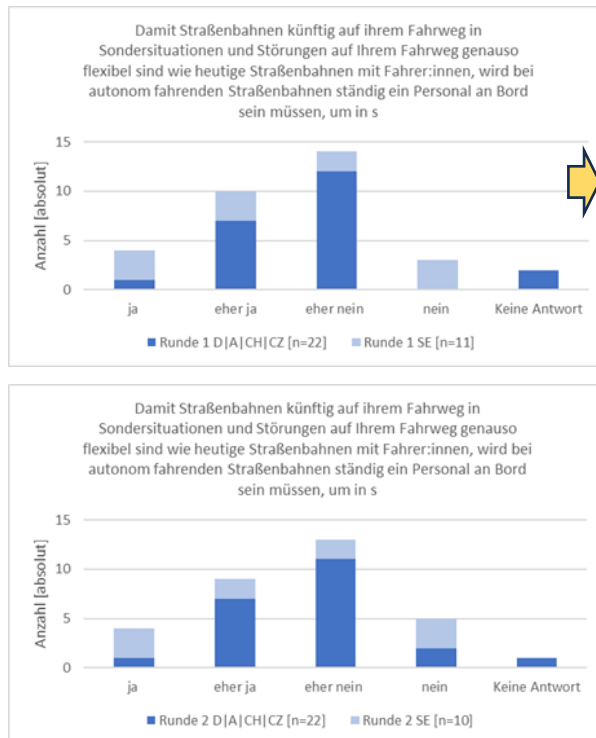


Abbildung 29 - Ergebnisauswertung Themenblock 1 Runde 1 zu Runde 2 (7|7)

Eine knappe Mehrheit verneint diese These. Es gibt keine wesentlichen Änderungen von Runde 1 zu Runde 2. Dies gilt in beiden Sprachräumen.

## Themenblock 2 „Technischer Entwicklungsfortschritt bei autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen“:

Zwei Fragen werden in Runde 2 geringfügig verändert. So werden die Antwortoptionen weiter differenziert. Die betroffenen Fragen | Thesen sind mit einem roten Punkt in den Diagrammen markiert.

Frage|Thesen: Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Straßenbahnen. Beziehen Sie sich gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung.

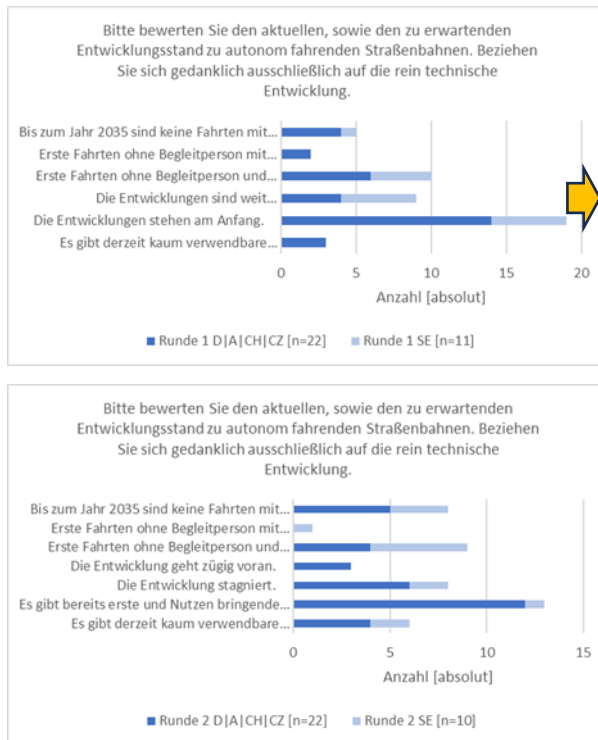


Abbildung 30 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (1|13)

Die Thesen, die in diesem Fall als Antwortoption ausgebildet sind, werden in der zweiten Runde geringfügig erweitert, bzw. präzisiert. Hier sind Mehrfachnennungen möglich. Am meisten Zustimmung findet die Aussage, dass es bereits erste Nutzen bringende Erkenntnisse gibt, wobei einige Expert:innen auch der Meinung sind, dass die Entwicklung stagniert. Dass die Entwicklungen zügig voranschreiten, meinen hingegen wenige. Dass erste Fahrten ohne Begleitperson unmittelbar bevorstehen, meinen immerhin neun Expert:innen, gefolgt von der Aussage, dass bis zum Jahr 2035 keine Fahrten mit Fahrgästen stattfinden. Zum Entwicklungsstand von autonom fahrenden Straßenbahnen kann eine gewisse Unsicherheit unter den Teilnehmenden abgeleitet werden.

Frage|These: Bitte bewerten Sie den aktuellen, sowie den zu erwartenden Entwicklungsstand zu autonom fahrenden Bussen. Beziehen Sie sich gedanklich ausschließlich auf die rein technische Entwicklung.

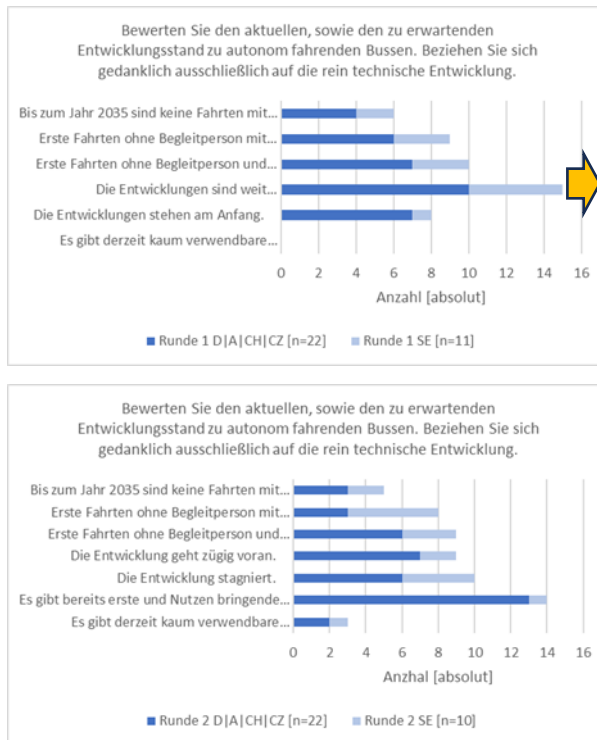


Abbildung 31 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (2|13)

Die Thesen, die in diesem Fall als Antwortoption ausgebildet sind, werden in der zweiten Runde geringfügig erweitert, bzw. präzisiert. Im Vergleich zu Straßenbahnen, bewerten die Expert:innen den Entwicklungsfortschritt bei Bussen als tendenziell positiver, bzw. weiter vorangeschritten. Doch immerhin ein Drittel meint auch bei Bussen, dass die Entwicklung stagniert. Auffällig ist, dass in Runde 1 niemand die Antwort gegeben hat, es gebe derzeit kaum verwendbare Forschungserkenntnisse und in Runde 2 zumindest 3 der Befragten dieser Auffassung sind. Im Allgemeinen deuten die Antworten darauf hin, dass es noch sehr viele Ungewissheiten geben mag, denn nahezu alle Antwortoptionen wurden eher zurückhaltend gewählt.

These: Autonom fahrende Straßenbahnen werden zeitiger verfügbar sein als Busse.

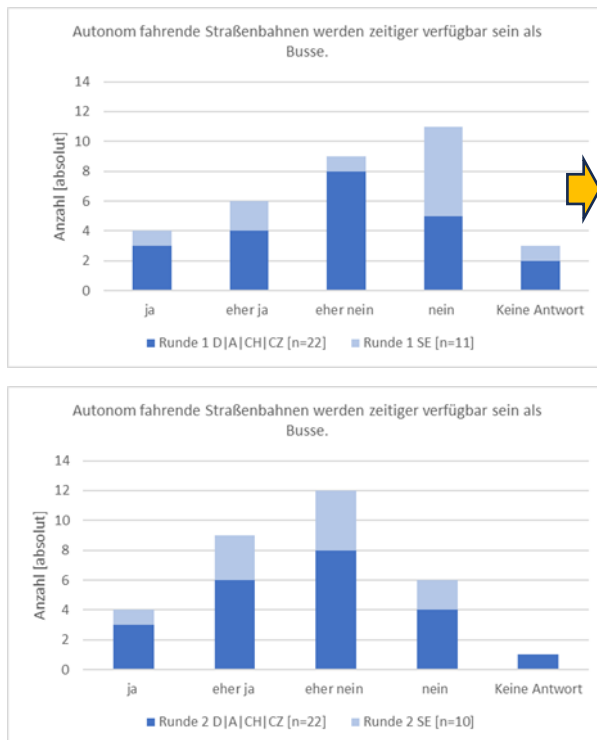


Abbildung 32 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (3|13)

Eine knappe Mehrheit verneint diese These. Es gibt eine leichte Verschiebung zur Zustimmung und eine Abnahme der Enthaltungen sowie dem klaren „nein“ hin zur eher nein. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Autonom fahrende Busse werden zeitiger verfügbar sein als Straßenbahnen.

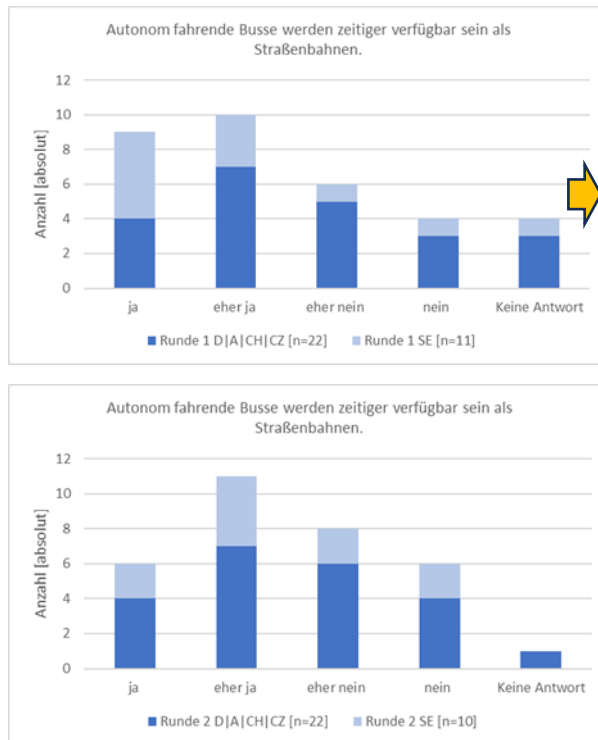


Abbildung 33 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (4|13)

Im Vergleich zur vorangegangenen These stimmen dieser deutlich mehr Expert:innen zu. Da es sich de facto um die Umkehrfrage handelt, bestätigen die Teilnehmenden hiermit Ihre Sichtweise auf beide Fahrzeugarten. Mit verfügbaren autonom fahrenden Bussen wird folglich zeitiger gerechnet als mit Straßenbahnen, wobei das Antwortverhalten nahezu hälftig von Zustimmung und Verneinung geprägt ist. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

Frage: Findet bereits auf internationaler und auf europäischer Ebene ein gut vernetzter Erfahrungs- und Forschungsaustausch zu autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen statt?

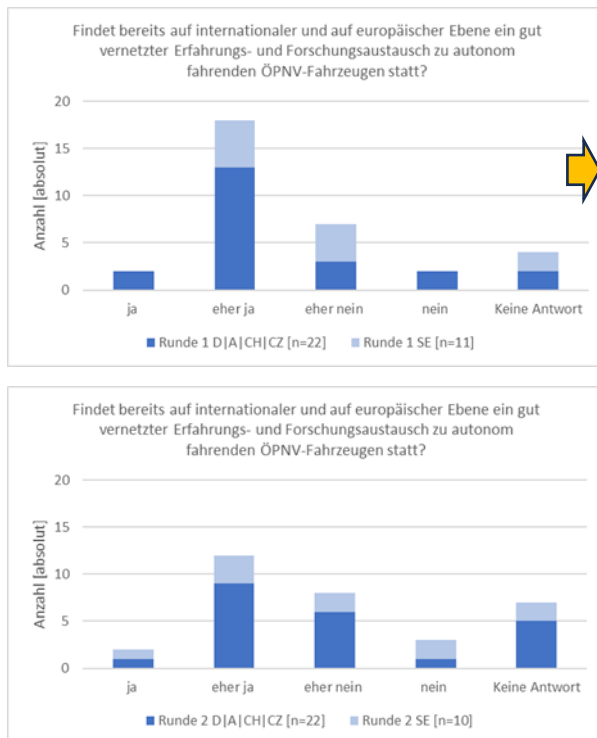


Abbildung 34 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (5|13)

Diese Frage wird in Runde 1 noch deutlicher mit „eher ja“ beantwortet, als in Runde 2. schlussendlich ist eine Mehrheit der Befragten in Runde 2 nicht der Meinung, dass es einen guten internationalen Erfahrungsaustausch gibt, bzw. enthält sich der Antwort. Dies gilt für Deutschland und Schweden

These: Die Forschung an autonom fahrenden Straßenbahnen und Bussen ist von großer Bedeutung.

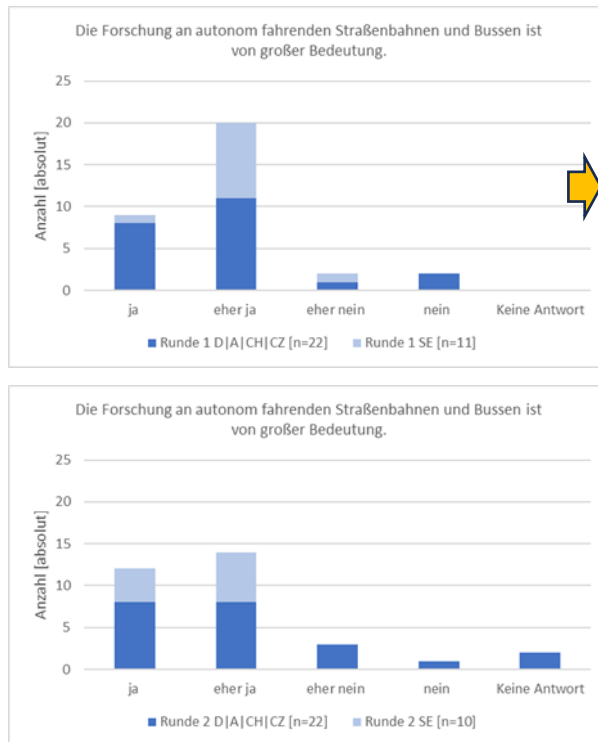


Abbildung 35 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (6|13)

Der Forschung wird seitens der Expert:innen eine große Bedeutung zugemessen. In Runde 2 gibt es ein Wanderungssaldo zum eindeutigen „ja“. In Schweden gibt es keine Verneinung.

These: Die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen, bspw. der Umgang mit falsch oder nicht automatisch gestellten Weichen, wird bis 2035 vollständig berücksichtigt und gelöst werden.

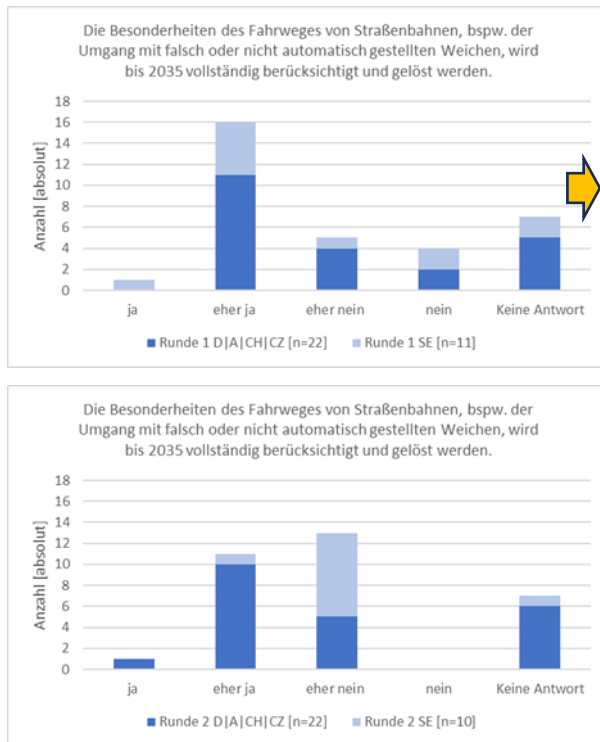


Abbildung 36 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (7|13)

Während diese These in Runde 1 noch von rund der Hälfte der Expert:innen eher mit Zustimmung beantwortet wird, verschiebt sich diese Verteilung eher zur Verneinung bzw. Enthaltung. Es scheint, als sehen hierbei viele Expert:innen doch nicht, dass dieser Problembereich bis 2035 vollständig gelöst sein wird. Auffallend ist, dass final niemand mit eindeutig „nein“ antwortet. Die meisten Schwed:innen tendieren zur Verneinung, während die meisten Deutschen abgesehen von den Enthaltungen dem eher zustimmen. Die vielen Enthaltungen könnten in den fachlichen Spezifika der These liegen.

Frage: Sind die Besonderheiten beim Fahrweg von Straßenbahnen für autonom fahrende Straßenbahnen bereits ausreichend analysiert?

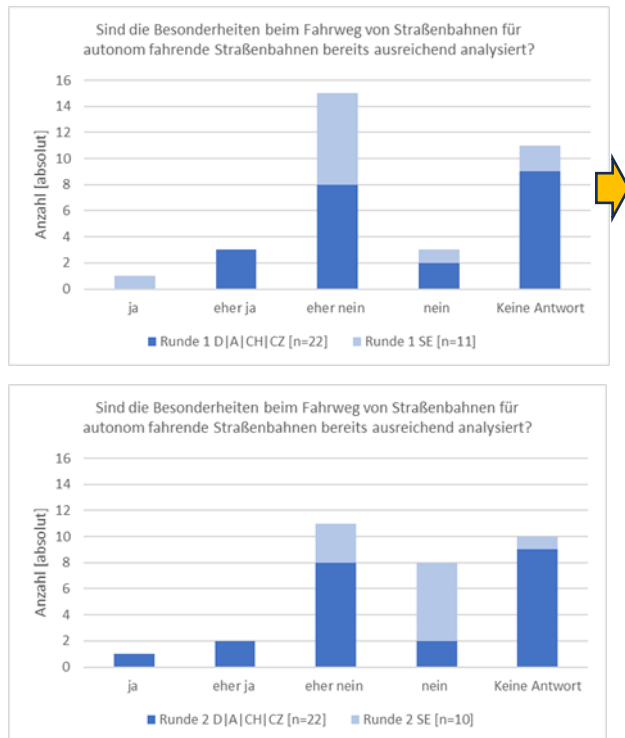


Abbildung 37 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (8|13)

Der Trend aus Runde 1 bestätigt sich auch in Runde 2. Die meisten Befragten gehen davon aus, dass die Besonderheiten des Fahrweges von Straßenbahnen beim autonomen Fahren noch nicht auskömmlich analysiert sind. In Schweden gibt es keine Zustimmung.

These: Die Anschaffungskosten autonom fahrender Busse werden spürbar höher sein, als heutiger Elektrobusse.

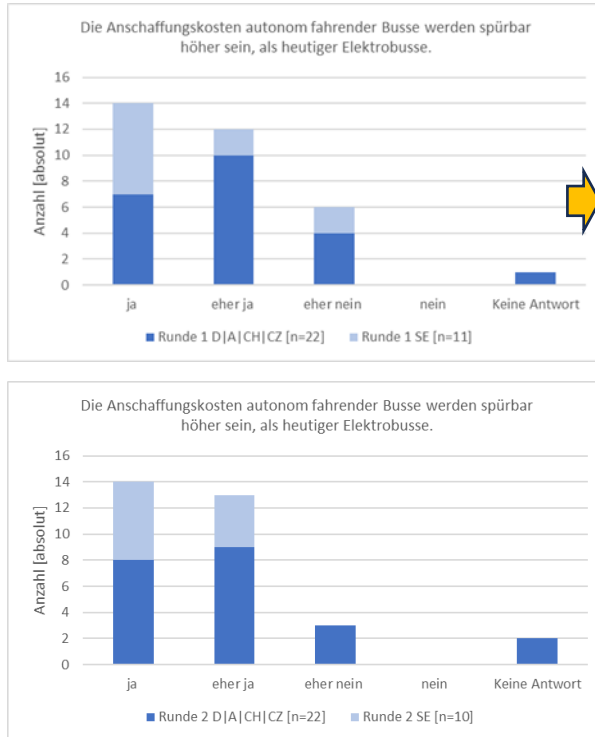


Abbildung 38 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (9|13)

Eine deutliche Mehrheit der Expert:innen geht davon aus, dass autonom fahrende Busse teurer in der Anschaffung sein werden, als gar heutige schon kostenintensivere Elektrobusse. Dieser Trend verstärkt sich in Runde 2 noch einmal leicht. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Die Anschaffungskosten autonom fahrender Straßenbahnen werden höher sein, als heutige vergleichbare Fahrzeuge. (vergleichbar in Bezug auf Länge, Spurweite, elektrische Leistung etc.)

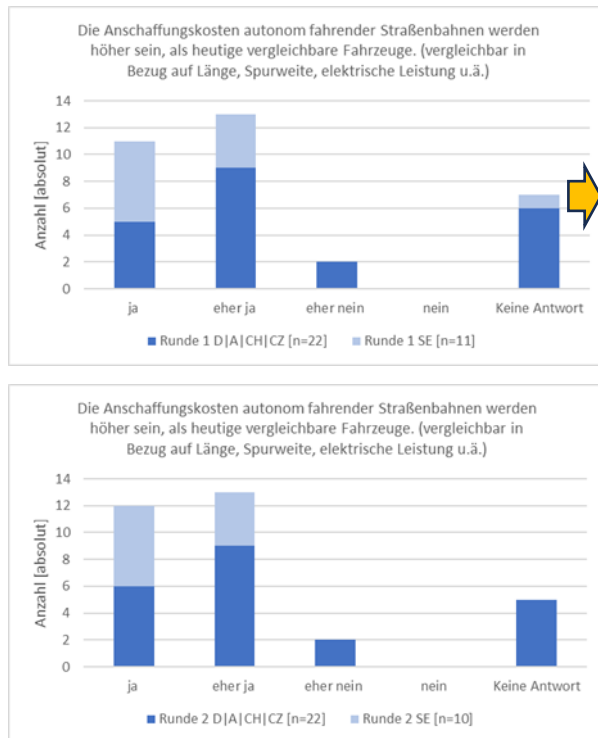


Abbildung 39 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (10|13)

Auch bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden höhere Anschaffungskosten erwartet, als es bei heutigen Fahrzeugen der Fall ist. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Für autonom fahrende Straßenbahnen wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden.

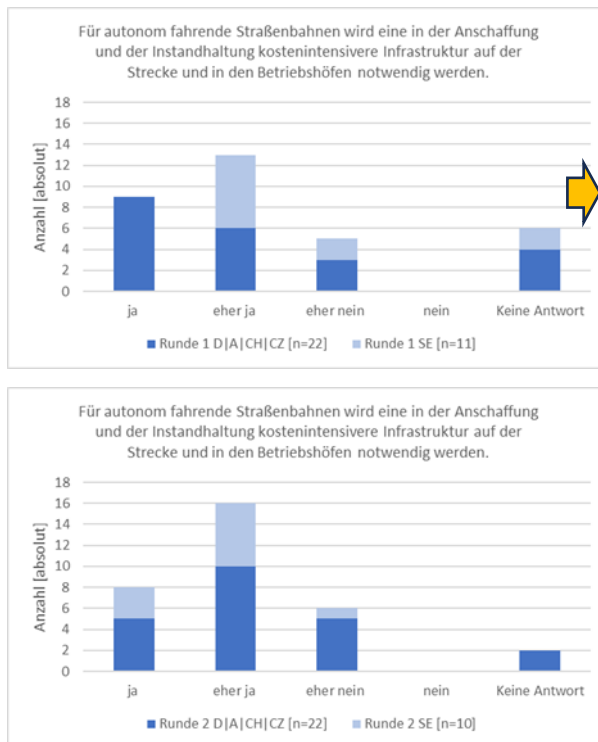


Abbildung 40 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (11|13)

Auch bei der Infrastruktur erwarten die Expert:innen Kostensteigerungen entlang der Strecke und auf den Betriebshöfen. Der Trend aus Runde 1 verstärkt sich in Runde 2 (Deutschland und Schweden) und es gibt kaum noch Enthaltungen.

These: Für autonom fahrende Busse wird eine in der Anschaffung und der Instandhaltung kostenintensivere Infrastruktur auf der Strecke und in den Betriebshöfen notwendig werden.

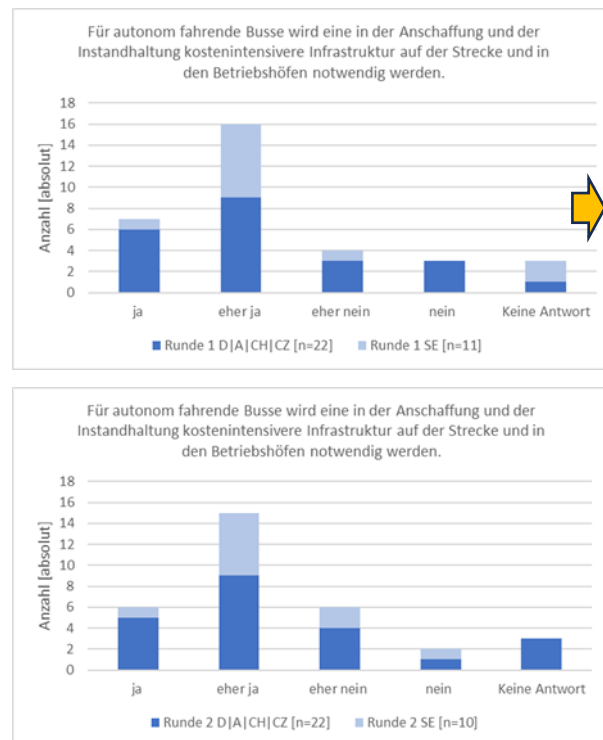


Abbildung 41 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (12|13)

Auch bei Bussen rechnen die Expert:innen in Deutschland und Schweden mehrheitlich mit einer kostenintensiveren Infrastruktur entlang der Strecke und auf dem Betriebshof.

These: In Konfliktsituationen mit Rettungswagen, Polizei und Feuerwehr werden autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sicher agieren können.

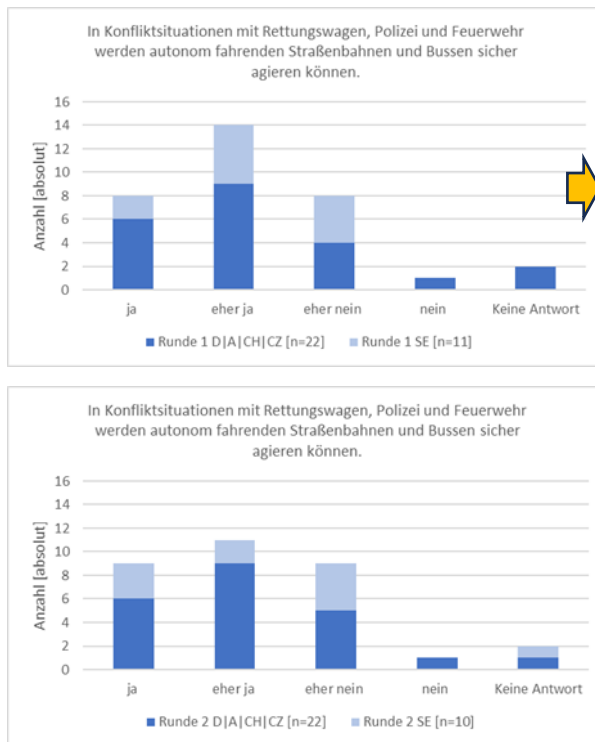


Abbildung 42 - Ergebnisauswertung Themenblock 2 Runde 1 zu Runde 2 (13|13)

Eine deutliche Mehrheit stimmt der These zu. Es ist davon auszugehen, dass dies als Voraussetzung für den Einsatz autonom fahrender Busse und Straßenbahnen gesehen wird. Das Antwortverhalten in beiden Runden ähnelt sich sehr. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

### Themenblock 3 „Rechtliche Rahmenbedingungen“:

Drei Fragen | Thesen werden in Runde 2 angepasst. Dies dient dem Ziel präziserer nachzufragen, die Themen Haftungsrecht und Verkehrsrecht in Runde 2 getrennt voneinander abzufragen. Die betroffenen Fragen sind mit einem roten Punkt gekennzeichnet.

These: Rechtliche Fragen, insbesondere in Bezug auf Haftung bei Vorkommnissen und Unfällen sind bereits erschöpfend aufgestellt. -

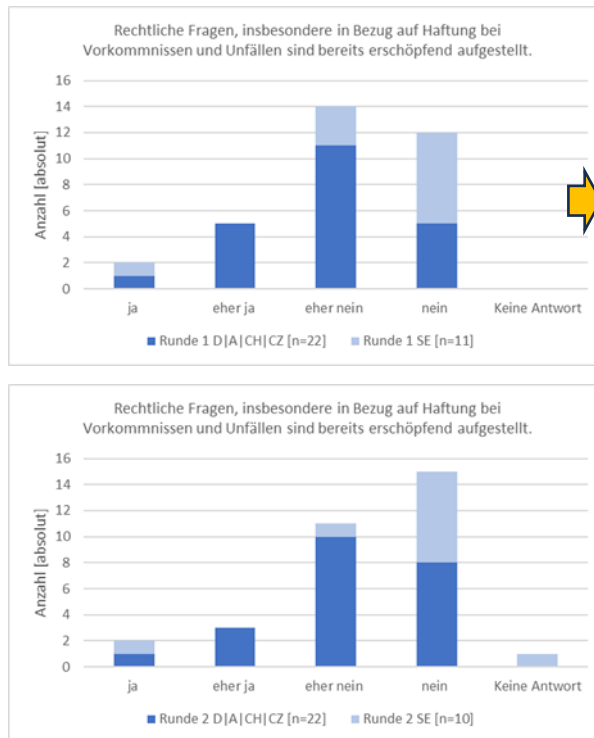


Abbildung 43 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (1|4)

Eine deutliche Mehrheit der Expert:innen verneint die These und ist der Auffassung, dass rechtliche Fragen noch nicht erschöpfend analysiert sind. Der Trend der Verneinung verstärkt sich in Runde 2. In Schweden fällt die Verneinung ausgeprägter aus als in Deutschland.

Frage (Runde 2): Ist der mögliche Umgang mit Unfallsituationen zwischen autonom fahrenden Straßenbahnen bzw. Bussen und anderen Verkehrsteilnehmenden bereits ansatzweise analysiert?

These (Runde 2): Der Umgang mit Unfallsituationen zwischen autonom fahrenden Straßenbahnen bzw. Bussen und anderen Verkehrsteilnehmenden wird bis zum Jahr 2035 praktikabel geklärt sein.

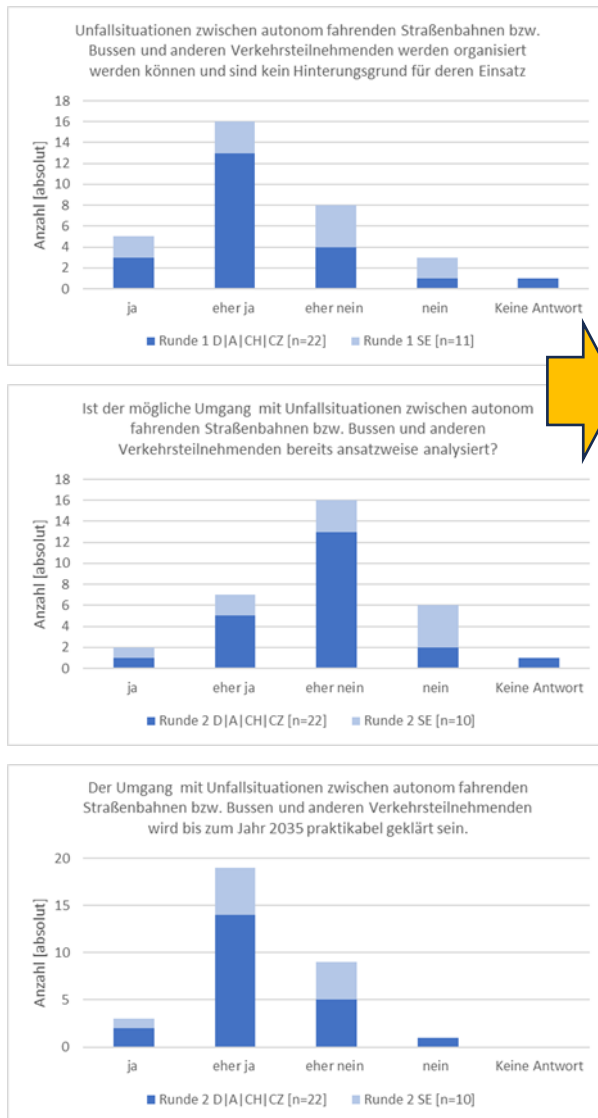


Abbildung 44 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (2|4)

Aus der ursprünglichen These in Runde 1 wird eine veränderte These und eine Frage formuliert. Eine Mehrheit der Befragten ist der Auffassung, dass der Umgang mit Unfallsituationen nicht hinreichend analysiert ist. Gleichzeitig geht die Mehrheit davon aus, der Umgang mit Unfallsituationen bis zum Jahr 2035 praktikabel geklärt sein wird. Dies gilt für beide Sprachräume.

Thesen (Runde 2): Für den Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge werden umfangreiche Anpassungen im Verkehrsrecht notwendig werden. & Für den Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge werden umfangreiche Anpassungen im Haftungsrecht notwendig werden.

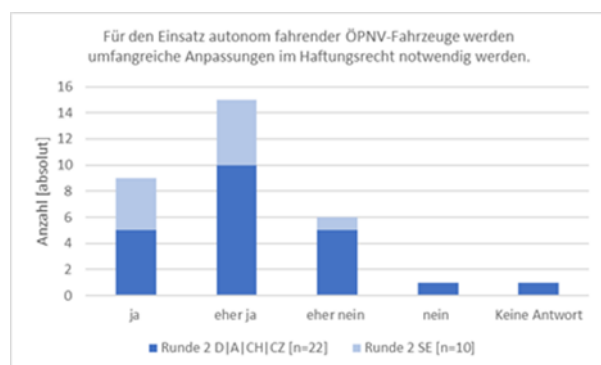
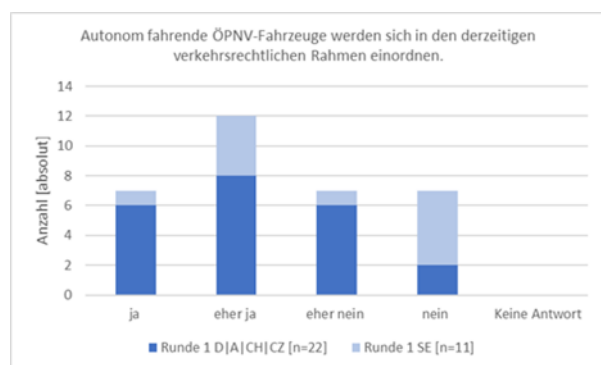
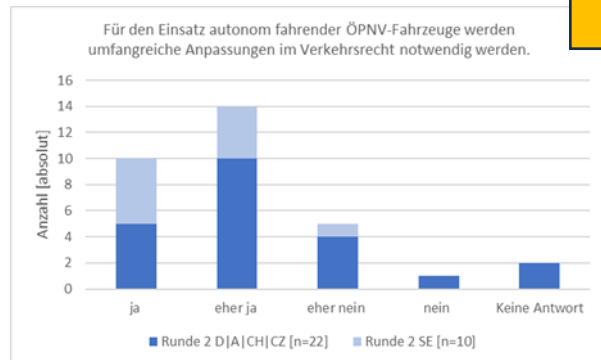
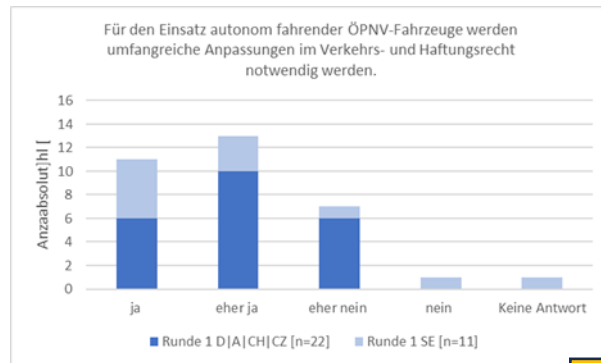


Abbildung 45 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (3|4)

Die beiden ursprünglichen Fragen aus Runde 1 werden überführt in zwei nahezu gleichlautende Fragen, jedoch getrennt nach Haftungs- und Verkehrsrecht. Es ist zu konstatieren, dass eine klare Mehrheit der Expert:innen der Auffassung ist, dass

umfangreiche Anpassungen im Verkehrsrecht, als auch im Haftungsrecht erforderlich sein werden. Dies gilt für beide Sprachräume.

These: Die Zeit bis 2035 wird unter den derzeitigen Rahmenbedingungen ausreichen, um rechtliche Fragen vollumfänglich zu klären.

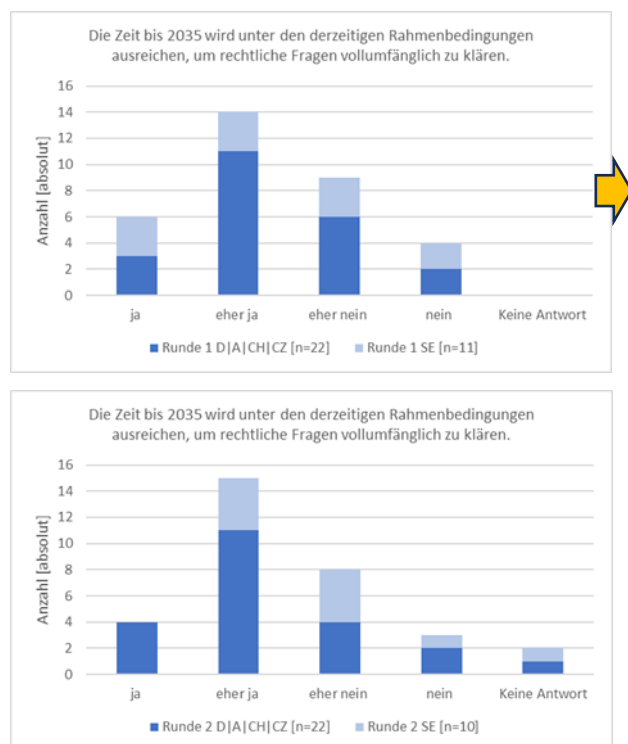


Abbildung 46 - Ergebnisauswertung Themenblock 3 Runde 1 zu Runde 2 (4|4)

Rund zwei Drittel der Expert:innen geht davon aus, dass die Zeit bis zum Jahr 2035 ausreichen wird, um rechtliche Fragen vollumfänglich zu klären. Im Vergleich zu Runde 1 gibt es nur geringfügige Verschiebungen im Antwortverhalten. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

## Themenblock 4 „Phase eines etwaigen Übergangs von kommerziell gefahrenen auf autonom fahrende Straßenbahnen“:

In diesem Themenblock werden bei vereinzelt Thesen die Antwortoptionen angepasst und auf die in der gesamten Befragung häufig verwendete Likertskala angepasst. Die betroffenen Thesen sind mit einem lila farbigen Punkt versehen.

These: Autonom fahrende Straßenbahnen können im Zeitraum einer Übergangsphase im Mischbetrieb mit Fahrer:innen geführten Straßenbahnen betrieben werden.

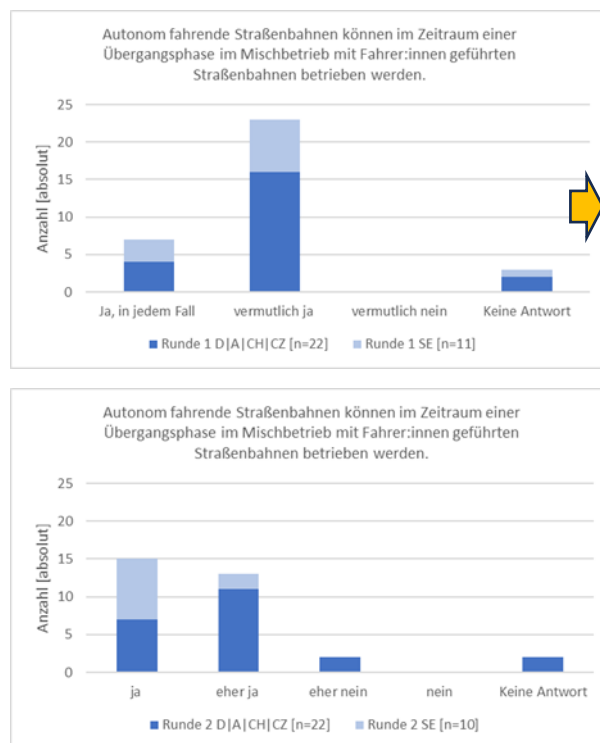


Abbildung 47 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (1|3)

Eine überwiegende Mehrheit bestätigt die These. In Runde 2 gibt es eine starke Verschiebung von „eher ja“ zu einem eindeutigen „ja“. Dies trifft für Deutschland und Schweden zu.

These: Für den Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen werden umfangreiche, zusätzliche technische Ausrüstungen an der Infrastruktur (Gleisanlagen, Signale, Haltestellen, etc.) notwendig werden.

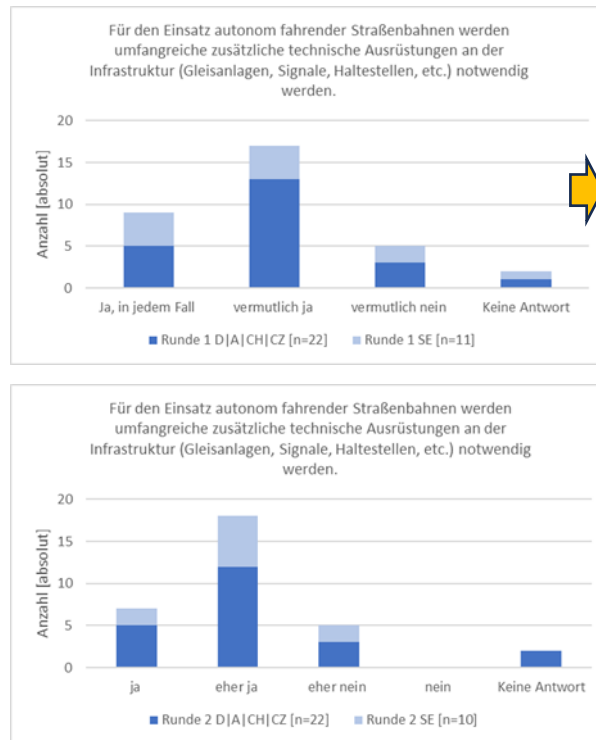


Abbildung 48 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (2|3)

Die Expert:innen sind sich nahezu einig, dass für den Einsatz autonom fahrender Straßenbahnen umfangreiche Anpassungen auch an der Infrastruktur erforderlich sind. Diese Sichtweise bestätigt sich in Runde 2. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Autonom fahrende Straßenbahnen müssen aus Sicherheitsgründen mit einem Stichtag eingeführt werden.

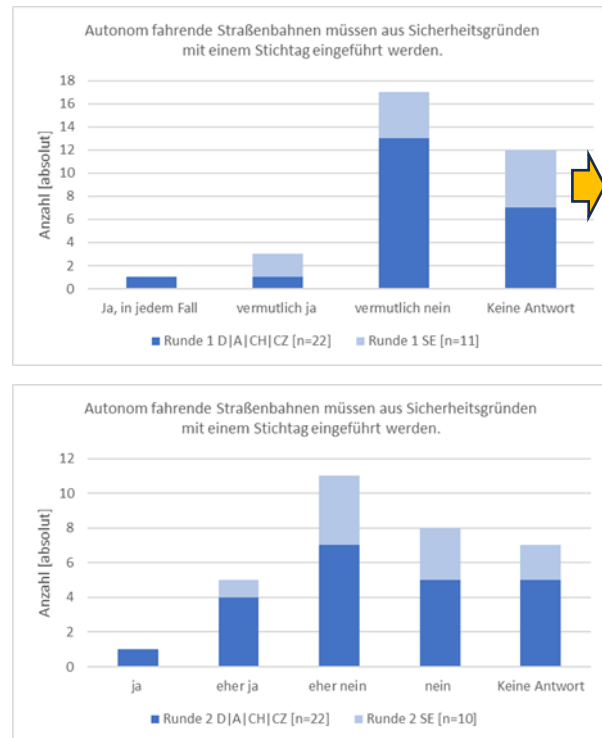


Abbildung 49 - Ergebnisauswertung Themenblock 4 Runde 1 zu Runde 2 (3|3)

Diese These wird klar von den meisten Expert:innen verneint, es gibt zudem viele Enthaltungen. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

## Themenblock 5 „Soziale Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV und auf die Gesellschaft“:

In diesem Themenblock wird eine offene Frage aus Runde 1 in eine geschlossene Frage in Runde 2 überführt. Die betroffene Frage ist mit einem roten Punkt gekennzeichnet. Zusätzlich gibt es auch in Runde 2 eine offene Frage.

These: Je realistischer und zeitlich absehbarer der flächendeckende Einsatz von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird, umso schwieriger wird es, ausreichend Fahrpersonal vorzuhalten.

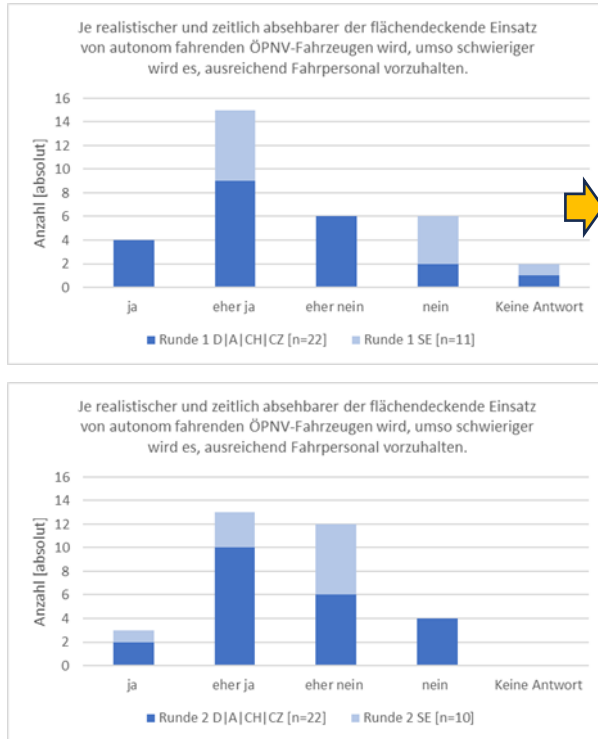


Abbildung 50 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (1|14)

Hierin sind sich die Expert:innen uneins. Das Antwortverhalten fällt nahezu zu gleichen Teilen mit Zustimmung oder Ablehnung aus. Anzumerken ist, dass in Runde 2 sich niemand mehr enthalten hat und es eine Verschiebung vom deutlichen „nein“ zu „eher nein“ gibt, sich eine gewisse Relativierung eingestellt. Von den Schwed:innen sagt niemand mehr „nein“.

These: Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse haben ein großes soziales „Sprengkraftpotenzial“, da sehr viele Arbeitsplätze im Fahrdienst entfallen.

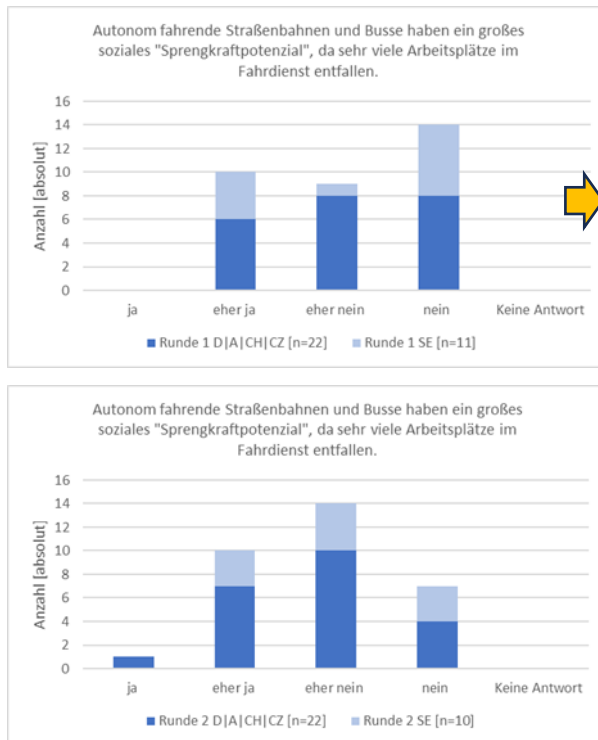


Abbildung 51 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (2|14)

Runde zwei Drittel gehen nicht davon aus, dass autonom fahrende (ÖPNV)-Fahrzeuge ein großes Sprengkraftpotenzial haben. Die Hälfte derer, die in Runde 1 noch deutlich mit „nein“ antworten, relativieren ihre Aussage ein Stück weit in Runde 2 und sagen nun nur noch „eher nein“. Es gilt für beide Sprachräume.

These: Mit einer flächendeckenden Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen werden im ÖPNV viele Arbeitsplätze verloren gehen.

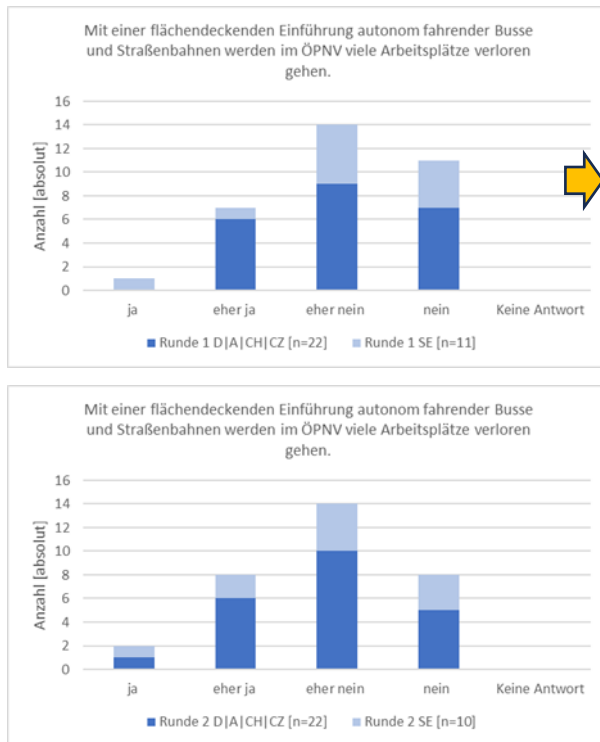


Abbildung 52 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (3|14)

Eine deutliche Mehrheit rechnet nicht damit, dass viele Arbeitsplätze verloren gehen. Beide Runden unterscheiden sich in Deutschland und Schweden kaum.

These: Mit zunehmender öffentlicher Bekanntheit von autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen wird die Kritik daran, bzw. der „Gegenwind“ durch die Gesellschaft größer.

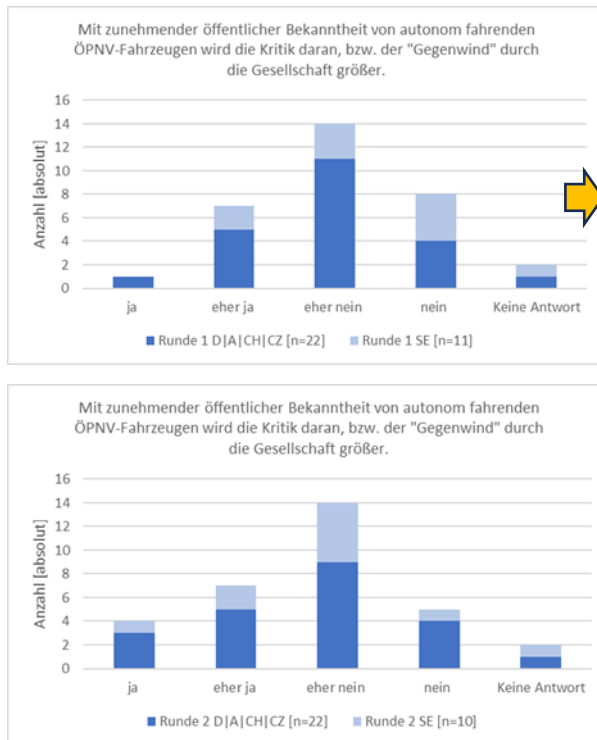


Abbildung 53 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (4|14)

Diese These knüpft an die These zum „Sprengkraftpotenzial“ an und wird verständlicherweise ähnlich beantwortet. Die meisten sehen kein eindeutiges Risiko. Dennoch rund ein Drittel der Expert:innen sieht die Gefahr des „Gegenwindes“. Das Ergebnis aus Runde zwei ähnelt jenem aus Runde 1 in Deutschland und Schweden gleichermaßen.

Frage: Sind soziale Fragen und Auswirkungen in Bezug auf die Beschäftigten heute bereits ausreichend analysiert?

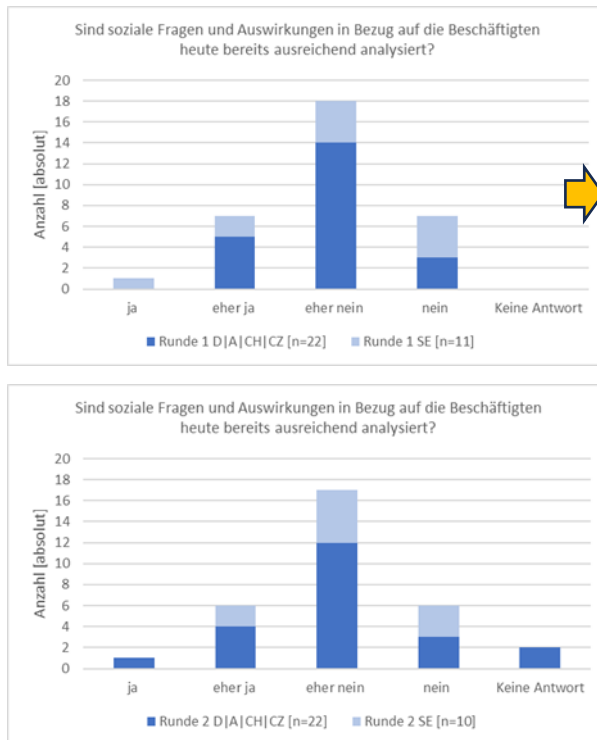


Abbildung 54 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (5|14)

Wie in Runde 1 gehen die meisten Befragten in Deutschland und Schweden davon aus, dass soziale Fragen noch nicht ausreichend analysiert sind. Hier besteht also noch entsprechender Forschungsbedarf.

These: Die Anzahl entfallender Arbeitsplätze im Fahrdienst wird durch mehr Personalbedarf im Überwachungsbereich (bspw. Verkehrsleitstelle) ansatzweise kompensiert.

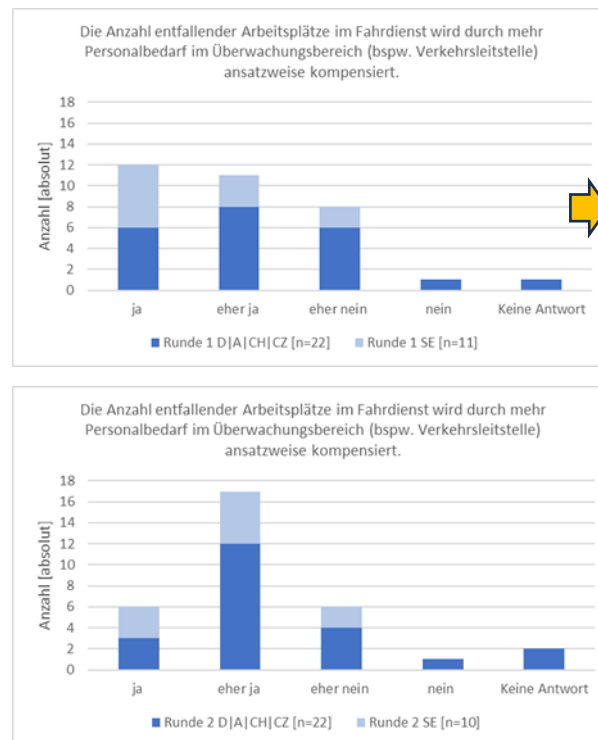


Abbildung 55 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (6|14)

Eine klare Mehrheit der Teilnehmenden stimmt der These zu. Es gibt jedoch eine Verschiebung von „ja“ zu „eher ja“, was eine gewisse Relativierung darstellen kann. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge werden einen Beitrag zu mehr Verkehrssicherheit, insbesondere bei schwächeren Verkehrsteilnehmenden wie Kindern und mobilitätseingeschränkten Menschen leisten.

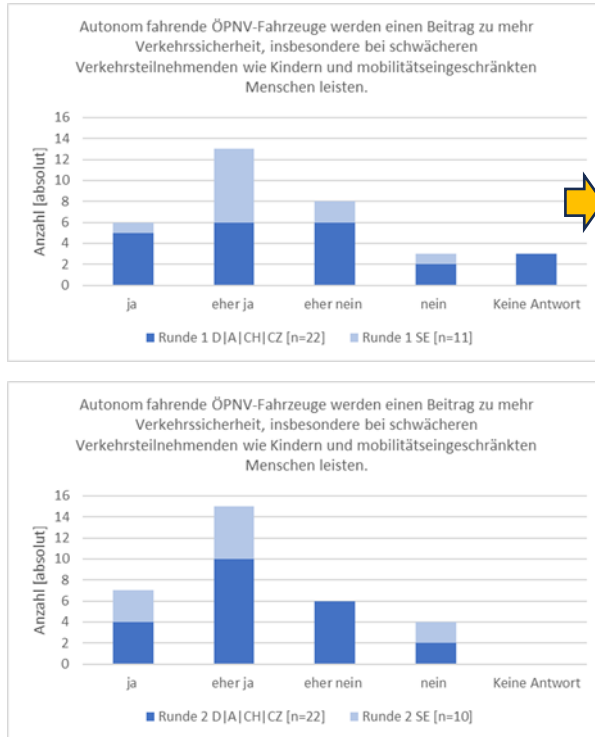


Abbildung 56 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (7|14)

Eine starke Mehrheit der Expert:innen geht davon aus, dass autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge die Verkehrssicherheit verbessern wird. In Runde 2 wird dieser Trend aus Runde 1 noch verstärkt. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

Frage: Besteht aus Ihrer Sicht das Risiko, dass autonom fahrende Busse und Straßenbahnen bei einem Teil der Bevölkerung dauerhaft auf Ablehnung stoßen und diese für den Umstieg auf den ÖPNV oder für die fortwährende Nutzung des ÖPNV verloren gehen?

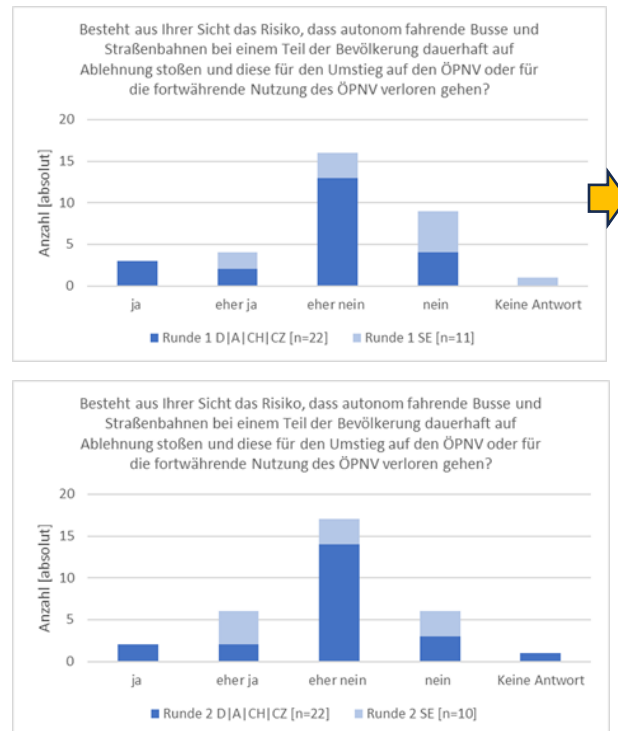


Abbildung 57 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (8|14)

Die wenigsten Befragten meinen, dass durch autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge Fahrgäste verloren gehen oder diese auf Ablehnung stoßen werden. Das Antwortverhalten in beiden Runden ist sehr ähnlich. Dies trifft für Deutschland und Schweden zu.

*These: Autonom fahrende Straßenbahnen werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Busse.*

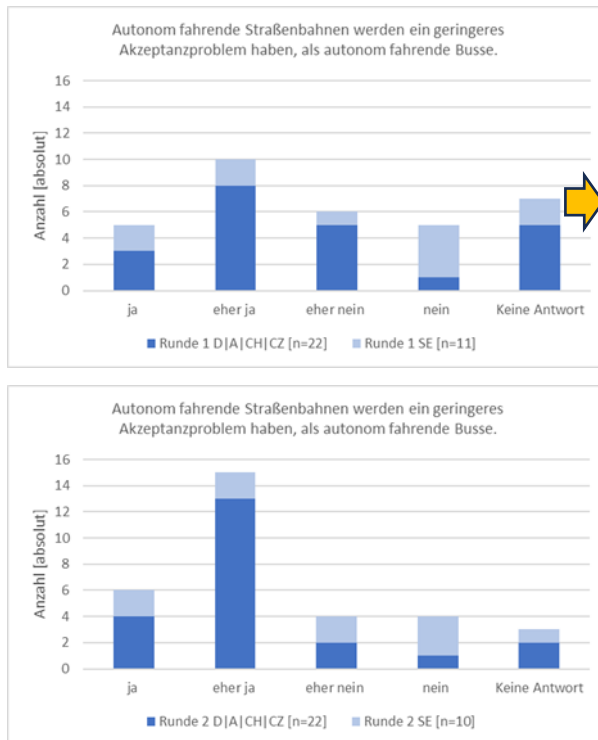


Abbildung 58 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (9|14)

Eine deutliche Mehrheit geht davon aus, dass autonom fahrende Straßenbahnen scheinbar ein geringeres Akzeptanzproblem haben werden als autonom fahrende Busse. Während das Antwortverhalten in Runde 1 noch stärker verteilt ist, stellt sich in Runde 1 eine deutliche Zunahme der Zustimmung der These heraus. Die Enthaltung nimmt stark ab.

These: Autonom fahrende Busse werden ein geringeres Akzeptanzproblem haben als autonom fahrende Straßenbahnen.

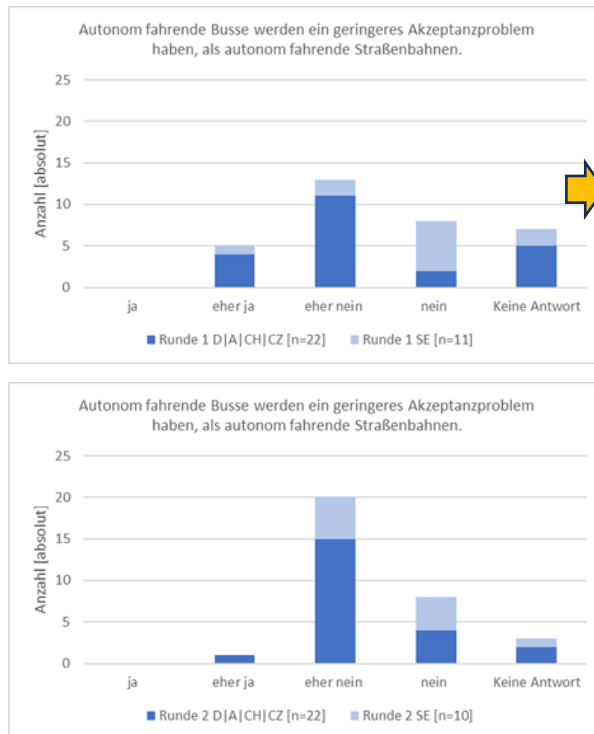


Abbildung 59 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (10|14)

Rund ein Drittel verneint in Runde 2 diese These. Nur noch ein:e Expert:inn stimmt dem zu. Die Enthaltungen nimmt auch ab.

These: Fahrer:innenlose ÖPNV-Fahrzeuge (autonom fahrende) werden insbesondere in den Nebenverkehrszeiten und bei Dunkelheit geparkt mit geringerer Besetzung der Fahrzeuge vor allem auf Frauen abschreckende Wirkung haben.

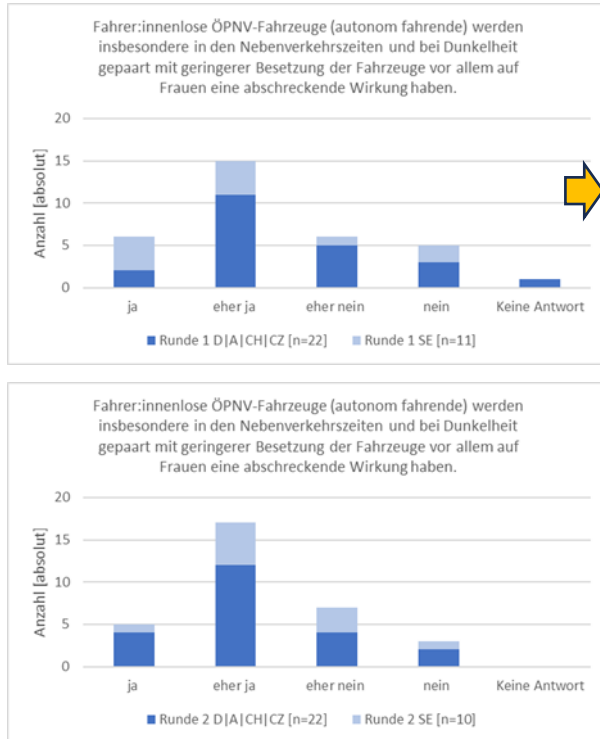


Abbildung 60 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (11|14)

Dieser These stimmen eindeutig die meisten Expert:innen zu. Die Zustimmung verstärkt sich in Runde 2 noch einmal. Es gibt bei der klaren Verneinung eine geringfügige Verschiebung zu „eher nein“ und keine Enthaltung mehr. Diese Erwartung der Expert:innen sollte Bestandteil der weiteren Forschung sein, geht es hierbei nicht zuletzt um gerechten Zugang zum ÖPNV für alle Menschen. Dies gilt für Deutschland und Schweden.

These: Durch den technischen Fortschritt autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge und die zunehmende Diskussion hierüber wird es immer schwerer werden, Nachwuchsfachkräfte für den Fahrdienst zu generieren.

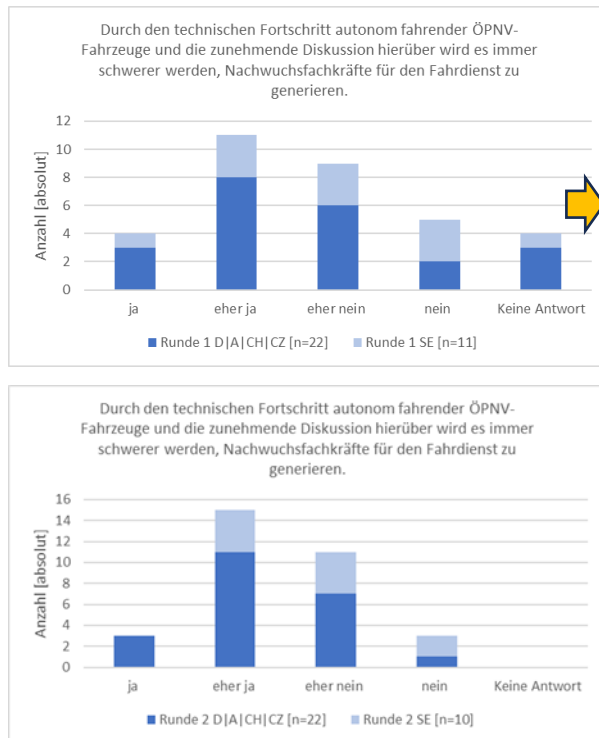


Abbildung 61 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (12|14)

Eine knappe Mehrheit der Befragten stimmt der These zu. Das sind mehr als in Runde 1. Während sich in Runde 1 noch vier Expert:innen enthalten haben, gibt es keine Enthaltung mehr. Es gilt für Deutschland und Schweden.

These (Runde 2): Der Beruf Busfahrer:in und Straßenbahnfahrer:in wird bis zum Jahr 2035...

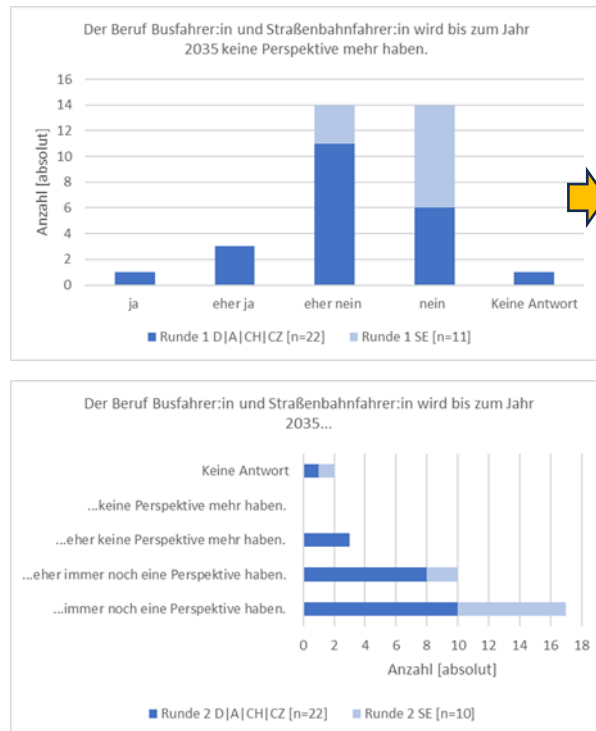


Abbildung 62 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (13|14)

Die Antwortoptionen können in Runde 1 noch missverstanden werden, sowohl durch die Expert:innen, als auch in der Auswertung. Daher werden die Antwortoptionen eindeutig präzisiert und neu aufgebaut. Eine große Mehrheit der Expert:innen bemisst dem Fahrer:innenberuf bis zum Jahr 2035 immer noch eine Perspektive zu.

Frage: In welchem Bereich bei den Verkehrsunternehmen sehen Sie einen erhöhten Personalbedarf durch die Einführung autonom fahrender Busse und Straßenbahnen?

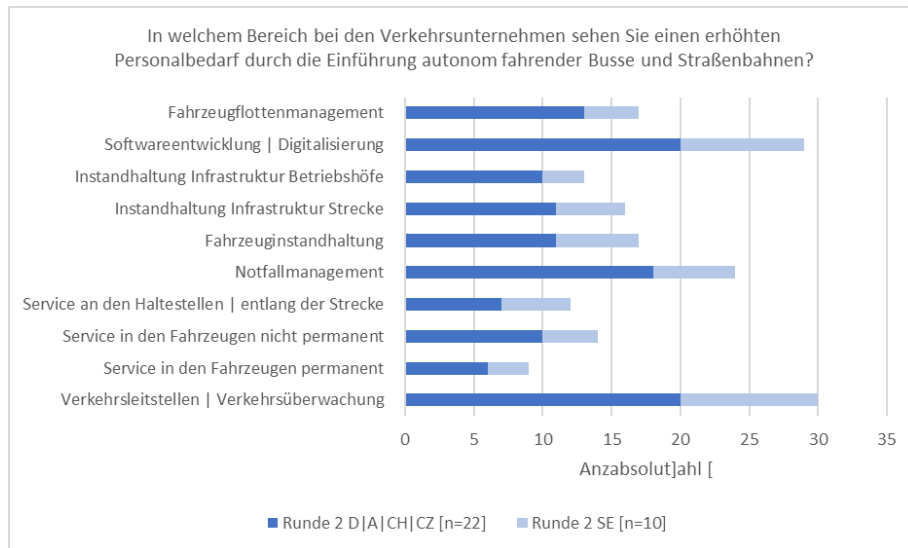


Abbildung 63 - Ergebnisauswertung Themenblock 5 Runde 1 zu Runde 2 (14|14)

Das Antwortverhalten zeigt deutlich, dass die Expert:innen davon ausgehen, dass durch die Einführung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge in vielen Bereichen mehr Personal benötigt wird, als heute. Die Frage danach wird in Runde 1 noch ausschließlich offen gestellt. In der offenen Frage in Runde 2, die ergänzenden Charakter hat, werden noch folgende Antworten\* gegeben:

- Thema Technische Aufsicht und AFBGV, „Dort (und in der Field Operation) wird der Personalbedarf entstehen.“
- Security | Sicherheitsdienste

\*) Auszug, der sich von den vorgegebenen Antwortoptionen der geschlossenen Frage deutlich unterscheidet

## Themenblock 6 „Perspektiven der Barrierefreiheit autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“:

In diesem Themenblock bleiben die ersten Fragen unverändert. Die beiden offenen Fragen aus Runde 1 werden in zwei geschlossene Fragen überführt. Die betroffenen Fragen | Thesen sind mit einem lilafarbenen Punkt kenntlich gemacht.

*These: Bis zum Jahr 2035 werden insbesondere autonom fahrende Busse vollständig den Ansprüchen der Barrierefreiheit genügen. Das heißt, dass die technischen Möglichkeiten so weit ausgereift sein werden, dass bspw. Rollstuhlfahrende verlässlich und sicher befördert werden.*

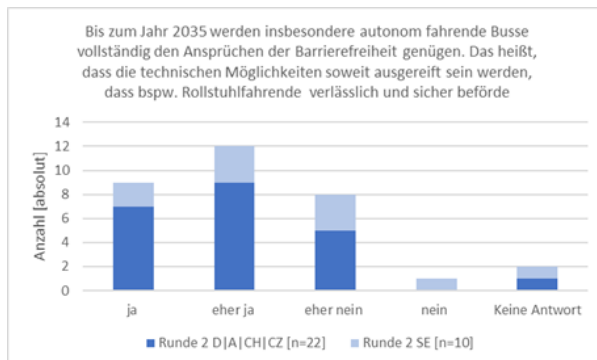
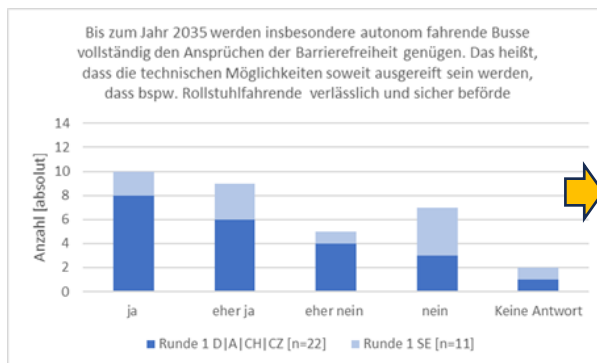


Abbildung 64 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (1|4)

Eine deutliche Mehrheit der Expert:innen stimmt der These zu. Ein klares „nein“ geben in Runde 1 noch sieben Expert:innen ab, in Runde 2 ist es nur noch eine:r. Die Enthaltungen bleiben unverändert. Dies gilt nahezu für Deutschland und Schweden gleichermaßen.

Frage: Werden autonom fahrende Busse die Barrierefreiheit verbessern?

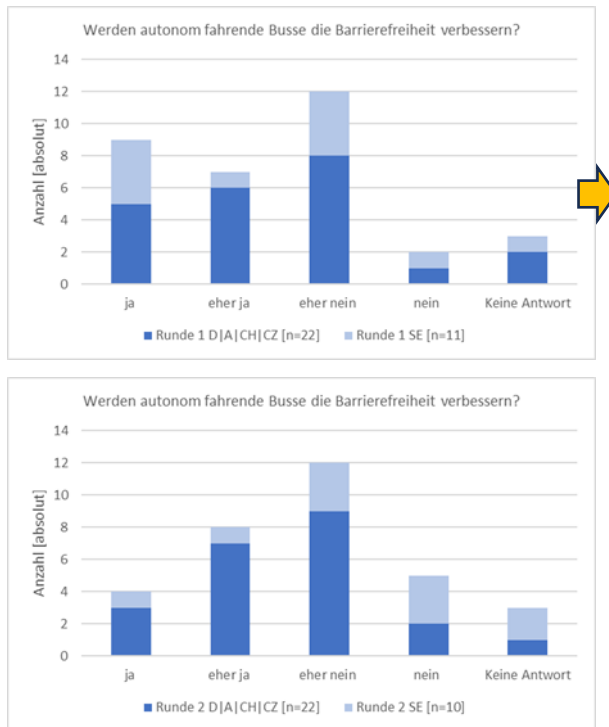


Abbildung 65 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (2|4)

Eine Mehrheit verneint die Frage. Während in Runde 1 diese Frage noch von neun Befragten mit „ja“ beantwortet wird, sind es in Runde 2 nur noch vier. In Runde 2 antworteten nur zwei mit „nein“, in Runde 2 bereits fünf. Es ist ein klarer Trend zur Verneinung und Relativierung zu erkennen, was für Deutschland und Schweden zutrifft.

Frage: Wie bewerten Sie den aktuellen Entwicklungsstand und die Aussichten zur Berücksichtigung einer vollständigen Barrierefreiheit bei autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen.

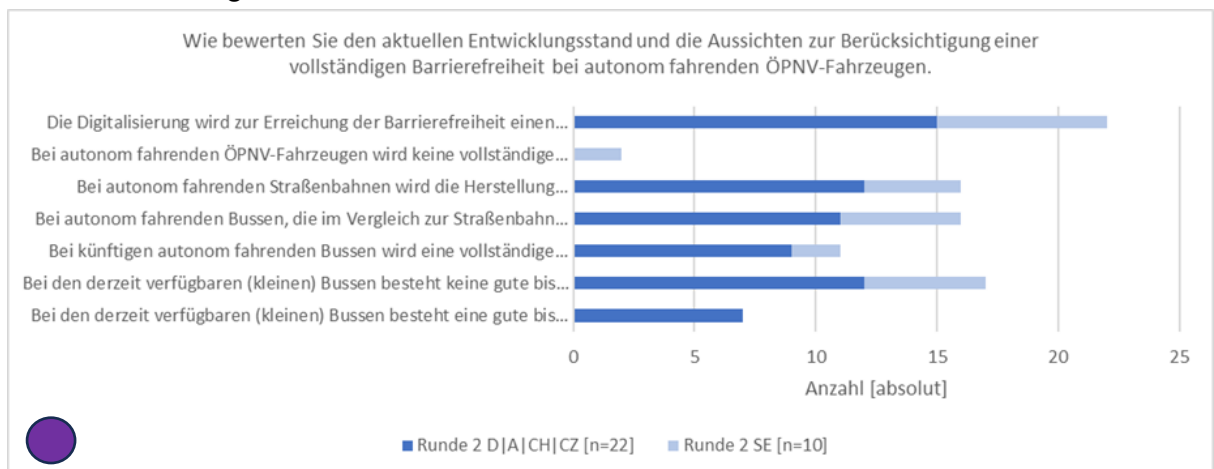


Abbildung 66 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (3|4)

Viele Expert:innen sind der Auffassung, dass die Digitalisierung eine große Rolle beim Thema Barrierefreiheit (in diesem Zusammenhang) spielen wird. Häufig wird auch geantwortet, dass es bei Straßenbahnen tendenziell leichter sein wird, Barrierefreiheit umzusetzen, als bei Bussen. Ebenso sind viele Expert:innen der Meinung, dass die derzeit verfügbaren Fahrzeuge die Barrierefreiheit nicht adäquat abbilden.

Frage: Für welche Personengruppe(n) können autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge hinsichtlich der Barrierefreiheit vermutlich problematisch werden?

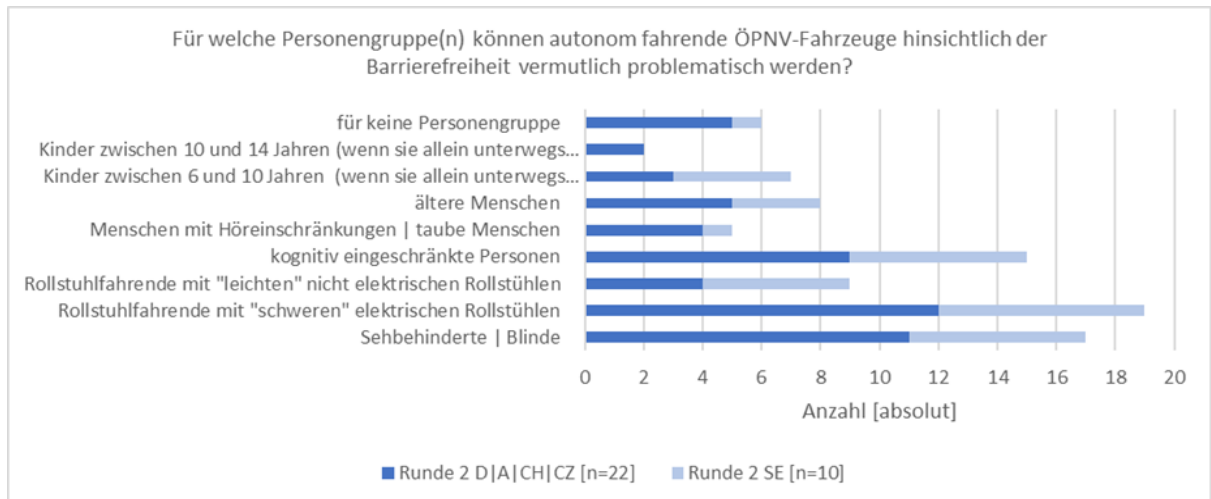


Abbildung 67 - Ergebnisauswertung Themenblock 6 Runde 1 zu Runde 2 (4|4)

Bei der Frage nach den Personengruppen, für die autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge vermutlich problematisch werden wird, votierten viele Expert:innen vor allem für Menschen mit elektrischen Rollstühlen, gefolgt von Sehbehinderten und kognitiv eingeschränkten Personen. Bei Kindern werden Probleme deutlich mehr bei den 6- bis 10-Jährigen, denn bei den 10- bis 14-Jährigen gesehen.

## Themenblock 7 „Allgemeine Fragen zum aktuellen Forschungs- und Entwicklungsstand autonom fahrender Straßenbahnen und Busse“:

Die Fragen bleiben in Runde 2 unverändert. Zunächst werden den Expert:innen die folgenden offenen Fragen gestellt:

Was wirkt derzeit aus Ihrer Sicht am hinderlichsten auf die Forschung und Entwicklung an autonom fahrenden Straßenbahnen bezüglich politischer Rahmenbedingungen? Wenn möglich, denken Sie an Ihre Antwort in der ersten Befragungsrunde und versuchen Sie, Ihre Aussagen zu präzisieren, bzw. zu unterstützen.

Worin bestehen derzeit aus Ihrer Sicht die größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen? Wenn möglich, denken Sie an Ihre Antwort in der ersten Befragungsrunde und versuchen Sie, Ihre Aussagen zu präzisieren, bzw. zu unterstützen.

Die beiden gleichen Fragen werden so dann auch noch einmal für Busse gestellt. In der folgenden Tabelle sind die wesentlichsten (Einzel)-Antworten\* aufgeführt:

\*) Wörtliche Übernahmen von Antworten sind mit „...“ versehen. Eine Länderunterscheidung in D|A|CH|CZ und SE wird zweckmäßig nicht gemacht.

| Politische Rahmenbedingungen für Straßenbahnen  | Politische Rahmenbedingungen für Busse   |
|---|--|
| Hohe Kosten   | Mangelnde Finanzierung   |
| Notwendigkeit des Abwartens, bis Technologie in Kraftfahrzeugen ausgereift ist  | Mangelnde gesetzliche Grundlagen durch Kraftfahrtbundesamt   |
| Zu wenig Finanzierung in Europa (ob es bspw. in den USA anders ist, wurde nicht gesagt)   | Zu wenig Finanzierung in Europa (ob es bspw. in den USA anders ist, wurde nicht gesagt)  |
| Zu lange Innovationszyklen  | Zu lange Innovationszyklen   |
| Ungelöste ethische Fragen   | Ungelöste ethische Fragen  |
| Fehlende größere Reallabore   | Fehlende Fahrzeuge für Reallabor-Projekte  |
| Fehlende Bereitschaft zum Testen auf kommunaler Ebene   | Kaum Fahrzeughersteller (verständlicherweise) vorhanden  |
| Fehlende einheitliche Regelungen und Normen   | Fehlender Wille in der Politik   |
| Geringe Akzeptanz in der Bevölkerung  | Da die Finanzierung der Forschung oftmals durch die Hersteller erfolgt, werden Ergebnisse nicht publiziert. Es ist mehr öffentliche finanzielle Förderung notwendig.   |
| Technische Probleme bei Straßenbahnen   | Technische Probleme bei Bussen   |
| Sicherheit auf offener Strecke  | Sicherheit auf offener Strecke   |
| Signaltechnik   | Erkennung von Fehlern   Schwächen anderer Verkehrsteilnehmenden  |
| lange Finanzierungszyklen, „Um Betriebseinschränkungen zu vermeiden, muss daher die Technik von Beginn an ausreichend installiert sein (Hardware), so dass nur noch SW-Updates und DevOps während der Finanzierungszeit anfallen. Dieser ausreichende Technikstand ist heute nicht existent bzw. nicht bezahlbar / refinanzierbar durch den öffentlichen Sektor.“ | „Es wird zu viel in den Marktgeometrien des ÖPNV gedacht. Der ÖPNV stellt jedoch das "alte System" dar (ähnlich wie Kohle in Bezug auf Wind) und es wird das "neue" System mit autonomen Serviceagenten benötigt, um die gesellschaftlichen Vorteile eines öffentlichen Verkehrs zu heben (Sicherheit, Klima, Profitabilität der Akteure)“ |
| Kreuzungen und Weichen (Fahrweg)  | Umgang mit Störungen im Betriebsablauf   |
| Umgang mit Störungen im Betriebsablauf  | Sicherheit im Betrieb bei gleichzeitigem Einhalten des Fahrplanes  |
| Schnelle Personalverfügbarkeit bei Störungen auf der Strecke  | Umgang mit Konfliktsituationen (erkennen, vermeiden, abwägen)  |

|   |   |
|---|---|
| Umgang mit Konfliktsituationen (erkennen, vermeiden, abwägen)     | Erkennen von Behebungen von Fahrzeugproblemen unterwegs |
| Erkennen von Behebungen von Fahrzeugproblemen unterwegs           |   |
| Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmenden                     |   |
| Sicherheit im Betrieb bei gleichzeitigem Einhalten des Fahrplanes |   |

Tabelle 28 - Auswertung offene Fragen Themenblock 7 Runde 2

Frage: Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden abgestellt sein...

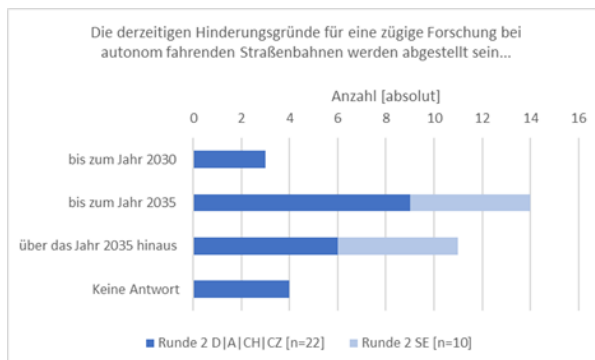
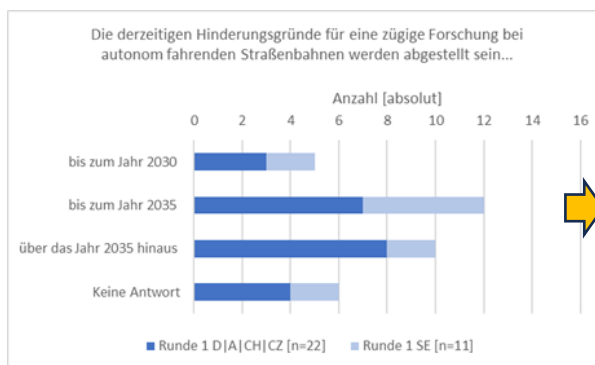


Abbildung 68 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (1|4)

Bei Straßenbahnen fallen die Erwartungen bis zum Jahr 2035 vs. darüber hinaus geteilt aus. In Runde 2 stellt sich eine Abnahme bei der Erwartung bis zum Jahr 2030 in Richtung 2035 und darüber hinaus ein.

Frage: Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Straßenbahnen werden gelöst sein...

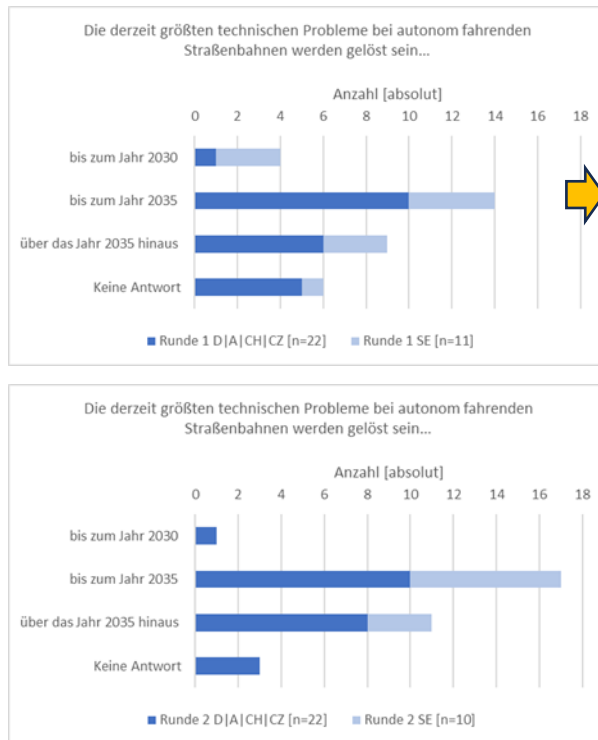


Abbildung 69 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (2|4)

Es können nahezu die gleichen Schlussfolgerungen gezogen werden, wie in der vorangegangenen Frage. Im Vergleich zu Runde 1 gibt es weniger Enthaltungen und mehr Expert:innen gehen bis 2035 vom Lösen der Probleme aus.

Frage: Die derzeitigen Hinderungsgründe für eine zügige Forschung bei autonom fahrenden Bussen werden abgestellt sein...

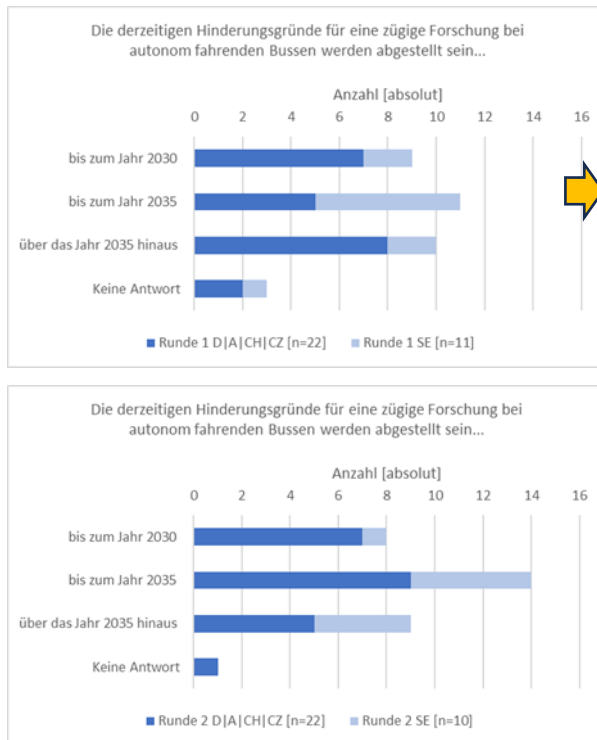


Abbildung 70 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (3|4)

Bei Bussen sind deutlich mehr Expert:innen der Meinung, dass Hinderungsgründe bis zum Jahr 2030 abgestellt sein werden, als bei Straßenbahnen. Es gibt weniger Enthaltungen als bei Straßenbahnen. Zwischen beiden Runden gibt es keine wesentlichen Veränderungen.

Frage: Die derzeit größten technischen Probleme bei autonom fahrenden Bussen werden gelöst sein...

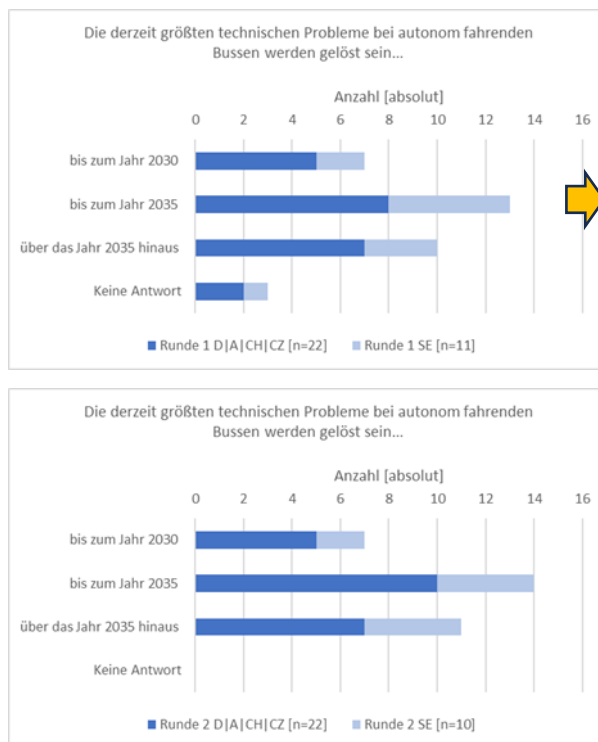


Abbildung 71 - Ergebnisauswertung Themenblock 7 Runde 1 zu Runde 2 (4|4)

Es können ähnliche Schlussfolgerungen gezogen werden, wie in der vorangegangenen Frage. Im Vergleich zu Runde 1 gibt es keine Enthaltungen und mehr Expert:innen gehen bis 2035 vom Lösen der Probleme aus.

### 3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Mini-Delphi als Technologievorausschau im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit zur Zukunft des autonomen Fahrens von Straßenbahnen und Bussen im ÖPNV wurde in Form von zwei Befragungsrunden in den Monaten April und Mai 2024 durchgeführt. In insgesamt sieben Themenblöcken mit Thesen | Fragen konnte ein umfangreiches Bild über die Erwartungen der befragten Expert:innen zur Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden skizziert werden. Über den achten Themenblock zum beruflichen Background und der Expertise der Expert:innen konnte transparent nachgewiesen werden, dass es sich bei den befragten Expert:innen tatsächlich um Personen mit überwiegend viel Berufserfahrung und Bezug zur thematisierten Materie handelt. An der Befragung haben Expert:innen aus vorwiegend Deutschland und Schweden, sowie vereinzelt aus Österreich, der Schweiz und Tschechien teilgenommen. Ihnen allen gilt großer Dank an dieser Stelle auszusprechen, denn nur durch ihre Teilnahme konnte die vorliegende Untersuchung im Rahmen dieser Masterarbeit entstehen. Im Folgenden wird nicht noch einmal dezidiert auf jede einzelne Frage These eingegangen, sondern eine kompakte Zusammenfassung erarbeitet, die sich auf Kernaussagen in den einzelnen Themenblöcken fokussiert. Mit durchgehend 22 Teilnehmenden aus dem deutschsprachigen Raum (inkl. Tschechien) und zum Schluss 10 Teilnehmenden von ursprünglich 11 aus Schweden, handelte es sich um eine internationale Befragung bestehend aus rund 2/3 Deutschen (inkl. A|CH|CZ) und rund 1/3 Schwed:innen. Lediglich ein:e Expert:in (Schweden) aus der ersten Runde hat an der zweiten nicht mehr teilgenommen.

Die Expert:innen erachten autonom fahrende Straßenbahnen und Busse als Voraussetzung für die Verkehrswende. Diese Ansicht vertritt man in Deutschland und Schweden. Viele gehen zudem davon aus, dass autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge bis zum Jahr 2035 eine Selbstverständlichkeit sein werden, obgleich eine nicht zu vernachlässigen Zahl der Befragten das nicht unbedingt so sieht. Ob autonom fahrende Busse einmal flächendeckend auch auf stark frequentierten Gelenkbuslinien zum Einsatz kommen werden, da sind sich die Teilnehmenden uneins. In Schweden sieht man das etwas optimistischer als in Deutschland. Ferner sind sich die Expert:innen relativ uneins, ob es Straßenbahnen künftig einmal schaffen werden, autonom auch auf straßenbündigen Bahnkörpern zu verkehren. Das ist jedoch für einen flächendeckenden, netzweiten Einsatz in den meisten Straßenbahnunternehmen jedoch eine Voraussetzung.

Bei den Fragen nach dem aktuellen Entwicklungsstand und dem zu erwartenden Entwicklungsfortschritt werden teilweise sehr differenzierte Antworten gegeben. Zwar sind die meisten der Expert:innen der Auffassung, dass es bereits sowohl bei Bussen als auch bei Straßenbahnen Nutzen bringende Forschungsergebnisse

gibt. Doch gleichzeitig wird auch eine gewisse Stagnation in der Entwicklung derzeit festgestellt. Bussen scheiden die Befragten einen fortgeschritteneren Entwicklungsstand zu, als Straßenbahnen. Insbesondere im Straßenbahnbereich wird ein baldiger Einsatz autonomer Fahrzeuge mit Fahrgästen eher von den wenigsten gesehen. Ob autonom fahrende Straßenbahnen einmal zeitiger verfügbar sein werden, oder eben autonom fahrende Busse, konnte nicht klar eruiert werden. Hier sind sich die Expert:innen eher uneinig. Offenbar gibt es derzeit noch keinen zufriedenstellenden, bzw. auskömmlichen internationalen Austausch von Forschungsergebnissen. Das ist umso bemerkenswerter, da die Expert:innen sowohl in Deutschland als auch in Schweden, der Forschung auf dem Gebiet der autonomen Straßenbahnen und Busse eine große Bedeutung beimessen. Da Straßenbahnen systembedingt im Vergleich zu Bussen auf eine gänzlich andere Fahrweginfrastruktur angewiesen sind, gilt es bei Straßenbahnen auch die Infrastruktur gesondert zu betrachten. Hierbei sind sich Befragten einig, dass diese Besonderheiten noch nicht auskömmlich analysiert sind. Eher uneins sind sie sich hingegen, ob diese Besonderheiten bis zum Jahr 2035 gelöst sein werden, bzw. geben einige dazu keine Aussage ab. Für autonom fahrende Straßenbahnen und Busse werden eindeutig höhere Beschaffungskosten im Vergleich zu heutigen, nicht autonom fahrenden Fahrzeugen, erwartet. Ebenso gehen die Befragten von höheren Infrastrukturkosten bei autonom fahrenden Straßenbahnen, als auch bei autonom fahrenden Bussen aus.

Die Expert:innen wurden auch nach ihren Erwartungen an die künftige Forschung und nach den Hinderungsgründen für eine zügige Forschung befragt. Im Kern wird die mangelnde Finanzierung, maßgeblich im deutschsprachigen Raum, als Problem gesehen. Die ÖPNV-Branche ist auf Grund ihres weit verbreiteten Finanzierungsmodells kaum in der Lage, maßgeblicher Finanzier zu sein. Die derzeit noch zu wenigen Fahrzeughersteller und offenbar deren mangelnde Bereitschaft, Forschungsergebnisse zu publizieren, spielen nach Aussagen einiger Expert:innen auch eine Rolle. Sehr oft wurden auch die nicht geklärten rechtlichen und ethischen Aspekte benannt, sowie fehlende einheitliche Regelungen und Normen. Diese Aussagen treffen mit Schwankungen mehr oder weniger auf Busse und Straßenbahnen zu. Rund die Hälfte der Expert:innen ist der Auffassung, dass die (auszugsweise) genannten Hinderungsgründe für eine zügige Forschung an autonom fahrenden Straßenbahnen bis zum Jahr 2035 abgestellt sein werden. Gleiches gilt für die Lösung der momentan noch bestehenden technischen Probleme. Bei Bussen sieht das tendenziell optimistischer aus. Eine deutliche Mehrheit geht davon aus, dass die Hinderungsgründe für autonom fahrende Busse bis zum Jahr 2035, oder gar davor, abgestellt sein werden. Gleiches gilt für die Behebung der momentan bestehenden größten technischen Probleme. So wird für autonom fahrende Busse offenbar ein zügigerer Durchbruch erwartet als beim Verkehrsmittel autonom fahrende Straßenbahn.

Sehr viel Klärungsbedarf erkennen die Expert:innen bei rechtlichen Fragen. Es werden umfangreiche Anpassungen im Verkehrs- und im Haftungsrecht erwartet. Ferner ist der überwiegende Teil der Teilnehmenden der Meinung, dass rechtliche Fragen heute noch nicht erschöpfend aufgestellt sind. Immerhin gehen die meisten jedoch davon aus, dass die Zeit bis zum Jahr 2035 ausreichen wird, um diese rechtlichen Fragen vollumfänglich zu klären.

Autonom fahrende Straßenbahnen und Busse werfen auch im sozialen Kontext viele Fragen auf. Dieses Themenfeld ist sehr facettenreich. Nicht zuletzt würde es den Fahrer:innenberuf bei einem flächendeckenden Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge zumindest so in der heutigen Form nicht mehr geben. Die Befragten sind sich uneins, ob es bei einem zeitlich näher rückenden Einsatz autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge schwieriger wird, ausreichend Fahrpersonal vorzuhalten. Gleichzeitig gehen nahezu alle davon aus, dass der Fahrer:innenberuf bis zum Jahr 2035 immer noch eine Zukunft haben wird. Sie sagen mehrheitlich jedoch ebenso, dass es bei einer zunehmenden Diskussion um die Einführung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge immer schwieriger wird, Nachwuchsfachkräfte für den Fahrdienst zu generieren. Ein großes soziales „Sprengkraftpotenzial“ sehen die meisten Teilnehmenden nicht, sie rechnen auch nicht mit einem größeren gesellschaftlichen „Gegenwind“. Dass durch die flächendeckende Einführung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge viele Arbeitsplätze im ÖPNV verloren gehen, davon gehen die wenigsten Expert:innen aus. Es wird hingegen mit einer deutlichen Verlagerung an Personalbedarf in anderen Tätigkeitsbereichen innerhalb der ÖPNV-Branche, bzw. den Verkehrsunternehmen erwartet. Insofern bietet das Thema auch in der Arbeitswelt neue Chancen. Die meisten Teilnehmenden sind der Auffassung, dass soziale Auswirkungen auf die Beschäftigten im ÖPNV noch nicht ausreichend analysiert sind. Es wird offenbar hierbei noch entsprechender Forschungsbedarf gesehen. Es wird davon ausgegangen, dass autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge die Verkehrssicherheit, insbesondere für schwächere Verkehrsteilnehmende, verbessern. Tritt dies tatsächlich ein, so wäre das ein großer Gewinn für die gesamte Gesellschaft. Zwar wird nicht erkannt, dass autonom fahrende ÖPNV-Fahrzeuge auf grundsätzliche Akzeptanzprobleme bei Fahrgästen stoßen werden. Doch gleichzeitig ist anzumerken, dass die überwiegende Mehrheit der Expert:innen davon ausgeht, dass fahrer:innenlose Fahrzeuge bei Dunkelheit und schwachem Besetzungsgrad auch eine abschreckende Wirkung entfalten können. Hier spannt sich wieder der Bogen zu neuen Tätigkeitsfeldern im Service.

Die Barrierefreiheit ist ein gesetzlich vorgeschriebenes Merkmal für Fahrzeuge und Infrastruktur im ÖPNV. Es gibt mehrere nationale und internationale Rechtsgrundlagen für die Wahrung der Rechte mobilitätseingeschränkter Menschen. Für den ÖPNV ist es maßgeblich das PBefG mit seinen Festlegungen. So heißt es in § 8 PBefG „...**Der Nahverkehrsplan hat die Belange der in ihrer Mobilität oder sensorisch eingeschränkten Menschen mit dem Ziel zu**

**berücksichtigen, für die Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs bis zum 1. Januar 2022 eine vollständige Barrierefreiheit zu erreichen.** *Die in Satz 3 genannte Frist gilt nicht, sofern in dem Nahverkehrsplan Ausnahmen konkret benannt und begründet werden. Im Nahverkehrsplan werden Aussagen über zeitliche Vorgaben und erforderliche Maßnahmen getroffen.*“ Damit steht der ÖPNV heute und auch in den nächsten Jahren noch vor Herausforderungen und der Einsatz autonom fahrender Fahrzeuge darf keine Verschlechterungen bringen, sondern mindestens den gleichen Standard wie heutige Fahrzeuge. Zwar gehen die meisten Expert:innen davon aus, dass die Barrierefreiheit auch mit autonom fahrenden ÖPNV-Fahrzeugen gelingen wird, vor allem bei der Straßenbahn. Von einer Verbesserung (bei Bussen) gehen aber die wenigsten aus. Nichtsdestotrotz sehen die Befragten aber auch Personengruppen, für die die Nutzung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge aus heutiger Sicht problematisch werden kann. Vor allem für Menschen mit einem hohen Einschränkungsgrad, wie Nutzende elektrischer Rollstühle, Blinde oder gar kognitiv eingeschränkte Fahrgäste, könnte die Nutzung autonom fahrender ÖPNV-Fahrzeuge problematisch werden, sodann keine parallelen Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Auch hier gibt es noch eine Reihe ungeklärter Aspekte, die innerhalb des Betrachtungszeitraumes zu lösen sind.

Auch wenn bei einigen Fragen eine Verschiebung der anteiligen Verhältnisse der Expert:innenmeinungen zwischen Deutschland (inkl. A|CH|CZ) auf der einen und Schweden auf der anderen Seite erkennbar ist, so kann kein wirklicher Unterschied in der Zukunftserwartung zwischen beiden Ländern erkannt werden. Offenbar liegen die Bewertung des Istzustandes und der Zukunftsvorausschau innerhalb Europas vergleichsweise nah beieinander.

## 4 Fazit und Ausblick

Autonomes Fahren im ÖPNV mit Straßenbahnen und Bussen ist vor allem für die Verkehrsunternehmen, die Aufgabenträger:innen, Verkehrsplaner:innen, Fahrzeugherstellenden, aber auch für Vertreter:innen der Mitarbeitenden ein tendenziell brancheninternes Thema. Der ÖPNV steht vor großen Herausforderungen, denn nicht zuletzt im Sinne der Agenda 2030 muss er einen wesentlichen Beitrag zur Verkehrswende bei immer größer werdendem Fachkräftemangel leisten. Es stellt sich die Frage, inwieweit autonomes Fahren bei Straßenbahnen und Bussen hier zur Entspannung und zum Gelingen dieses Ziels einen Beitrag leisten kann? Dabei geht es nicht nur um die rein technische Realisierung, sondern auch um soziale Aspekte.



Abbildung 72 - Straßenbahnen (hier in Stockholm, SE) müssen mit sehr vielen Wechselwirkungen aus ihrer Umgebung sicher zurechtkommen. Wann dies einmal ohne Fahrpersonal gelingt, kann heute noch nicht gesagt werden.



Abbildung 73 - Auch Busse (hier in Märsta, SE) sind diesen Wechselwirkungen ausgesetzt und zudem nicht spurgeführt.

Im Rahmen der vorliegenden Masterarbeit wurden mit dem Werkzeug der Delphi-Methode hierzu ausgewählte Expert:innen vornehmlich in Deutschland und Schweden, aber vereinzelt auch in Österreich, der Schweiz und Tschechien befragt. Das Werkzeug „Delphi“ hat sich als anonymes Diskussionsinstrument im Rahmen der Technologievorausschau in dieser Befragung bewährt. Durch das zweistufige Vorgehensmodell konnten Veränderungen im Antwortverhalten und in vielen Fällen innerhalb der Themenblöcke eine Mehrheitsmeinung herausgearbeitet werden. Doch auch bei mehrheitlichen Antworten war es in den meisten Fällen so, dass es nahezu stets dennoch auch einen nicht unerheblichen Anteil an Meinungen gab, der von der Mehrheitsmeinung abwich. Bei einigen Fragen | Thesen blieben sich die Expert:innen schlussendlich uneins, was ebenso ein Ergebnis ist. Es konnte herausgearbeitet werden, dass es kein gravierendes Gefälle zwischen Deutschland (inkl. A|CH|CZ) und Schweden gibt. Lediglich innerhalb der Länder schwanken die Meinungen hingegen.

Die Expert:innen gehen von einer Etablierung autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in den nächsten zehn Jahren aus. Es gibt gute Fortschritte in der Forschung, bei Bussen mehr als bei Straßenbahnen. Doch es bestehen noch in allen hier behandelten Themen Forschungsaufgaben. Viel kann entsprechend der Antworten der Expert:innen bis zum Jahr 2035 erreicht werden, auch wenn vermutlich nicht alles bis dahin realisiert sein wird.

Dass der ÖPNV durch das autonome Fahren preiswerter wird, davon ist kaum auszugehen. Doch für die Stabilisierung des bestehenden, sowie den Ausbau eines künftigen, noch umfangreicheren Verkehrsangebots werden autonom fahrende Straßenbahnen und Busse sicherlich in Zukunft ihren Beitrag leisten müssen. Insofern muss die Forschung vorangetrieben werden. Dafür sind langfristige Finanzierungen bereitzustellen und die Ergebnisse international gut auszutauschen, um davon partizipieren zu können. Es braucht ein stärkeres und klares Bekenntnis zum autonomen Fahren im ÖPNV durch die Politik.

Neben einer Vielzahl technischer Aspekte, sind soziale Fragen offen und transparent zu diskutieren. Das vielleicht zu Teilen bestehende „Schreckgespenst“ des Arbeitsplatzvernichters muss frühzeitig abgebaut und vor allem die Beschäftigten in der ÖPNV-Branche sehr frühzeitig mitgenommen werden, um Ängste und Vorurteile nicht erst aufkeimen zu lassen.

Wenn man die im ersten Teil der Arbeit gewonnene Praxismeinung am Beispiel aus Karlsruhe heranzieht und mit den Ergebnissen der hier durchgeführten Mini-Delphi vergleicht, führt der Weg am autonomen Fahren im ÖPNV nicht vorbei.

## Literatur

Monografien und Herausgeberschaften:

von Hauf, Michael (2021): Nachhaltige Entwicklung, Grundlagen und Umsetzung; 3., überarbeitete und erweiterte Auflage, Oldenbourg (De Gruyter)

Häder, Michael (2014): Delphi-Befragungen, Ein Arbeitsbuch; 3. Auflage, Springer VS Wiesbaden

Cuhls, Kerstin (2019): Die Delphi-Methode – eine Einführung, Springer Vieweg, Wiesbaden

Veröffentlichungen im Internet:

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – „Und wer fährt“, VDV-Branchenumfrage zum Personalbedarf; Online unter URL:

<https://www.vdv.de/personal-und-fachkraeftebedarf-im-oePNV.aspx> (Abruf Mai | Juni 2024)

ZF Friedrichshafen AG – „Autonomes Fahren – Die Stufen zum selbstfahrenden Fahrzeug“; Online unter:

[https://www.zf.com/mobile/de/technologies/automated\\_driving/stories/6\\_levels\\_of\\_automated\\_driving.html](https://www.zf.com/mobile/de/technologies/automated_driving/stories/6_levels_of_automated_driving.html) (Abruf Mai 2024)

Kraftfahrtbundesamt; Automatisiertes | Autonomes Fahren | Automatisierungsstufen, Online unter:

[https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes\\_automatisiertes\\_Fahren/autonomes\\_Fahren\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Themen/Typgenehmigung/Autonomes_automatisiertes_Fahren/autonomes_Fahren_node.html) (Abruf Mai | Juni 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – „Mobi-Wissen Busse und Bahnen von A bis Z“; Online unter: <https://www.mobi-wissen.de/Verkehr/Kraftomnibus> (Abruf Mai | Juni 2024)

Mercedes-Benz; Online unter: [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_LU/models/citaro/facts/facts-citaro.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_LU/models/citaro/facts/facts-citaro.html) (Abruf Mai 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – Positionspapier „Autonomer Fahrbetrieb bei Straßenbahnen“; Online unter: <https://www.vdv.de/vdv-positionspapier-autonomer-fahrbetrieb-von-strassenbahnen-2019-08.pdf> (Abruf Juni 2024)

Siemens Mobility – „Autonome Trams auf der Schiene und im Depot“; Online unter: <https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/fahrzeuge/strassenbahnen/autonome-strassenbahn.html> (Abruf Mai | Juni 2024)

Hörmann, Vehicle Engineering; Online unter: <https://www.hoermann-engineering.de/de/innovationen/automation> (Abruf Mai 2024)

MAN Truck and Bus; Online unter:

<https://press.mantruckandbus.com/corporate/de/man-truck--bus-macht-stadtbusse-mit-mobileye-autonom/> (Abruf Mai | Juni 2024)

Nobina Sverige; Online unter: <https://www.nobina.com/sv/nobina-technology/sjalvkorande-bussar/> (Abruf Mai 2024)

Järfalla Kommun; Online unter:

<https://www.jarfalla.se/nyheter/nyheter/artiklar/nurullardensjalvkorandebussenibar-karbystadenforsistagangennastan.5.9afd6e118ac43364f174650.html> (Abruf Mai | Juni 2024)

Statens väg- och forskningsinstitut (VTI); Online unter:

<https://www.vti.se/forskning/fordonsteknik-och-korsimulering/sjalvkorande-buss> (Abruf Juni 2024)

Bundesanstalt für Straßenwesen (bast); Online unter:

<https://www.bast.de/DE/Kurzinfos/Fahrzeugtechnik/2020/F-02.html> (Abruf Mai | Juni 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – „Eckpunkte zum Rechtsrahmen für einen vollautomatisierten und fahrerlosen Level 4 Betrieb im öffentlichen Verkehr“, Online unter: <https://www.vdv.de/eckpunkte-zum-rechtsrahmen-fuer-das-autonome-fahren-im-oev.aspx> (Abruf Mai 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) – „Daten & Fakten: statistik zum öffentlichen Personennahverkehr und Güterverkehr in Deutschland“, Online unter: <https://www.vdv.de/daten-fakten.aspx> (Abruf Mai 2024)

### **Internetseiten:**

Vereinte Nationen; Online unter URL: <https://unric.org/de/> (Abruf Juni 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV); Online unter URL:

<https://www.vdv.de/personal-und-fachkraeftebedarf-im-oePNV.aspx> (Abruf Mai | Juni 2024)

Kraftfahrtbundesamt; Online unter URL:

[https://www.kba.de/DE/Themen/Marktueberwachung/Produktpruefungen/AutomatisiertesAutonomesFahren/Automatisierungsstufen/Automatisierungsstufen\\_node.html](https://www.kba.de/DE/Themen/Marktueberwachung/Produktpruefungen/AutomatisiertesAutonomesFahren/Automatisierungsstufen/Automatisierungsstufen_node.html) (Abruf Mai 2024)

Straßenbahn-Info; Online unter: <https://autonome-strassenbahn.webnode.page/info/> (Abruf Mai 2024)

Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV); Online unter: <https://www.vdv.de/innovationslandkarte.aspx> (Abruf Mai 2024)

Statista; Online unter:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/168397/umfrage/modal-split-im-personenverkehr-in-deutschland/> (Abruf Mai | Juni 2024)

**Expert:inneninterviews:**

Samer, Sada; Transportstyrelsen Sverige; E-Mail-Interview vom Mai 2024

Prof. Dr. Pischon, Alexander; VBK Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH; E-Mail-Interview vom Mai 2024  
Höglmeier, Christian; VBK Verkehrsbetriebe Karlsruhe GmbH; E-Mail-Interview vom Mai 2024

**Anhang**

Anhang A-1\_DE - Screenshots LimeSurvey 1. Befragungsrunde (Deutsch)

Anhang A-1\_SE - Screenshots LimeSurvey 1. Befragungsrunde – (Schwedisch)

Anhang A-2\_DE - Screenshots LimeSurvey 2. Befragungsrunde – (Deutsch)

Anhang A-2\_SE - Screenshots LimeSurvey 2. Befragungsrunde – (Schwedisch)

Anhang A-3\_DE - Diagramme Auswertung 1. Befragungsrunde – (Deutsch)

Anhang A-3\_SE - Diagramme Auswertung 1. Befragungsrunde – (Schwedisch)

Anhang A-4\_DE - Diagramme Auswertung 2. Befragungsrunde – (Deutsch)

Anhang A-4\_SE - Diagramme Auswertung 2. Befragungsrunde – (Schwedisch)

Anhang A-5\_SE - Zusammenfassung der Ergebnisse auf Schwedisch

## Autor:innen



### **Tobias Tannenhauer**

studierte von 2005 bis 2009 Verkehrssystemtechnik an der Westsächsischen Hochschule Zwickau. Er arbeitet seit 2009 als Dipl.-Ing. (FH) in einem kommunalen Verkehrsunternehmen mit Bussen und Straßenbahnen. Zunächst war er für die Verbesserung betrieblicher Abläufe im Bus- und Straßenbahnbetrieb verantwortlich. Heute ist er seit gut zehn Jahren als Projekt- und zuletzt auch als Abteilungsleiter für die Planung, den Bau und die Inbetriebnahme von Straßenbahninfrastrukturvorhaben verantwortlich. Ferner ist er im gleichen Unternehmen stellv. Betriebsleiter (BOStrab) für Straßenbahnunternehmen. Im Oktober 2024 schloss er das berufsbegleitende Masterstudium „Nachhaltigkeitstechnologien und -management“ an der Wilhelm-Büchner-Hochschule ab.



### **Prof. Dr. Ralf Isenmann**

vertritt seit 2017 die Professur für BWL im Innovations- und Technologiemanagement am Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen und Technologiemanagement (WITM) an der WBH. Seine Schwerpunkte in Forschung und Lehre, Projekten und Publikationen liegen an den Schnittstellen zwischen Technologie- und Innovationsmanagement mit Schwerpunkten in Technologie-Roadmapping, Szenario-Analyse sowie Delphi-Methode einerseits und Nachhaltigkeitsmanagement mit Schwerpunkten in Sustainability Reporting, Industrial Ecology und Bildung für nachhaltige Entwicklung andererseits.

# Überblick über die Bände der Schriftenreihe

- Band 1 / 2022**      **Christoph Sternberg, Ralf Isenmann**  
Untersuchung regionaler Besonderheiten im Individualverkehr bei ausgewählten deutschen Smart-City-Projekten
- Band 2 / 2022**      **Fabian Fries, Manfred Hahn**  
Dynamik von Doppelstern-Systemen
- Band 3 / 2022**      **Stefan Kaden, Ralf Isenmann**  
IT based Framework facilitating Technology Roadmapping striving for Sustainability
- Band 4 / 2022**      **Hannah Seibel, Manfred Hahn**  
Von der Raupe zur Drohne – Leichtbau in Anlehnung an die Natur
- Band 5 / 2022**      **Thomas König, Manfred Hahn**  
Statische Festigkeitsberechnung einer 5-Speichen Fahrradfelge aus Faserverbund-kunststoff
- Band 6 / 2022**      **Alrik Selle, Manfred Hahn**  
Ertüchtigung der automatisierten Wetterbeobachtung unter extremen Vereisungen
- Band 7 / 2022**      **Valerie Seitz, Birgit Zimmermann**  
Nachhaltiges Energiekonzept für einen Bauernhaushalt im ländlichen Äthiopien
- Band 8 / 2022**      **Volker Kempf, Helge Nuhn**  
Validation of personality survey instruments using vector space representations of natural language
- Band 9 / 2022**      **Torben Rippe, Klaus Fischer**  
Umweltökonomische Instrumente und Stakeholdermanagement
- Band 10 / 2023**      **Guido Walz**  
Introduction to Extrapolation Algorithms in Numerical Analysis including New Results
- Band 11 / 2024**      **René Kumpf, Rüdiger Breitschwerdt, Helge Nuhn**  
Evaluationskriterien für IT-Reifegradmodelle eine Analyse aus der Literatur mit beispielhafter Anwendung der Ergebnisse
- Band 12 / 2024**      **Kurt Becker, Henrik Bruns, Prof. Dr. Gernot Graebner, Ralf Isenmann**  
Never stop learning – Aktuelle Entwicklung in Unternehmen Jahrestagung 2022  
Forschungscluster Lebenslanges und Selbstgesteuertes Lernen (LSL)
- Band 13 / 2024**      **Transformation gestalten - Wissenschaftsforum 2023**  
**Klaus Fischer, Karsten Glöser, Michael Haag, Ralf Isenmann, Ursula Tischner**  
Introduction to Extrapolation Algorithms in Numerical Analysis including New Results
- Band 14 / 2024**      **Yanez Ahlfs, Nina Golowko**  
Konzept zur Komplexitätsbewältigung für die Produktionsplanung und-steuerung in der auftragsorientierten Werkstattfertigung im Tischlerhandwerk

- Band 15/2026**      **Valerie Seitz, Birgit Zimmermann**  
Nachhaltigkeitsanalyse einer Bauerngemeinschaft in Äthiopien zur Identifikation von Förderpotential zur nachhaltigen ländlichen Entwicklung
- Band 16/ 2026**      **Lukas Ebner, Thomas Wenisch**  
Identifikation und Evaluation von Antriebstopologien in elektrischen Antriebssträngen von Elektrofahrzeugen mittels Patentanalyse
- Band 17/ 2026**      **Jessica Riemer, Ralf Isenmann**  
TRIGA – Forschungsreaktoren und Small Modular Reactors –  
Eine vergleichende technologische Innovationssystemanalyse
- Band 18/ 2026**      **Tobias Tannenhauer, Ralf Isenmann**  
Zukunft autonom fahrender Straßenbahnen und Busse in Deutschland und Schweden im Nachhaltigkeitskontext bis zum Jahr 2035 – ein Mini-Delphi





**wbh**

**WILHELM BÜCHNER  
HOCHSCHULE**

Eine Hochschule der Klett Gruppe

Wilhelm Büchner Hochschule  
Hilpertstraße 31  
64295 Darmstadt

