

Bericht

zu

Einführung von automatisiert fahrenden E-Kleinbussen im GVZ Berlin Süd Großbeeren

für die

**Infrastruktur- und
Projektentwicklungsgesellschaft mbH
(als Treuhänderin der Gemeinde Großbeeren)
Burgstraße 30
14467 Potsdam**

durch

**Interlink GmbH, Berlin (für Büro autoBus)
mit SHP Ingenieure, Hannover und
VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH,
Dresden**

Datum: 19.10.2018

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	4
Tabellenverzeichnis.....	5
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Grundlagenermittlung.....	6
1.1 Bestandsaufnahme	6
1.2 Bedarfsanalyse	11
1.3 Einschätzung Entwicklung.....	13
1.4 Stand der Technik zum autonomen und automatisierten Fahren im ÖV	13
1.5 Marktüberblick Fahrzeuge.....	23
1.6 Rahmenbedingungen	32
2 Konzeption der Betriebsführung.....	32
2.1 Konzeption der Betriebsdurchführung	32
2.2 Erlösabschätzung.....	36
2.3 Kostenabschätzung	38
2.4 Finanzierungsmöglichkeiten	39
2.5 Vertrieb und Tarif	41
2.6 Integration in konventionelles ÖPNV-Angebot	43
3 Umsetzungsplanung.....	44
3.1 Anforderungen an Fahrzeuge und System.....	44
3.2 Infrastruktur.....	47
3.3 Elektromobilitätskonzept.....	73
4 Finanzielle und organisatorische Umsetzungsplanung	86
4.1 Organisation des Betriebes	86
4.2 Konzept für Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung	91
5 Vorbereitung der Testphase.....	96
5.1 Abstell- und Ladeplatz.....	96
5.2 Anforderungen an Operator	98

5.3 Handlungsleitfaden	100
6 Weitere Schritte	117
Anlagen.....	119
Quellenverzeichnis.....	120
Bildnachweise	121

Redaktion

Büro autoBus  Büro autoBus
c/o Interlink GmbH
Wallstraße 58 | 10179 Berlin
Kontakt: Holger Michelmann
T +49 30 280 351 410
M hm@buero-autobus.de



SHP Ingenieure
Plaza de Rosalia 1
30449 Hannover
Kontakt: Peter Bischoff
T +49 511 35 84 - 479
M p.bischoff@shp-ingenieure.de



VCDB VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH
Könneritzstraße 31
01067 Dresden
Kontakt: David Gersdorf
T +49 351 - 4 82 31 36
M d.gersdorf@vcdb.de

Inklusionsverweis

In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit die männliche Schreibweise verwendet. Sie bezieht sich jedoch auf Personen allen Geschlechts.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Sechs Stufen des automatisierten Fahrens	16
Abbildung 2: Konzeption Umsetzungsstufe 1	33
Abbildung 3: Konzeption Umsetzungsstufe 2	34
Abbildung 4: Konzeption Umsetzungsstufe 3	35
Abbildung 5: Stufe 1 – Systemquerschnitt B-B.....	48
Abbildung 6: Systemquerschnitt D-D	49
Abbildung 7: Übersichtslageplan Stufe 1	50
Abbildung 8: Systemquerschnitt C-C.....	51
Abbildung 9: Ausschnitt Übersichtslageplan Stufe 1	54
Abbildung 10: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand quer zur Fahrgasse.....	57
Abbildung 11: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand parallel zur Fahrgasse.....	58
Abbildung 12: Fahrgastunterstand in Eckausrundung	60
Abbildung 13: Bushaltestelle hinter der Schranke.....	62
Abbildung 14: Bushaltestelle hinter der Schranke – Versetzen der Schranke.....	63
Abbildung 15: Bushaltestelle am Wirtschaftsweg	64
Abbildung 16: Stufe 2 – Systemquerschnitt A-A.....	68
Abbildung 17: Stufe 2 – Systemquerschnitt B-B.....	69
Abbildung 18: Stufe 2 – Systemquerschnitt C-C.....	69
Abbildung 19: Stufe 2 – Übersichtslageplan, südlicher Teil.....	71
Abbildung 20: Stufe 2 – Übersichtslageplan, nördlicher Teil	72
Abbildung 21: Streckenverlauf	75
Abbildung 22: Höhenprofil	75
Abbildung 23: SOC-Diagramm Stufe 1	80
Abbildung 24: SOC-Diagramm Stufe 2	81
Abbildung 25: Elektro-Lkw von Aldi Süd in Nordrhein-Westfalen.....	85
Abbildung 26: Schematische Lageplanskizze E-Ladestation Lidl	97
Abbildung 27: Schematische Lageplanskizze E-Ladestation ASOS	98

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Bevölkerung der Gemeinde Großbeeren.....	7
Tabelle 2: Sozialversicherungspflichtige Arbeitsplätze in der Gemeinde Großbeeren	9
Tabelle 3: Übersicht über die Anzahl der Mitarbeiter den GVZ-Teilräumen differenziert nach Arbeitszeitbeginn	10
Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Mitarbeiter den GVZ-Teilräumen differenziert nach Arbeitsende	11
Tabelle 5: Bewertung Kapazitäten automatisierter Bus	13
Tabelle 6: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 1	37
Tabelle 7: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 2	37
Tabelle 8: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 3	37
Tabelle 9: Einmalkosten und Investitionen	39
Tabelle 10: Jährliche Kosten im Fall EasyMile EZ 10, Gen 2.....	39
Tabelle 11: SOLL-Fahrplan Stufe 1	78
Tabelle 12: SOLL-Fahrplan Stufe 2	78
Tabelle 13: Anforderungen an Operator von automatisierten Bussen	99
Tabelle 14: Aufgabenbereiche der Operatoren von automatisierten Bussen.....	100

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

GVZ	Güterverkehrszentrum
KLV	Kombinierter Ladungsverkehr
OEM	Erstausrüster (engl. Original Equipment Manufacturer)
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
P&R	Park and Ride
VCDB	VerkehrsConsult Dresden-Berlin GmbH

1 GRUNDLAGENERMITTLUNG

1.1 Bestandsaufnahme

1.1.1 Grundlagen und Hinweise

Der vorgesehene automatisierte Busverkehr im Güterverkehrszentrum Berlin Süd Großbeeren (GVZ) kann einen positiven Beitrag zur Erschließung leisten, wenn er auf Basis der Rahmenbedingungen wie Bevölkerung, Arbeitsplätze und Infrastruktur geplant wurde. Einwohnerzahlen und Arbeitsplätze haben aber auch Einfluss auf die Finanzierbarkeit und Sinnhaftigkeit künftiger Verkehrsangebote und sind aus diesem Grund zu bewerten.

Dieser automatisierte Bus soll Teil des ÖPNV sein und als Zubringer zu konventionellen Bussen und Bahnen fungieren. Gleichzeitig zu diesem Projekt findet ein Planungsprozess zur Optimierung des konventionellen Linienbusverkehrs durch Einrichtung eines zentralen Knotens im Bereich der Haltestelle „Am Wall“ im Norden des GVZ statt. An diesem Knoten sollen möglichst alle Buslinien, die das Gemeindegebiet tangieren, verknüpft werden.

1.1.2 Bevölkerung

Die Überarbeitung des ÖPNV-Angebotes für die Belange der Unternehmen im GVZ durch den vorgesehenen Knoten im Norden des GVZ hat Auswirkungen auf die Anbindung der Wohnstandorte in der Gemeinde. Automatisierte Kleinbusse können dazu beitragen, ein in sich schlüssiges Gesamtkonzept für den ÖPNV zu ermöglichen, dass Flächenerschließung und Verknüpfung wichtiger Einrichtungen sicherstellt. Somit ist auch die Analyse der Bevölkerung im Rahmen dieses Projektes von Bedeutung.

Die Gemeinde Großbeeren konnte in den letzten Jahren ein starkes Bevölkerungswachstum verzeichnen, das sich in den nächsten Jahren aller Voraussicht fortsetzen wird. Auf Grund der hohen Nachfrage nach Wohnraum in Berlin steigt die Nachfrage nach Wohnraum in Großbeeren weiter.

Für die Planung der künftigen ÖPNV-Anbindung sind die kleinräumige Lage der künftigen Wohnsiedlungen und die exakte Straßenanbindung relevant. Mit der Umsetzung des angedachten Knotens im Bereich der Haltestelle „Am Wall“ im Norden des GVZ und der dadurch realisierbaren Umsetzung von attraktiven Taktfahrplänen wird der ÖPNV auf zahlreichen Strecken attraktiver.

	1996	2000	2004	2008	2012	2016	2020	2030
	Ist-Zahlen*					Prognose**		
Großbeeren	2.917	4.091	4.668	5.078	5.292	5.982		
Diedersdorf	500	785	803	825	805	840		
Heinersdorf	636	591	666	698	785	843		
Kleinbeeren	262	688	747	809	878	874		
Summe	4.315	6.155	6.884	7.410	7.760	8.498	8.972	9.793
Entwicklung		+42,6%	+11,8%	+7,6%	+4,7%	+9,5%		

Tabelle 1: Bevölkerung der Gemeinde Großbeeren

* Quellen: Landesamt für Bauen und Verkehr, Bevölkerungsvorausschätzung 2014 bis 2030, 2015; Einwohnermeldeamt Großbeeren, Landkreis Teltow-Fläming, Berechnung aus Gemeinde Großbeeren Wohnentwicklungsplan (WEP) aus 2017 (<http://www.teltowflaeming.de/de/landkreis/wissenswertes/zahlen-und-fakten/bevoelkerung.php>), eigene Berechnung.

** Quelle: Landesamt für Bauen und Verkehr, Bevölkerungsvorausschätzung 2014 bis 2030, 2015.

Großbeeren: Der Ortsteil Großbeeren ist durch die Linien 600, 704, 710 und 711 gut erschlossen, teilweise mit mehreren Abfahrten pro Stunde, allerdings nicht im Takt. Mit der Umsetzung des Knotens „Am Wall“ profitiert die Ortslage Großbeeren von einem halbstündlichen Fahrplanangebot Richtung Berlin und Teltow. Nur die Einwohner der westlichen Bereiche rund um die Teltower Straße (Bereich westlich der Akazienstraße) müssen Fußwege über 500 m zur nächsten Bushaltestelle zurücklegen.

Mit der geplanten Erweiterung der Errichtung des Wohngebietes „Nördliches Ruhlsdorfer Feld“ westlich der Teltower Straße wird das Problem der Fußwegerreichbarkeit noch größer, zumal dort Mehrgeschossbauten vorgesehen sind. In welchem Umfang eine Erschließung dieser Bereiche

im Rahmen des o.g. neuen ÖPNV-Konzeptes möglich ist, wird noch untersucht.

Diedersdorf: Der Ortsteil Diedersdorf wird derzeit über die Linien 704 und 720 erschlossen. Das Fahrplanangebot umfasst annähernd stündliche Fahrten, allerdings nicht im Takt und mit Lücken im Fahrplan. Aufgrund der nicht systematischen Verknüpfung mit anderen Linienangeboten sind nicht alle Bereiche des GVZ für Einwohner aus Diedersdorf erreichbar.

Mit dem o.g. neuen Verkehrskonzept soll Diedersdorf eine stündliche Anbindung erhalten und wäre somit gut erschlossen.

Heinersdorf Die Linie 710 bedient Heinersdorf überwiegend im Stundentakt und stellt eine Direktverbindung von und nach Berlin, Großbeeren (Ortslage) und Ludwigsfelde her. Die Linie 711 bedient Heinersdorf nicht. Aufgrund der nicht systematischen Verknüpfung mit anderen Linienangeboten sind nicht alle Bereiche des GVZ für Einwohner aus Heinersdorf erreichbar.

Heinersdorf soll bei Umsetzung des neuen ÖPNV-Konzeptes weiterhin stündlich angebunden werden. Im Fall der Umsetzung der angedachten Linie vom Knoten zum S-Bahnhof Osdorfer Straße gibt es die Option, dass die Anbindung von Heinersdorf geändert wird.

Kleinbeeren Der Ortsteil Kleinbeeren wird mit Fahrten für die Schülerbeförderung und einzelnen weiteren Fahrten angefahren. Ein über den ganzen Tag durchgehend verfügbares Verkehrsangebot ist nicht vorhanden. Verbindungen in die verschiedenen Bereiche des GVZ sind aufgrund des fehlenden Taktverkehrs nicht durchgehend gegeben.

1.1.3 Arbeitsplätze im GVZ

Die Zahl der Arbeitsplätze in der Gemeinde Großbeeren ist in den vergangenen Jahren durch Erweiterung des GVZ stetig gewachsen, so dass Großbeeren inzwischen einen deutlichen Einpendler-Überschuss verzeichnet.

Insgesamt Ist 2015	davon			Insgesamt Prognose 2020
	männlich	weiblich	Ausländer	
6.473	4.487	1.986	798	9.800

Tabelle 2: Sozialversicherungspflichtige Arbeitsplätze in der Gemeinde Großbeeren

Quelle: Regionaldatenbank Deutschland, Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, Stichtag 30.06.2015, heruntergeladen 2018.

Aktuell befindet sich das Werk von ASOS mit etwa 3.000 zusätzlichen Arbeitsplätzen im Aufbau, so dass die prognostizierte Zahl an Arbeitsplätzen schon bald erreicht werden wird. Alle Flächen im GVZ sind nach Angabe der IPG inzwischen verkauft, aber noch nicht alle Flächen sind bebaut. Mit einem weiteren Wachstum an Arbeitsplätzen über die derzeitige Prognose hinaus ist daher zu rechnen.

Für die Planung der künftigen ÖPNV-Anbindung sind die kleinräumige Lage der Arbeitsplätze und die zeitliche Verteilung der Arbeitszeiten von Bedeutung.

Für die Planung und Abgrenzung der o. g. Betriebsformen haben wir eine Auswertung der 2017 durchgeführten Betriebsbefragung der IPG durchgeführt. Nachfolgend wird zeitlich differenziert dargestellt, zu welcher Zeit wie viele Mitarbeiter Arbeitsbeginn bzw. Arbeitsende in den GVZ-Teilräumen haben.

Arbeitsbeginn von den Betrieben benannt	West	Ost	An der Anhalter Bahn	Am Lilo- graben (persp.)	Summe
01:00		11			11
00:00-03:00		15			15
02:00-05:00		170			170
04:00	12	46		2	60
04:00-06:00		25			25
04:45		8			8
05:00		42		2	44
05:00-06:00		110			110
05:30	7				7
06:00	1.108	51	1.483		2.642
06:00-08:00				64	64
06:30		99			99
07:00	43	300		140	483
07:30	7	15		23	45
07:00-08:00	100	11			111
07:00-09:00	38				38

Arbeitsbeginn von den Betrieben benannt	West	Ost	An der Anhalter Bahn	Am Lilo- graben (persp.)	Summe
08:00	75	320	499		894
09:30		2			2
10:00				1	1
11:00			25		25
11:00-12:00		40			40
11:00-13:30				19	19
11:15	4				4
12:30		2			2
13:00	30	35			65
13:15		40			40
13:15-14:45		75			75
14:00	75	35	1.475		1.585
18:00		15			15
21:30		28			28
22:00	55	1	908		964
00:00		150 (Mo)			150 (Mo)
		46			46
Arbeitsplätze ohne zeitliche Orientie- rung	370	215			585

Tabelle 3: Übersicht über die Anzahl der Mitarbeiter den GVZ-Teilräumen differenziert nach Arbeitszeitbeginn

Arbeitsende von den Betrieben be- nannt	West	Ost	An der Anhalter Bahn	Am Lilo- graben (persp.)	Summe
01:30		28			28
04:00		15			15
06:00	25	1	908		934
07:00	30				30
08:30		41			41
08:45		150 (Mo)			150 (Mo)
09:00-12:00		15			15
10:00		11			11
12:00		46			46
12:00-14:00		25			25
12:30				2	2
13:00		10			10
13:30	12				12
13:45-14:45		110			110
14:00	32	46	1.200		1.278
14:30	75	14	250		339
14:30-16:30				64	64
14:45	63				63

Arbeitsende von den Betrieben be- nannt	West	Ost	An der Anhalter Bahn	Am Lilo- graben (persp.)	Summe
15:00	70			2	72
15:15		110			110
15:00-16:00		40			40
15:30				140	140
15:30-16:00		11			11
15:45	18	60			78
16:00		27			27
16:30	55				55
16:00-17:00	100				100
16:45		85			85
17:00	52	374	400	23	849
17:00-19:00	38				38
17:30		35			35
18:00		2		1	3
19:00		33			33
19:30-22:00				19	19
20:00	879				879
20:00-22:00		40			40
20:45		2			2
21:00		35			35
22:00	70	2	1.200		1.272
22:00-23:30		75			75
22:30	35		250		285
Arbeitsplätze ohne zeitliche Orientierung	370	215	124		709

Tabelle 4: Übersicht über die Anzahl der Mitarbeiter den GVZ-Teilräumen differenziert nach Arbeitsende

1.2 Bedarfsanalyse

Das sich abzeichnende Konzept für den konventionellen Linienbusverkehr mit Knoten „Am Wall“ sieht mit halbstündlichen Fahrten auf der Märkischen Allee in Richtung Berlin (S-Buckower Chaussee) und Teltow bereits sehr gute Verkehrsverbindungen vor.

Lücken bei der Verkehrsbedienung im GVZ gibt es bei der Erschließung der Bereiche

- a) „An der Anhalter Bahn“
- b) „Osdorfer Ring“ (Übernahme der Erschließung durch automatisierten Bus denkbar)
- c) „Am Lilograben“
- d) „Am Kiesberg“ (derzeit noch wenige Arbeitsplätze)

Lücken bei der Verkehrsbedienung wird es weiterhin bei der Anbindung an den Regionalbahnverkehr geben, da sich die Busse am Knoten „Am Wall“ wegen diverser weiterer Anschlüsse zu einer Zeit treffen, die eine Verknüpfung mit dem Bahnverkehr weder am Bhf. Teltow noch am Bhf. Großbeeren ermöglichen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Fahrten zum Bahnhof Großbeeren bzw. vom Bahnhof Großbeeren differenziert nach der potenziellen Nachfrage dargestellt. Deutlich wird, dass ein automatisierter Shuttle mehrmals am Tag die erforderliche Kapazität für die Beförderung der Arbeitskräfte hat. In den Hauptzeiten des Berufsverkehrs wird aber der im Konzept Knoten „Am Wall“ geplante Linienbus (SPNV-Shuttle) zwischen Bahnhof Großbeeren, An der Anhalter Bahn und der Märkischen Alle zum Einsatz kommen müssen. Der automatisierte Shuttle kann in diesen Zeiten die gleiche Strecke mit anderen Anschlüssen bedienen (konventioneller Linienbus: Anschluss von und nach Berlin, automatisierter Shuttle: Anschluss von und nach Ludwigsfelde) oder die Wohngebiete an der Teltower Straße entsprechend Stufe 3 bedienen.

	Arbeitsbeginn*			Arbeitsende*		
	Geringe Nachfrage	Kapazität ausreichend	Kapazität nicht ausreichend	Geringe Nachfrage	Kapazität ausreichend	Kapazität nicht ausreichend
05:30			x	x		
06:30			x	x		
07:30			x	x		
08:30	x			x		
09:30	x			x		
10:30		x		x		
11:30		x		x		
12:30			x		x	
13:30			x	x		
14:30	x					x
15:30	x					x
16:30	x					x
17:30		x				x
18:30	x				x	
19:30	x				x	
20:30		x				x

	Arbeitsbeginn*			Arbeitsende*		
	Geringe Nachfrage	Kapazität ausreichend	Kapazität nicht ausreichend	Geringe Nachfrage	Kapazität ausreichend	Kapazität nicht ausreichend
21:30			X		X	
22:30	X					X
23:30			X			X
00:30						X

Tabelle 5: Bewertung Kapazitäten automatisierter Bus

Anmerkung: * Zugankunft etwa Minute 30

Annahmen: Verkehrsanteil ÖPNV 15%, Kapazität automatisierter Bus 15 Personen

1.3 Einschätzung Entwicklung

Die Flächen des GVZ sind inzwischen fast vollständig vermarktet bzw. bebaut. Die Zahl der Arbeitsplätze nähert sich der 10.000, aber eine wesentliche Steigerung darüber hinaus ist auf Basis der vorliegenden Informationen nicht zu erwarten.

Eine dynamischere Entwicklung ist beim Wohnungsbau zu erwarten. Auf das GVZ und dieses Projekt hat der Bau neuer Wohngebiete indirekten Einfluss. Während das Verkehrsaufkommen auf den Straßen voraussichtlich weiter steigt, werden die Gemeinde Großbeeren und der Landkreis Teltow-Fläming in seiner Funktion als Aufgabenträger für den ÖPNV zunehmend Forderungen zum Ausbau des ÖPNV-Angebotes der neuen Einwohner bekommen. Auf Planung des ÖPNV-Angebotes im GVZ hat dies Einfluss, weil sowohl die Bedeutung als auch das Fahrgastpotenzial des Busverkehrs durch das Wachstum der Gemeinde steigt. Mit der Inbetriebnahme des Flughafens BER und der Entwicklung in den rundherum benachbarten Gemeinden verstärkt sich die hier geschilderte Entwicklung.

1.4 Stand der Technik zum autonomen und automatisierten Fahren im ÖV

1.4.1 Einführung

Autonom oder automatisiert fahrende Fahrzeuge besitzen eine Vielzahl weitentwickelter technischer Systeme, um den Transport von Personen und Gütern ohne menschliche

Interventionen zu gewährleisten. Die technischen Voraussetzungen für die Prozesse des Autonomen Fahrens (AF) existieren grundsätzlich, die erforderliche Signal- und Prozessverarbeitung wird aktuell mit hoher Geschwindigkeit stetig weiterentwickelt. Damit gilt die Etablierung des Systems im Mischverkehr mit konventionellen Fahrzeugen in den kommenden zehn Jahren als sehr wahrscheinlich. Dies stellt auch den Öffentlichen Personenverkehr (ÖV) vor neue Herausforderungen. In diesem Zusammenhang ist aber vorstellbar und erwartbar, dass sich für den ÖV ein völlig neuer Angebotsbereich entwickeln kann (vgl. dazu bspw. VDV 2015; Röhrleef 2017). So bietet sich für die öffentlichen Verkehrssysteme mit dem autonomen Fahren eine neue Flexibilität in der Umsetzung von Angebotskonzepten. Hierbei spielt insbesondere der Bedarfsverkehr eine große Rolle, der bisher unter dem hohen Kostenanteil des Fahrpersonals und geringer Nachfrage litt, hier sind im personallosen Betrieb neue und umfangreichere Konzepte denkbar. Grundlage ist hier ein Angebot, welches ohne Fahrplan und ohne feste Route auskommt. Über ein mobiles Endgerät können die Fahrgäste ihren jeweiligen Bedarf anmelden und buchen. Ein Algorithmus berechnet dabei die ideale Strecke, um mehrere Personen gemeinsam befördern zu können. Ganz wesentlich bei diesem Ansatz ist die Betrachtung der „letzten Meile“ bzw. „ersten Meile“, bei dem mit diesen Fahrzeugen Fahrgäste von bzw. zu einem bestehenden Verknüpfungspunkt (Bahnhof, Straßenbahn- oder Bushaltestelle, P&R-Platz) gebracht werden.

1.4.2 Stufen des automatisierten Verkehrs

Autonomes Fahren ist die Fortbewegung von Fahrzeugen, die ohne einen Fahrzeugführer auskommen und sich selbstständig im Straßenverkehr verhalten. Die Autonomie selbst stellen Steuerungssysteme im Auto sicher, welche die erfassten Informationen (v. a. fahrzeugeigene Sensordaten sowie sekundäre Hintergrundinformationen) in Handlungsprozesse (z. B. Befehle an das Lenksystem) umwandeln. Autonom fahrende Fahrzeuge weisen als Gesamtsystem demnach ein sehr hohes Potenzial auf, sowohl den Individualverkehr (IV) als auch den ÖV zu optimieren und somit in der Zukunft erheblich zu beeinflussen.

Die Potenziale gestalten sich unterschiedlich, so kann autonomes Fahren z. B. zu einer Vermeidung von Verkehrsunfällen führen (vgl. Winkle 2015, S.372ff.). Mikroprozessoren

können schneller reagieren als der Mensch, Fahrzeuge und Infrastruktureinrichtungen kommunizieren perspektivisch miteinander und bilden damit die Basis für stets aktuelle Informationen zum Fahrtverlauf.

Ebenso kann das autonome Fahren zu einer generellen Verbesserung der individuellen Mobilität führen, da der Verkehr vernetzt durchgeführt würde und neue öffentliche Mobilitätsangebote auch in Räumen schwacher oder disperser Nachfrage angeboten werden könnten (VDV 2015, S.16f.)

Autonomes Fahren beschreibt bei exakter Auslegung nur die höchste Entwicklungsstufe verschiedener Automatisierungsgrade bei Fahrzeugen. Trotz der bestehenden Definitionen wird der Begriff „autonomes Fahren“ in der medialen Berichterstattung und Produktankündigung von Unternehmen jedoch häufig als verallgemeinerter Sammelbegriff und unabhängig von den Fähigkeiten der jeweiligen Fahrzeuge verwendet. Nachfolgend werden diese Automatisierungsstufen kurz erläutert. Wir orientieren uns dabei an der Klassifizierung der US-Amerikanischen Society of Automotive Engineers mit sechs verschiedenen Stufen. Level 1 bis 2 ist derzeit schon in vielen neueren Pkw Realität. Level 3 ist bereits vereinzelt in wenigen Fahrzeugmodellen vorzufinden.

Folgende Stufen werden unterschieden:

- Level 0 – keine Automatisierung: Der Fahrer tätigt alle Fahraufgaben selbst und nur er selbst hat Kontrolle über das Fahrzeug.
- Level 1 – Minimalautomatisierung: Das Fahrzeug wird durch den Fahrer kontrolliert, aber bestimmte Fahrassistenzsysteme helfen bei der Fahrzeugbedienung, z. B. ein Abstandsregeltempomat (ACC).
- Level 2 – Teilautomatisierung: Das Fahrzeug verfügt über kombinierte automatisierte Funktionen, also Assistenzsysteme wie automatisches Einparken, Spurhalten, Beschleunigung, Abbremsen. Diese werden unter Verwendung von Informationen über die Fahrumgebung geregelt. Der Fahrer bleibt dabei für die Fahrzeugführung verantwortlich und muss alle verbleibenden Aspekte der dynamischen Fahraufgabe erfüllen.

- Level 3 – Limitierte Automatisierung: Der Fahrer muss das System nicht kontinuierlich überwachen, sondern jederzeit bereit sein nach Aufforderung durch das System die Fahrzeugführung zu übernehmen.
- Level 4 – Hochautomatisierung: Das Fahrzeug ist fähig, alle Fahrfunktionen unter bestimmten Bedingungen zu übernehmen. Die Führung des Fahrzeuges wird dauerhaft vom System übernommen. Falls die Fahraufgaben das System überfordern, wird der Fahrer aufgefordert, die Fahrzeugführung zu übernehmen.
- Level 5 – Vollautomatisierung: Das Fahrzeug ist fähig, alle Fahrfunktionen zu übernehmen. Es wird kein Fahrer benötigt.

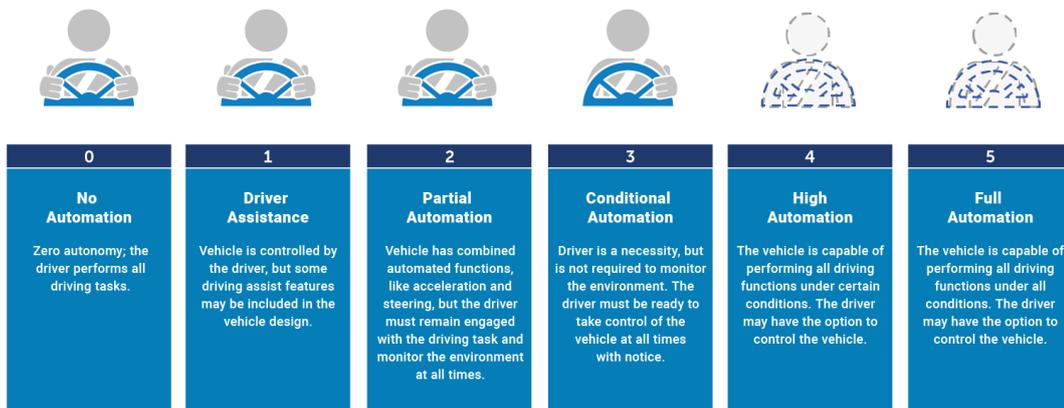


Abbildung 1: Sechs Stufen des automatisierten Fahrens

Quelle: Society of Automotive Engineers

1.4.3 Systembeschreibung

Autonome Fahrzeuge verfügen über eine Vielzahl von Sensoren oder Kameras, die zum Beispiel mit Ultraschall, Laserscanner oder Radar arbeiten. Die Umgebung wird so kontinuierlich erfasst, womit eine Orientierung in dem Straßenverkehr theoretisch möglich ist. Ein Bordcomputer verarbeitet diese Daten und wandelt sie in Befehle um, die das Fahrzeug fahrerlos fahren lässt. Um in unbekanntem oder teilweise unbekanntem Umgebungen operieren zu können, benötigt das Fahrzeug folgende Systemkomponenten des autonomen Systems.

Eine erste Komponente ist die Mensch-Maschine-Schnittstelle (MMS), die eine Verbindung und Kommunikation des Systems mit dem Benutzer herstellt und sich im oder außerhalb des Fahrzeugs befinden kann. Diese Steuerung überträgt zum Beispiel Befehle aus der Nutzung des Systems über externe Bedieneinheiten (vom Smartphone bis zur Steuerungszentrale).

Darüber hinaus sind die Sensorsysteme als zweite Komponentengruppe maßgeblich für die Steuerung von Bedeutung (vgl. auch Balzer 2014). Dabei werden verschiedene Sensorsysteme eingesetzt. Ultraschall-Sensoren garantieren die Nahfeldüberwachung, indem Schallwellen oberhalb des menschlichen Hörbereiches gesendet werden, welche von Hindernissen reflektiert werden. Diese akustischen Sensoren können einen Bereich von 30 Zentimeter bis maximal 8 Metern abdecken.

Ähnlich verhalten sich die Radarsensoren – sie decken ihren Erfassungsbereich mit drei bis vier Radarstrahlen ab und können damit vor allem den Bereich vor und hinter dem Fahrzeug erfassen. Zurückreflektierte Radarstrahlen werden erfasst, dies ist besonders wichtig für die Erfassung von beweglichen Objekten, wie ein Fahrzeug vor bzw. hinter dem autonom fahrenden Fahrzeug. Elektromagnetische Wellen werden ausgesendet und dessen Echo ausgewertet, womit die Entfernung und Geschwindigkeit von erfassten Objekten berechnet wird. Der Erfassungsbereich liegt dabei bei 0,5 bis 200 Metern.

Besonders wichtig für die Sensorik sind die Lidar-Sensoren, diese sind fundamental für die Objekterkennung neben der Fahrbahn. Lidar (light detection and ranging) steht dabei für ein Verfahren, welches auf Lichtwellen aufbaut, typischerweise Infrarot-Laserstrahlen. Lidar ist daher ein optisches System, wohingegen das Radarsystem ein elektromagnetisches Prinzip aufweist. Ähnlich wie bei dem Radar, sendet das Lidar-System mehrere Laserstrahlen aus, die durch leicht unterschiedliche Wellen- und Phasenlängen unabhängige „Sendekanäle“ bilden. Von Objekten reflektierte Strahlen werden aufgenommen, durch Auswertung der Rückstrahlung lassen sich neben Entfernungen und Relativgeschwindigkeiten auch Konturen von Objekten erkennen. Auf Basis dieser Sensordaten können Algorithmen sehr präzise räumliche Modelle der Fahrzeugumgebung errechnen. Die Reichweite eines Lidar beträgt über 150 bis 300 Meter.

Ergänzt werden Laser, Radar und Lidar durch optische Kameras, die der Erkennung von Spuren, Verkehrszeichen, Hindernissen etc. dienen. Kamerabilder können auch im Austausch mit den Sensordaten gegenseitige Falscherkennungen korrigieren.

Die von den Sensoren gesammelten Informationen müssen mit ihren elektrischen Signalen in mechanische Bewegungen übertragen werden, wofür Aktoren benötigt werden. Die Aktoren setzen die Befehle aus dem Regelungs- und Kontrollsystem um

Als weitere Komponente sind die Lokalisierungsfunktionen des Fahrzeuges zu beschreiben, ohne die sich ein autonomes Fahrzeug nicht orientieren könnte. Als optimale Lösung kann dabei SLAM (Synchrone Lokalisierung und Kartenerstellung) betrachtet werden. Darunter ist zu verstehen, dass ein autonom fahrendes Fahrzeug durch seine Sensoren seine Umwelt erfasst und erkennt und dabei auch seine Position bestimmen kann. Damit wäre ein Fahrzeug in der Lage, sich in unbekanntem Gebieten zu bewegen und diese zu speichern, um sie später wiedererkennen zu können. Als Alternative gestaltet sich die Echtzeit-Lokalisierung über GPS auf Grundlagen von vorhandenem Kartenmaterial bzw. die kontinuierliche Aktualisierung von Karten aus fahrzeugexternen Quellen.

Autonomes Fahren setzt eine umfangreiche technische Ausstattung voraus. Maßgeblich für einen reibungslosen Verlauf ist die Kommunikation zwischen den verschiedenen Komponenten sowie zwischen einzelnen Teilkomponenten (z. B. Sensoren untereinander), damit sich das Fahrzeug auf den Straßen fahrerlos verhalten kann. Es handelt sich um eine Sensordatenfusion. Die eingesetzte Software spielt dabei eine maßgebliche Rolle für die Funktionsweise des AS, denn nur wenn die Systemkomponenten erfolgreich und verlässlich zusammenarbeiten, ist autonomes Fahren möglich.

1.4.4 Stand der Technik in Entwicklung und Forschung

Die technischen Voraussetzungen für das autonome Fahren sind grundsätzlich bereits vorhanden, gegenwärtig geht es um die Optimierung der Technik, insbesondere der Kommunikation zwischen Fahrzeugen, zwischen Fahrzeugen und der Straßeninfrastruktur sowie der Signalverarbeitung. Eine der größten Anforderungen stellt dabei die Anwendungsumgebung selbst dar, denn der Mischverkehr mit konventionell gelenkten

Fahrzeugen und nur in Testräumen entsprechend vorbereiteter Straßeninfrastruktur ist hochkomplex. Aktuell gibt es eine Reihe von Pilot- und Testprojekten, in denen autonomes (bzw. automatisiertes) Fahren in realer Umgebung erprobt wird. Automatisierte Systeme sind im ÖV bereits heute – und auch in Deutschland – verbreitet. So sind autonome Bahnsysteme auf eigenen Trassen seit Jahren erfolgreich im Einsatz, z. B. in Nürnberg (U-Bahn) und Düsseldorf (Flughafen). Aktuelle Projekte fokussieren im ÖV auf die Integration von Elementen der Automation auf gemischt genutzten Verkehrswegen, z. B. in Frankfurt am Main (Straßenbahn) und eine Reihe von Testprojekten im Busverkehr, sowohl mit großen Linienbussen (bisher einziges Konzept beim FutureBus von Mercedes in Amsterdam sowie testweise von Iveco für den Betriebshof und von Volvo) als auch mit Klein- und Minibussen. Die autonomen Fahrzeuge stehen dabei noch vielen Hürden gegenüber. Eine davon bildet die im regulären Betrieb zulässige Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge, die bei keinem der derzeit verfügbaren Modelle 45 km/h überschreitet. Die Einsätze konzentrierten sich zunächst auf Privatgelände, zwischenzeitlich sind mehrere Einsätze im öffentlichen Raum zu verzeichnen. Da es auf Seiten der Zulassung der Fahrzeuge eine rechtliche Grundlage für das autonome Fahren noch nicht gibt können die für einen universellen Einsatz der Fahrzeuge erforderliche Bauartzulassung derzeit nicht erteilt werden. Aus diesem Grund bedarf es vorerst Einzelzulassungen der Fahrzeuge (vgl. Abschnitt 1.4.5).

Die mit diesen Fahrzeugen im Regelbetrieb erzielbaren Höchstgeschwindigkeiten im öffentlichen Raum liegen aktuell noch zwischen 6 und 25 km/h, eine Anhebung ist absehbar und wird sich parallel sowohl zur technischen Entwicklung als auch zu den gemachten Erfahrungen im Umgang mit diesen Systemen erhöhen. Fahrzeuge mit einer Regel-Höchstgeschwindigkeit von 45 km/h sind verfügbar und mit bis zu 80 km/h bereits angekündigt. Der wesentliche Schlüssel für eine anwendungsreife Technik liegt dabei in der Leistungsfähigkeit der Sensoren, v. a. der Radar- und Lidar-Systeme und der Kameras sowie in der Geschwindigkeit zur Verarbeitung der Signale. Für die Verarbeitung der Daten ist eine verlässliche und schnelle Vernetzung erforderlich, insbesondere für die Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur (Lichtsignalanlage, Wechselverkehrszeichen oder Verkehrsleitsysteme). Ein derartiger Datenaustausch bedingt sehr hohe Datenübertragungsraten z. B. über Mobilfunk- oder spezielle Breitband-Netze.

Ein autonomes Fahren nach Stufe 5 der oben aufgeführten Klassifikation im öffentlichen Straßenverkehr ist vorerst noch nicht möglich. Bis die rechtlichen Grundlagen vorliegen, fahren automatisierte Fahrzeuge vorerst mit einem Operator bzw. Fahrtbegleiter oder Steward, der jederzeit in das Fahrgeschehen eingreifen kann und so formal das Erfordernis eines Fahrzeugführers erfüllt. Es werden im Jahre 2018 jedoch auch erste Testprojekte anlaufen, bei denen im Projektverlauf auf den Operator verzichtet werden soll. Laut einer Studie des Fraunhofer IAO wird bereits vor 2020 die technische Reife für das AF (Vollautomatisierung) erlangt werden, bei dem zumindest auf Teilstrecken, wie z. B. Autobahnfahrten, ein autonomes Fahren in der Öffentlichkeit möglich sein wird.

Unabhängig vom autonomen Fahren ist die Speicherung der Energie und der Antrieb der Fahrzeuge zu bewerten. Die verfügbaren und für den öffentlichen Verkehr nutzbaren Fahrzeuge sind sämtlich elektrisch angetrieben. Die genutzten Akkus erlauben je nach Umgebungs- und Anwendungsbedingungen eine Standzeit von acht bis 14 Stunden. Das Laden erfolgt induktiv oder induktiv, letzteres erlaubt ein selbständiges Laden der Fahrzeuge.

1.4.5 Rechtlicher Rahmen für autonomes Fahren in Deutschland

Die Zulassung eines autonomen Shuttles bzw. Kleinbusses ist in Deutschland derzeit nicht vollumfänglich möglich. Allerdings sind mit Änderung des Straßenverkehrsgesetzes (StVG) zum Juli 2017 – insb. durch Einfügung eines sachbezogenen Paragraphen §1a – erste Schritte in diese Richtung unternommen worden, die im Jahr 2019 in ihrer Wirkung überprüft werden sollen. Insbesondere sind weiterhin Fahrer („Fahrzeugführer“) gefordert, die jederzeit das Fahrzeug beherrschen können, aber dabei durchaus auf eine „hoch- oder vollautomatisierte Fahrfunktion“ zurückgreift und „das Fahrzeug nicht eigenhändig steuert“. Neben nationalen Regelungen sind auch internationale Abkommen zu beachten, damit Fahrzeuge grenzüberschreitend eingesetzt werden. Dabei sind für Deutschland v.a. das „Wiener Übereinkommen über den Straßenverkehr“ von Bedeutung. Auch dieses wurde zum April 2016 überarbeitet, fordert aber ebenso wie das StVG weiterhin Fahrer. Daneben sind auch das „Genfer Übereinkommen über den Kraftfahrzeugverkehr“ sowie die sog. ECE-Regelungen zu beachten.

Andere europäische Staaten haben ebenso Anpassungen ihrer Zulassungsregelungen vorgenommen, bei denen in Finnland und den Niederlanden (Gesetzesvorschlag eingebracht) die Fahrer auch außerhalb des Fahrzeuges zulässig sind (vgl. dazu die Ergebnisse eines Workshops des IKEM in IKEM 2017). Weitere Anpassungen der für Deutschland relevanten Rechtsnormen sind für die nächsten Jahre zu erwarten und eine Lösung mit „Operatoren“ außerhalb der Fahrzeuge ist dabei absehbar. Der Einsatz von Fahrzeugen ohne Operatoren ist absehbar nicht zu erwarten.

Die praktische Zulassung von Fahrzeugen für autonomes Fahren ist nach §21 i. V. m. §70 StVZO heute bereits als Ausnahmegenehmigungen für einzelne Fahrzeuge mit zeitlicher und/oder räumlicher Beschränkung zulässig. Diese „Experimentierklausel“ wird für derzeit durchgeführte Versuchsprojekte genutzt, wobei diesbezüglich durch die Zuständigkeit der obersten Landesbehörden keine Deutschland-weit einheitliche Zulassungspraxis sichergestellt ist.

Für die Etablierung einer Zulassungspraxis sind über die rechtlichen Normen hinaus Verfahren und Verantwortlichkeiten zu entwickeln. Dabei wird insbesondere diskutiert, welche Aspekte für die Zulassung von Bedeutung sind. Es ist davon auszugehen, dass eine Prüfung von Gesamtsystemen aus Fahrzeugen, Infrastrukturen, Betreibern und Softwarelösungen notwendig sein wird, für die entsprechende Gutachterstrukturen zu entwickeln sind (vgl. IKEM 2017). Die notwendige Qualifizierung von Operatoren wird dabei auch im Fokus stehen.

Neben den Fragen zur Zulassung von autonom fahrenden Fahrzeugen sind weitere rechtliche Aspekte von Bedeutung. Zu nennen ist diesbezüglich Diskussionen zur Sicherstellung des Datenschutzes für die notwendigen Kommunikationskanäle der Fahrzeuge, bei denen neben technischen Lösungen eben auch die rechtlichen Rahmenbedingungen entwickelt werden müssen. Abschließende Ergebnisse sind dazu noch nicht darstellbar. Inhaltlich geht es dabei einerseits um die Vernetzung der Komponenten im Fahrzeug, aber andererseits auch um die Kommunikation des Fahrzeuges mit externen Quellen. Relevant sind dabei insb. auch die Anforderungen an Robustheit und Redundanz der Einrichtungen.

Nicht abschließend diskutiert ist die Haftungsfrage für den Betrieb von autonomen Fahrzeugen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass für die technische Seite der Hersteller, für die konkrete Nutzung des Fahrzeugs der Fahrzeugführer haftbar ist. Ob letztere ohne Weiteres auf einen fahrzeugexternen Operator zu übertragen ist oder im Falle eines denkbaren vollautomatisierten Fahrens ohne Operator dann auf den Hersteller im Sinne der Produkthaftung zu übertragen ist, wird in den nächsten Jahren ausführlich und verfahrenssicher zu diskutieren sein.

1.4.6 Ausgewählte aktuelle Pilotprojekte für automatisiertes Fahren

Pilotprojekte und Testbetriebe sind bereits international an verschiedenen Orten zu finden. Die Fahrzeuge sind dabei meist von den beiden französischen Herstellern Navya und EasyMile. Nachfolgend werden exemplarisch vier Projekte beschrieben, die entweder bereits umgesetzt wurden oder kurz vor der Betriebsaufnahme stehen.

Sion (Postauto Schweiz): Seit Juni 2016 werden von Postauto Schweiz im schweizerischen Sion (Kanton Wallis) zwei Kleinbusse von Navya auf einem Rundkurs von etwa 1,5 Kilometern Länge durch die Altstadt eingesetzt. Der Betrieb findet dienstags bis sonntags jeweils am Nachmittag statt, eingebettet ist dieser Betrieb in ein Gemeinschaftsprojekt u. a. mit der Stadt Sion, dem Kanton Wallis, der ETH Lausanne. Die Testumgebung ist sehr anspruchsvoll: durchfahren wird die Altstadt mit Fußgängerzone, Mischverkehrszonen und engen Gassen sowie im Mischverkehr vielbefahrene Straßen und Kreisverkehre. Der Betrieb soll noch ausgeweitet werden und dann auf öffentlicher Straße und vorhandener Busspur zum Bahnhof führen.

Bad Birnbach (Deutsche Bahn): Seit Oktober 2017 fährt die Deutsche Bahn AG im niederbayerischen Bad Birnbach. In einem Gemeinschaftsprojekt der DB mit dem Landkreis Rottal-Inn und mit dem Fahrzeughersteller EasyMile, dem TÜV Süd und der Marktgemeinde Bad Birnbach fährt das Fahrzeug auf einer 700 Meter langen Strecke zwischen Ortszentrum und Therme. Noch 2018 soll die Strecke zum Bahnhof verlängert werden. Betreiber ist die DB-Tochter DB Regio Bus Ostbayern.

STIMULATE (Berlin, BVG/Charité/SenUVK): Seit April 2018 wird auf zwei Krankenhaus-Campussen der Charité – Universitätsmedizin Berlin (Mitte und Virchow-Klinikum) der Betrieb durchgeführt. Es werden vier Fahrzeuge auf drei Ringlinien eingesetzt, zwei von Navya und zwei von EasyMile. Der Betrieb findet auf privatem (Krankenhaus-)Gelände statt, die Anwendungsumgebung entspricht der einer Kleinstadt mit Mischverkehr, vielen Fußgängern und Lieferverkehr, ergänzt durch die besonderen Bedingungen eines Krankenhauses im großstädtischen Umfeld. Projektpartner sind die Berliner Verkehrsgesellschaft BVG, die Charité – Universitätsmedizin Berlin und die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz.

NAF-Bus (Nordfriesland): Ab Juni 2018 wurde der Verkehr mit im Endausbau drei Shuttles im schleswig-holsteinischen Kreis Nordfriesland aufgenommen. Die erste Umsetzungsphase erfolgte mit einem Fahrzeug auf dem Gelände eines Windenergieparks (GreenTEC Campus), ab Herbst 2018 auf der Insel Sylt sowie in der dritten Umsetzungsstufe Anfang 2019 im Kreis Dithmarschen. Die erste Umsetzungsstufe findet auf privatem Gelände statt, die zweite und dritte Umsetzungsstufe ist auf öffentlichen Straßen geplant.

1.5 Marktüberblick Fahrzeuge

1.5.1 Allgemeines

Eine Reihe von Autoherstellern und jüngeren Start-Ups arbeiten derzeit an autonomen bzw. automatisierten Fahrzeugen für den öffentlichen Personenverkehr, für Linien- bzw. eher für den Bedarfsverkehr konzipiert. Allerdings können nur wenige Hersteller derzeit einsatzreife Produkte liefern. Die Fahrzeuge sind sämtlich Klein- bzw. Minibusse mit bis zu zwölf Sitzplätzen. Bei den größeren Linienbussen ist eher zu erwarten, dass diese mittelfristig mit Komponenten aus dem autonomen Fahren ausgerüstet werden, um z. B. das zielgenaue und reifenschonende Anfahren von Haltestellen zu erleichtern.

Neben den Angeboten des ÖPNV lassen sich die konzipierten Fahrzeuge bei entsprechendem Aufbau auch für andere Nutzungen wie z. B. Kranken- oder Behindertenbeförderung einsetzen. Ebenso können sie anstatt Passagiere auch kleinere Frachtgüter autonom befördern.

Was die Marktpräsenz betrifft, stechen die Fahrzeugtypen von Navya und EasyMile heraus. Die zum Betrieb im öffentlichen Raum benötigten Zulassungen haben die Fahrzeuge der beiden Unternehmen in anderen Staaten bereits erhalten. In Deutschland sind Einzelzulassungen nötig. Zwei Fahrzeuge von EasyMile haben diese in Projekten in Bad Birnbach und Lahr/Schwarzwald erhalten, für den Einsatz in Monheim am Rhein ist ein Fahrzeug von Navya aktuell im Zulassungsverfahren. In Mainz verkehrt im August und September 2018 entlang des Winterhafens zu Testzwecken ebenfalls ein Navya-Fahrzeug im öffentlichen Raum.

1.5.2 Auf dem Markt bereits erhältliche Fahrzeuge

Anbieterseitig ist der Markt für automatisierte Fahrzeuge aufgrund des Entwicklungsstandes und der rechtlichen Grundlagen noch sehr klein, so dass die Zahl der Hersteller mit einsatzreifen, lieferbaren und für den ÖPNV nutzbaren Fahrzeugen mit sechs und mehr Sitzplätzen aktuell sehr gering ist. Nachfolgend werden Fahrzeuge beschrieben, die in aktuellen Projekten (oder in Echtanwendungen) im Einsatz sind.

Einer der Hersteller ist die Firma Navya, im Jahr 2014 in Villeurbanne (Frankreich) gegründet. Im Jahr 2015 wurde der Kleinbus „Arma“ vorgestellt, der als erstes fahrerloses Serienfahrzeug für den Regelverkehr gilt. Danach gab es mehrere Pilotprojekte, bei denen sich das Fahrzeug über einen längeren Zeitraum im Einsatz beweisen musste. Die Arma verfügt über 15 Plätze, davon vier Stehplätze, das zulässige Gesamtgewicht beträgt ca. 3,5 t. Die Höchstgeschwindigkeit liegt bei 45 km/h. Als besondere Eigenschaft ist erwähnenswert, dass alle Räder gelenkt werden.



Arma – Navya (FR)

Die Firma Navya brachte Ende 2017 zusätzlich mit dem „autonomous Cab“ das erste autonom fahrende Taxi auf den Markt.

Ähnlich wie Navya stammt die Firma EasyMile aus Frankreich und wurde ebenfalls im Jahre 2014 gegründet. Das Unternehmen mit dem Sitz in Toulouse stellte im Jahr 2014 ihr Modell „EZ10“ vor. Dieser Wagen weist sechs Sitzplätze auf. Mit einem zulässigen Gesamtgewicht von ca. 2,8 t und mit einer Höchstgeschwindigkeit von 40 km/h ist es in allen Dimensionen etwas kleiner als die Arma von Navya. Der EZ10 wird von Ligier, einem französischen Automobilhersteller, gefertigt. EasyMile entwickelt die Software zum Fahrzeug. In Pilotprojekten zum autonomen Fahren ist er bereits erfolgreich zum Einsatz gekommen.



EZ 10 – EasyMile (FR)

Auf Basis des EZ10 betreibt die Firma Continental den „Cube“, welcher mit eigener Software arbeitet und derzeit im Frankfurter Werksgelände von Continental im Einsatz ist. Es handelt sich dabei um ein Kooperationsprojekt zwischen EasyMile und Continental.



Cube – Continental (FR/DE)

Vom US-amerikanischen Hersteller Local Motors stammt der im Jahre 2016 vorgestellte „Olli“. Das Fahrzeug besitzt sieben Sitzplätze. Dabei weist es ein Gesamtgewicht von 2,5 t auf und fährt maximal 45 km/h. Olli wurde bereits auf dem Berliner EUREF-Campus über einen längeren Zeitraum getestet. Bei der Produktion werden große Teile mittels 3D-Drucker produziert, die Entwicklung des Fahrzeugs erfolgte über ein weltweit angelegtes Collaboration-Projekt. Local Motors zog sich im Jahre 2017 wieder vom deutschen Markt zurück, das Fahrzeug erfüllte nicht die in Europa absehbaren Anforderungen.



Olli – Local Motors (USA)

Seit langer Zeit ist das Fahrzeug „GRT“ von 2GetThere aus den Niederlanden im Einsatz. Es wurde bereits 1999 vorgestellt und lange Zeit am Amsterdamer Flughafen getestet, heute ist es in verschiedenen Ländern der Welt im Einsatz. So zum Beispiel in den Vereinigten Arabischen Emiraten. Die Passagierzahlen können je nach Ausrichtung abweichen, doch in der Standardversion sind acht Sitzplätze vorhanden. Zu betonen ist, dass diese Fahrzeuge auf vorprogrammierten Wegen und auf eigener Infrastruktur bereits automatisch fahren können, aber über kein System für autonomes Fahren im Mischverkehr verfügen – dieses befindet sich noch in Planung.



GRT – 2GetThere (NL)

Das chinesische Tech- und Internetunternehmen Baidu hat zusammen mit dem Fahrzeughersteller King Long den automatisierten Bus „Apolong“ entworfen und im Juli 2018 mit der Serienproduktion begonnen. Anwendungsfälle für das 14 Personen fassende Fahrzeug seien Touristenorte und Flughäfen. Es verfügt über eine Länge von 4,3 m und Breite von 2 m. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 60 km/h. Für Anfang 2019 ist der Einsatz auf öffentlichen Straßen in Japan geplant.



Apolong - Baidu & King Long (CN)

1.5.3 In Entwicklung befindliche Fahrzeuge

Einige Fahrzeuge befinden sich noch in der Entwicklungsphase, teils sind erste Testmodelle bereits vorgestellt oder sollen noch präsentiert werden. Mit den hier vorgestellten Fahrzeugen wird ein Überblick zu den Fahrzeugen gegeben, mit denen teilweise noch im Jahr 2018 erste Einsätze zu erwarten sind.

Der „CLOUi“ ist ein deutsches Gemeinschaftskonzept des Spezialfahrzeughersteller Paravan und Ibeo mit den Partnern Schaeffler und der R&V-Versicherung. Der Cloui soll bis zu acht Personen aufnehmen können und wird auch für bewegungseingeschränkte Personen entworfen. Es bietet ein zulässiges Gesamtgewicht von 3,5 t und je nach Modifikation und Zulassung als Pkw (Fahrzeugklasse M1) eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h und als People Mover 25 km/h. Das Fahrzeug bzw. das Fahrge-



CLOUi – Paravan & Ibeo (DE)

stell als „Motionboard“ wurde bereits 2017 vorgestellt. Im Herbst 2018 wurde ein Prototyp bei der internationalen Messe ITS World Congress in Kopenhagen präsentiert. Erste öffentliche Testeinsätze sind ab 2019 vorgesehen. Das Fahrzeug wurde so konzipiert, dass auf das Motionboard ein nach Kundenwünschen angepasster Aufbau (z. B. auch für Warentransporte) gesetzt werden kann. Der Antrieb erfolgt elektrisch, doch soll neben einer Akkutechnologie eine mit Brennstoffzellen folgen. Das Fahrzeug kann manuell gesteuert werden („Level 0“, Level 4 soll von Beginn an ebenfalls möglich sein). Ob die Zulassung nur für Level 0 gilt oder auch für Level 4, ist noch unklar.

Ebenso aus Deutschland kommt der „e.GO Mover“ der Aachener e.GO Mobile in Kooperation mit dem Maschinenbauer ZF Friedrichshafen. Dieser Kleinbus mit einem Leergewicht von ca. 2,1 t wird sowohl für den Personenverkehr als auch für gewerbliche Transportaufgaben entwickelt. Das Fahrzeug wurde im Frühjahr 2017 vorgestellt, Testflotten in ausgewählten Projekten sind ab 2019 geplant. Das Fahrzeug wird als Kleinbus in Fahrzeugklasse M2 zugelassen und zunächst nur im manuellen Modus mit Fahrer und Lenkrad angeboten. Eine Automatisierung in Level 4 wird für Ende 2019 als Upgrade angekündigt. Das Fahrzeug wird zwischen acht und 15 Sitzplätzen bieten.



e.GO Mover - ZF & e.GO Mobile AG (DE)

Die deutsche IAV GmbH Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr (Fahrzeugkomponentenentwickler, Gesellschafter sind u. a. VW, Continental und Schaeffler) arbeitet mit anderen Partnern seit 2015 an einem autonom fahrenden Kleinbus. Dabei tritt die IAV GmbH auch als Projektpartner beim Forschungsprojekt OTS 1.0 (mit Siemens AG) und dem Hamburger HEAT-Projekt auf. Geplant ist ein Fahrzeug mit sechs bis zehn Sitzplätzen und ein erster Testbetrieb im öffentlichen Raum in 2019 in der Hamburger HafenCity.



Full automated shuttle – IAV (DE)

Der französische Hersteller Lohr hat einen elektrischen Kleinbus namens „Le Cristal“ entwickelt. Le Cristal bietet Platz für fünf Personen und weist einen konventionellen Fahrerarbeitsplatz auf. Dabei besitzt es ein zulässiges Gesamtgewicht von ca. 3,5 t und eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 70 km/h. Es lässt sich mit bis zu vier weiteren Fahrzeugen (Le Cabin) koppeln. Im Herbst wurde ein automatisierter Kleinbus auf dieser Basis vorgestellt (i-Cristal). Serienreife wird vom Hersteller jedoch erst ab 2020 angekündigt.



i-Cristal – Lohr (FR)

Der deutsche Autohersteller Volkswagen arbeitet mit dem „Sedric“ an einem autonom fahrenden Kleinbus (Sedric Urban Shuttle) bzw. einer entsprechenden Produktfamilie. Diese wurde im Jahre 2017 vorgestellt und eine Designstudie lässt bei dem Urban Shuttle Platz für bis zu 12 Personen erwarten. Zur Erstanwendung gibt es noch keine verlässlichen Angaben.



Sedric – Volkswagen (DE)

Im Rahmen des Forschungsprojekts GATEway – Greenwich Automated Transport Environment waren von 2017 bis 2018 im UK Smart Mobility Living Lab auf einer Halbinsel in Greenwich, London vier autonome Kleinbusse namens „Harry“ auf Fußgängerwegen im Einsatz. Entwickelt wurde der 4-Sitzer von den britischen Unternehmen Westfield Sportscars und Heathrow Enterprises. Der Pod basiert auf dem „Ultra“ der Firma Ultra Global PRT, der auf dem Flughafen Heathrow eingesetzt wurde. Auf der ca. 3,5 km langen Strecke erreichten die Fahrzeuge eine Reisegeschwindigkeit von 16 km/h.



Harry - Westfield Sportscars & Heathrow Enterprises (UK)

Das automatisierte Fahrzeug des US-amerikanischen Startups May Mobility und dem kanadischen-österreichischen Automobilzulieferers Magna, bietet Platz für sechs Personen. Das Unternehmen wurde Anfang 2017 in Detroit gegründet. Aktuell stellen in einem Pilotprojekt bis zu fünf Kleinbusse die Verbindung zwischen Parkhaus und einem Firmengelände auf einer



May Mobility & Magna (USA, AU, CA)

Strecke von 1,6 km her. Die Markteinführung ist noch in 2018 geplant.

Ein weiteres Fahrzeug, das sich noch in Entwicklung befindet ist das „Snap“ Konzeptfahrzeug von Snap Motion. Bei dem im Silicon Valley ansässigen Startup handelt es sich um eine Ausgründung der Rinspeed AG aus der Schweiz. Es wurde erstmals auf der CES in Las Vegas 2018 vorgestellt, soll zukünftig in Kleinserie produziert werden und weltweit zum Einsatz kommen. Das Fahrzeug besteht aus zwei Teilen, die zusammen und getrennt genutzt werden können: dem intelligenten Chassis („Skateboard“) und den austauschbaren Aufbauten für Personen und Güter („Pods“). Neben Mobilitätsaufgaben können die „Pods“ auch andere Aufgaben erfüllen, z. B. als „Arzt-Pod“ oder „Party-Pod“.



Snap – Snap Motion (USA/CH)

Das US-amerikanische Unternehmen Coast Autonomous hat bei einem eintägigen Demonstrationsprojekt im Juli 2018 das „Coast P-1 Shuttle“ vorgestellt. Ab 2019 soll das Fahrzeug auf dem Markt verfügbar sein und vor allem Anwendungen mit niedrigen Höchstgeschwindigkeiten dienen (z. B. Campus, Städte, Flughäfen). Durch die Anordnung der Sitzplätze im Halbkreis um die Tür herum sollen bis zu 14 Passagiere eine Sitzmöglichkeit erhalten und weitere sechs durch Stehplätze befördert werden können.



Coast P-1 Shuttle (USA)

1.6 Rahmenbedingungen

Die zulässige Geschwindigkeit der gewählten Strecke liegt theoretisch bei 50 km/h, die tatsächliche Umgebungsgeschwindigkeit auf der gewählten Strecke in der Umsetzungsstufe 1 liegt jedoch weit unter 50 km/h. Da der Wirtschaftsweg für den Kfz-Verkehr nicht freigegeben ist, muss hier lediglich mit Fuß- und Radverkehr sowie landwirtschaftlichem Verkehr gerechnet werden, der eine niedrigere Höchstgeschwindigkeit hat. Die Differenzgeschwindigkeiten des Shuttles zum konventionellen Verkehr dürfen aus Sicherheitsgründen nicht zu hoch sein. Auch wenn Erhöhungen von den derzeit üblichen 15 km/h auf 20 oder 25 km/h zukünftig möglich werden dürften, wird empfohlen, in der ersten Umsetzungsstufe, also während des 3-monatigen Testbetriebes, von 15 km/h als Regel auszugehen. Die Steigerung auf 25 km/h im 2. Umsetzungsschritt ist geplant, hängt aber von externen Faktoren, wie der Zulassung ab.

Aufgrund der aktuellen rechtlichen Situation wird die Betriebsdurchführung bis auf weiteres mit Begleitpersonal erfolgen, da sich die Teststrecke im öffentlichen Raum befindet und daher nicht ohne Fahrzeugführer gefahren werden darf.

2 KONZEPTION DER BETRIEBSFÜHRUNG

2.1 Konzeption der Betriebsdurchführung

2.1.1 Stufe 1: Bahnhof Großbeeren – An der Anhalter Bahn

Das primäre Ziel der ersten Stufe besteht in der Erprobung der Einsatzfähigkeit des automatisierten Shuttles. Die Minimierung der Komplexität der Verkehrsverhältnisse soll die Genehmigungsfähigkeit erleichtern und somit einen dreimonatigen Betriebsversuch ermöglichen. Die Erkenntnisse aus der Stufe 1 werden für die Verlängerung der Strecke in die Planung und Risikobewertung verwendet.

Abbildung 2 zeigt die Streckenführung der ersten Umsetzungsstufe:

- Streckenlänge: 1,1 km
- Fahrzeit 5 min (bei 12 km/h Reisegeschwindigkeit)

- Fahrzeugzahl: 1 Stück
- Fahrtenpaare/Stunde: 1 oder 2



Abbildung 2: Konzeption Umsetzungsstufe 1

Der Shuttle fährt in dieser Stufe nach Ankunft RE4 aus Berlin oder der Shuttle wartet zusätzlich noch den RE4 aus Ludwigsfelde/Jüterbog ab. In umgekehrter Fahrtrichtung kommt der Shuttle vor der Abfahrt des RE4 nach Berlin oder noch vor Abfahrt des RE4 nach Ludwigsfelde/Jüterbog an. Die Herstellung der Anschlüsse von und nach Ludwigsfelde/Jüterbog verlängert die Wartezeit für die Pendler von und nach Berlin, schafft aber zusätzliche Verbindungen. Sobald erste Betriebserfahrungen vorliegen und die Fahrzeiten stabil sind, kann ein Fahrtenpaar für Anschlüsse von und nach Ludwigsfelde/Jüterbog ergänzt werden.

2.1.2 Stufe 2: Verlängerung bis „Märkische Allee Mitte“

Mit der Verlängerung des Shuttles bis zur Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ werden zusätzliche Verbindungen möglich.

a) Arbeitsplätze im Bereich der Märkischen Allee erhalten Anschluss an den RE4 am Bahnhof Großbeeren. Für die Frage, ob Anschlüsse Richtung Berlin oder auch Ludwigsfelde/Jüterbog angeboten werden, gelten die für Stufe 1 in Kapitel 2.1.1 gemachten Aussagen.

b) Mit Umsetzung des Knoten „Am Wall“ bestehen an der Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ Anschlüsse zum und vom Knoten „Am Wall“. Mit erneutem Umstieg an diesem Knoten werden somit zahlreiche Verbindungen möglich, so z.B. von und nach Teltow, nach Berlin Buckower Chaussee (oder Alt-Mariendorf), sowie Mahlow/Blankenfelde ggf. zum Flughafen BER. Ohne den Knoten „Am Wall“ ist die Erschließung aber als Zubringer zum weiterführenden Linienbusverkehr nicht möglich.

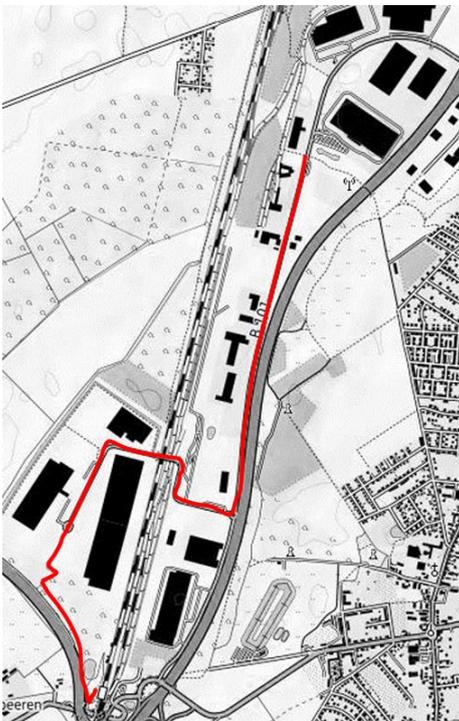


Abbildung 3 zeigt die Streckenführung der zweiten Umsetzungsstufe:

- Streckenlänge: 1,1 km
- Fahrzeit: 5 min (bei 12 km/h Reisegeschwindigkeit)
- Fahrzeugzahl: 1 Stück
- Fahrtenpaare/Stunde: 1 oder 2

Abbildung 3: Konzeption Umsetzungsstufe 2

2.1.3 Stufe 3: Verlängerung bis zum Knoten „Am Wall“

Die Verlängerung der Strecke zum Knoten „Am Wall“ vermeidet das zusätzliche Umsteigen an der Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ auf dem Weg vom und zum Knoten „Am Wall“ und ermöglicht gleichzeitig die Erschließung der vorhandenen und des künftigen Wohngebietes an der Teltower Straße. Für ein stündliches Fahrplanangebot ist ein Fahrzeug erforderlich, für ein halbstündliches Angebot sind zwei Fahrzeuge erforderlich, wobei dann auch zusätzliche Erschließungsaufgaben denkbar wären.

Ohne die Umsetzung des neuen Linienkonzeptes mit Knoten „Am Wall“ ist die Erschließung des GVZ und der Wohngebiete an der Teltower Straße als Zubringer zum weiterführenden Linienbusverkehr nicht möglich.

Abbildung 4 zeigt die Streckenführung der dritten Umsetzungsstufe:

- Streckenlänge: 6 km
- Fahrzeit: 22 bis 28 min (bei 18 oder 15 km/h Reisegeschwindigkeit)
- Fahrzeugzahl: 1 (oder 2) Stück
- Fahrtenpaare/Stunde: 1 (oder 2)

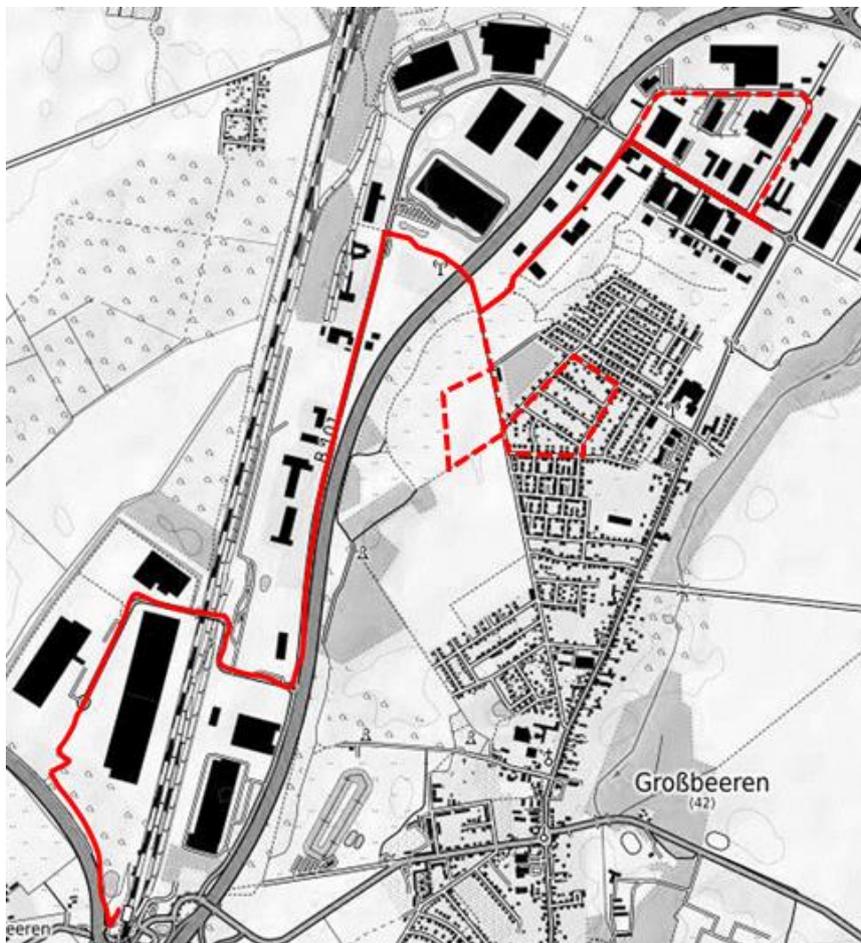


Abbildung 4: Konzeption Umsetzungsstufe 3

Die Streckenführung zur Erschließung der Wohngebiete an der Teltower Straße und des Bereiches Osdorfer Ring (gestrichelte Linie) wird noch abzustimmen sein und ist vorbe-

haltlich der Machbarkeit vor dem Hintergrund der Realisierbarkeit höherer Reisegeschwindigkeiten. Die Festlegung der Streckenführung wird also in Abhängigkeit der am Ende zugelassenen Höchstgeschwindigkeit festgelegt werden können.

2.2 Erlösabschätzung

Zur Gegenüberstellung von Kosten und Erlösen wird zunächst die Erlösseite, unterschieden nach den drei Umsetzungsstufen, betrachtet.

Die Erlöse aus dem Verkauf von Fahrkarten für die Fahrt mit dem automatisierten Shuttle sind voraussichtlich gering, weil die überwiegende Anzahl der Fahrgäste bereits über Ticket für die Fahrt mit den RE4 oder einem Linienbus der VTF verfügt. Mehrerlöse sind daher nur durch zusätzliche Fahrgäste zu erwarten.

Die Schätzung der Erlöse kann aufgrund der offenen Rahmenbedingungen nur sehr grob sein, zeigt aber die Begrenztheit der Nutzerfinanzierung auf. Im nachfolgenden Ansatz werden die potenziellen Nutzer in Umsteiger (verfügen bereits über Fahrkarte für den RE4) mit einem geschätzten Anteil von 90% und neue zusätzliche Fahrgäste mit einem geschätzten Anteil von 10% zugrunde gelegt. Beide Nutzergruppen leisten einen sehr unterschiedlichen Deckungsbeitrag pro beförderter Person, so dass die Erlöse aus Umsteigern und die Erlöse aus Nichtumsteigern (neue Fahrgäste) den Erlös netto gesamt ergeben. Die Fahrgastzahl wurde auf Basis einer angenommenen durchschnittlichen Besetzung der angebotenen Fahrten geschätzt.

Berechnung	Ansatz
Betriebszeit (Uhrzeit)	05:00 - 23:00
Betriebszeit (Stunden)	18
Fahrten pro Stunde	2
Fahrten pro Tag	36
Betriebstage pro Jahr (reduziert am WE)	300
Fahrten pro Jahr	10.800
Auslastung mit Fahrgästen (Schätzung in Summe beider Richtungen)	3,2
Fahrgäste pro Jahr	34.560
Anteil Umsteiger (Fahrkarte bereits vorhanden)	90 %

Erlös pro Umsteiger	0,10 €
Erlös Umsteiger pro Jahr	3.008 €
Erlös Umsteiger pro Jahr netto	2.811 €
Anteil Nicht-Umsteiger	10 %
Erlös pro Nicht-Umsteiger	1,00 €
Erlöse Nicht-Umsteiger pro Jahr	3.456 €
Erlöse Nicht-Umsteiger pro Jahr netto	3.230 €
Erlöse netto gesamt	6.041 €

Tabelle 6: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 1

In Stufe 2 ist von einer Steigerung der Erlöse auszugehen, weil der automatisierte Shuttle dann nicht nur Anschlüsse zum Bahnverkehr, sondern auch um Linienverkehr der VTF herstellt. Weil sich die Zahl der Fahrten nicht verändert (nur die Strecke wird länger) und das Umsteigen an der Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ und vielfach zusätzlich am Knoten „Am Wall“ die Attraktivität der Reisekette reduziert, haben wir den vorsichtigen Ansatz eines Faktors 1,5 gegenüber Stufe 1 angesetzt.

Berechnung	Ansatz
Erlöse Stufe 1 netto gesamt	6.041 €
Faktor	1,25
Erlöse netto gesamt	7.551 €

Tabelle 7: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 2

In Stufe 3 entfällt das Umsteigen an der Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ und der Shuttle übernimmt zusätzlich Erschließungsaufgaben für das Wohngebiet an der Teltower Straße. Dies sorgt dafür, dass der Shuttle an beiden Streckenenden attraktive eine Zubringerfunktion erfüllt, so dass gegenüber Stufe 1 von einem Faktor 2 (Verdoppelung) ausgegangen werden kann.

Berechnung	Ansatz
Erlöse Stufe 1 netto gesamt	6.041 €
Faktor	1,5
Erlöse netto gesamt	9.061 €

Tabelle 8: Schätzung jährliche Erlöse im Fall Stufe 3

Für die Abschätzung der Erlösanteile aus den verkauften Fahrkarten ist zu berücksichtigen, dass a) durch den zu erwartenden hohen Anteil von Zeitkarten der durchschnittliche Erlös pro Fahrt gering ist und b) der Anteil des Shuttles an der jeweiligen Gesamtstrecke

der Fahrt ebenfalls gering ist. Ein weiteres grundsätzliches Thema ist die Frage, wie der Verkauf und die Kontrolle von Fahrkarten im Shuttle stattfindet, sobald eines Tages kein Sicherheitsfahrer mehr an Bord ist.

In dieser Betrachtung ist nicht berücksichtigt, dass der Shuttle durch das GVZ die Attraktivität des ÖPNV für die Fahrt zu Arbeit oder zu anderen Zielen insgesamt steigert und voraussichtlich mehr Menschen den RE4 oder den Linienbusverkehr der VTF nutzen werden. Eine solide Berechnung dieses Effektes wird aber erst möglich sein, wenn der Erfolg messbar ist.

2.3 Kostenabschätzung

Die Schätzung der Kosten einer dauerhaften Umsetzung beruht auf vorliegenden Angeboten vergleichbarer Projekte und ersten Betriebserfahrungen mit automatisierten Bussen.

Ausgehend von den Ankündigungen aus dem BMVI, dass ab 2019 ein fahrerloser Betrieb auf Basis von Ausnahmegenehmigungen möglich sein wird, ist für den Betrieb des Shuttles kein Sicherheitsfahrer an Bord erforderlich. In welchem Umfang eine Leitstelle ständige Überwachungsaufgaben übernehmen muss bzw. wie viele Aufgaben diese Leitstelle neben der Überwachung eines Shuttles in Großbeeren noch übernehmen kann, lässt sich zum heutigen Zeitpunkt nicht sagen. An dieser Stelle gleicht die Kalkulation einem Blick in die Glaskugel.

Unter Zugrundelegung der o.g. Annahme hat die Betriebsdauer oder die Zahl der gefahrenen Kilometer nur einen geringen Einfluss auf die Kalkulation der Kosten.

Die Kalkulation in Tabelle 9 ist für den Fall „Kauf“ anhand des Beispiels eines EZ 10 der Firma EasyMile dargestellt. Eine Option „Leasing“ ist auch möglich, ggf. über Finanzierungspartner. Die Angaben beziehen sich auf ein Fahrzeug. Bei einem Halbstundentakt, werden zwei Busse benötigt und die Kosten erhöhen sich entsprechend.

Planfall EasyMile EZ10, Gen 2	Einmalkosten 1. Jahr (in Euro)	Invest (in Euro)	Abschrei- bung/Jahr (in Euro)**
Kaufpreis		250.000	50.000
Einzelzulassung	15.000		
Streckenanalyse	5.000		
Setup, Einmessen	13.000		
Anlieferung	4.000		
Schulung für Operatoren*	5.400		
Summe	42.400	250.000	50.000

Tabelle 9: Einmalkosten und Investitionen

Anmerkungen: *Je nach Personalmanagement/Fluktuation und Betriebskonzept sind Schulungen in regelmäßigen Abständen notwendig. ** Dauer der Abschreibung: 5 Jahre

Jährliche Kosten	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 3	Jahr 4	Jahr 5	Jahr 6	Jahr 7
Lizenz und Über- wachung	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000	16.000
Wartung	22.000	22.440	22.889	23.347	23.814	24.290	24.776
Ortung über NRTK	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160	2.160
Versicherung	9.500	9.690	9.884	10.081	10.283	10.489	10.699
Afa	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
Zinsen	41.667	41.667	41.667	41.667	41.667	41.667	41.667
Einmalkosten	42.400	0	0	0	0	0	0
Sicherheitsfahrer	45.000	0	0	0	0	0	0
Leitstelle	0	15.000	15.300	15.606	15.918	16.236	16.561
Strom	2.000	41.667	41.667	41.667	41.667	41.667	41.667
Abstellung (Miete)	1.200	1.224	1.248	1.273	1.299	1.325	1.351
Overhead	21.153	19.985	20.081	20.180	20.281	20.383	20.488
Summe	253.079	219.832	220.896	221.981	223.088	224.217	225.368

Tabelle 10: Jährliche Kosten im Fall EasyMile EZ 10, Gen 2

2.4 Finanzierungsmöglichkeiten

Aufgrund der aktuellen politischen Debatte zu Feinstaubbelastungen, Dieselfahrverboten, Fachkräftemangel und urbanen Siedlungsentwicklungen (steigende Grundstück- und Mietpreise etc.) ist es notwendig die Förderlandschaft permanent zu beobachten. Es

werden immer wieder neue Fördertöpfe geöffnet oder bestehende ausgeweitet. Mit Stand September 2018 wird im Folgenden eine Aussage zu aktuellen Fördermöglichkeiten gegeben. Als gesichert ist anzumerken, dass es darüber hinaus in den kommenden Monaten und im Jahr 2019 weitere Förderungen geben wird.

Automatisiert fahrende, elektrische Fahrzeuge lassen sich, bei jeweils angepasster Schwerpunktsetzung mit folgenden Förderungen unterstützen:

Name	Automatisiertes und vernetztes Fahren auf digitalen Testfeldern in Deutschland
Fristen	Geförderte Vorhaben sollen bis zum 30. Juni 2019 abgeschlossen werden.
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> • Zuschuss von 50%
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Antragseinreichung für den Probetrieb möglich • Verfahren sehr Aufwendig und langwierig, daher zeitlich kritisch

Name	Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme
Fristen	Einreichung immer nach Call, bis 31.12.2020
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> • Zuschuss von 50+X%
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Nur relevant für Kommunen, in denen die NO_x-Grenzwerte regelmäßig überschritten werden (→ Großbeeren gehört nicht dazu) (s. Bekanntmachung der Richtlinie vom 21.2.18)

Name	Förderung der Senkung des CO ₂ -Ausstoßes im Verkehr (Richtlinie Mobilität), Brandenburg
Fristen	Einreichung seit 08.09.2016 permanent bei der ILB möglich
Förderart und -quote	<ul style="list-style-type: none"> Zuschuss von 80%
Anmerkungen	<ul style="list-style-type: none"> Förderfähig sind u. a. Investitionsvorhaben des ÖPNV, ob automatisierte Busverkehre förderfähig sind, muss geprüft werden

2.5 Vertrieb und Tarif

Im Zielzustand wird der automatisierte Shuttle Bestandteil der Wegekette zwischen den Wohn- und Arbeitsorten der Beschäftigten im GVZ sein. Im Fall Stufe 3 kommen Fahrgäste aus den Wohngebieten an der Teltower Straße auf ihren Wegen zur Arbeit und zu anderen Verkehrszwecken hinzu. Ein eigener Vertrieb und ein eigenständiger Tarif für den Shuttle zusätzlich zum VBB würde vermutlich auf Unverständnis stoßen, zumal die VTF auf verschiedenen Streckenabschnitten des automatisierten Shuttle Linienverkehre nach §42 PBefG betreibt.

2.5.1 Vertrieb und Tarif in Stufe 1

In der Phase des Testbetriebes Stufe 1 zwischen Bahnhof Großbeeren und der GVZ-Erweiterung an der Anhalter Bahn und den Standorten von Lidl und ASOS ist ein fahrscheinfreies Verkehrsangebot aus folgenden Gründen eine denkbare Option:

- Der vorgesehene Testzeitraum von 3 Monaten ist verhältnismäßig kurz und der Aufbau eines Fahrkartenvertriebs ist nicht sehr effizient.
- Es gibt auf diesem Streckenabschnitt keinen Parallelverkehr zu den Linien der VTF und keine gemeinsamen Haltestellen.

- Eine wesentliche Motivation für den Testbetrieb Stufe 1 ist die Erprobung der Verfügbarkeit des automatisierten Shuttles, so dass am Ende Aussagen zur betrieblichen Zuverlässigkeit gemacht werden können.
- Aufgrund des kurzfristigen Starts des Testbetriebes wird der Knoten „Am Wall“ und die Umsetzung des neuen Linienkonzeptes mit speziellen Fahrten zur GVZ-Erweiterung „An der Anhalter Bahn“ noch nicht vorhanden sein. Weil der automatisierte Shuttle mit 11 oder 15 Plätzen (inklusive Stehplätze) im Verhältnis zur Fahrgastnachfrage eine nicht ausreichende Kapazität bietet, sind Konflikte nicht ausgeschlossen, da mit dem Verkauf einer Fahrkarte ein Beförderungsversprechen abgegeben wird, das voraussichtlich nicht in allen Fällen eingelöst werden kann.

2.5.2 Vertrieb und Tarif in den Stufe 2 und 3

Mit Ausweitung des automatisierten Shuttles erweitern sich die Aufgabe und Strecken, so dass die Frage der Tarifierung und des Vertriebs neu zu bewerten sind.

- Der vorgesehene Betrieb ist auf Dauer ausgelegt und bietet sich zur Integration in das ÖPNV-Angebot an.
- Ab Stufe 2 gibt auf Streckenabschnitte mit parallelen Streckenverläufen zu den Linien 600, 710 und 711 der VTF sowie mehrere gemeinsamen Haltestellen.
- Von einem stabilen und fahrerlosen Betrieb ist auszugehen.
- Von einer Umsetzung des Konzeptes Knoten „Am Wall“ ist auszugehen, weil ohne Umsetzung dieses Linienkonzeptes mit seinen Taktverkehren und Anschlüssen die Stufen 2 und 3 des automatisierten Shuttles keinen Sinn ergeben. Von der Bereitstellung größerer Fahrzeugkapazitäten zur GVZ-Erweiterung „An der Anhalter Bahn“ ist daher ebenfalls auszugehen, so dass Kapazitätsprobleme nicht zu erwarten sind.

Als Bestandteil des ÖPNV und als Bestandteil des Linienverkehrs der VTF werden in dem automatisierten Shuttle die Tarife des VBB gelten. Die Abrechnung und Einnahmeverteilung wird durch die VTF durchgeführt, wie bei allen übrigen Linien der VTF.

Während die Kontrolle der Fahrkarten vergleichbar mit einer Straßenbahn in Berlin über Stichproben sichergestellt werden kann, gibt es für den Verkauf von Fahrkarten keine erprobte Lösung oder Entscheidung. Verschiedene Denkansätze sind abzuwägen:

- Stationäre Fahrkartenautomaten
- Mobile Fahrkartenautomaten
- Kontaktlose Fahrkarten oder Handy-Ticket

Mobile Fahrkartenautomaten im automatisierten Shuttle benötigen unverhältnismäßig viel Platz oder bieten nur ein eingeschränktes Ticketsortiment. Stationäre Fahrkartenautomaten erschweren den Aufbau von Linien mit einer hohen Haltestellendichte und würden somit die Vorteile des automatisierten Shuttles zunichtemachen. Die Beschränkung auf kontaktlose Fahrkarten oder Handy-Tickets würde zahlreiche Nutzergruppen von der Beförderung ausschließen und ist somit ebenfalls keine umfassend geeignete Lösung. Möglicherweise kann die Kombination der o.g. Ansätze ein geeigneter Lösungsansatz sein, solange nicht der komplette Vertrieb des VBB auf kontaktlose Fahrkarten umgestellt wurde.

2.6 Integration in konventionelles ÖPNV-Angebot

Der automatisierte Shuttle hat Ähnlichkeiten zum konventionellen Linienbusverkehr. Eine Integration in das ÖPNV-Angebot innerhalb des VBB bietet sich an.

Neben der in Kapitel 2.1 erläuterten Funktion als Zubringer zum RE4 und zum Linienbusverkehr der VTF und der in Kapitel 2.5 dargestellten Integration in das Linienkonzept mit Knoten „Am Wall“ sind weitere Themen zur Integration in das konventionelle ÖPNV-Angebot zu regeln:

- Liniengenehmigung nach PBefG: Der automatisierte Shuttle befördert Fahrgäste auf öffentlichen Straßen und gegen Entgelt. Somit ist eine Genehmigung nach PBefG erforderlich. Aufgrund der bereits vorhandenen Liniengenehmigungen auf parallelen Teilabschnitten bietet sich eine Integration in den Linienverkehr der VTF an.

- VBB-Tarif: Bei Integration in den Linienverkehr der VTF und zur Sicherstellung einer durchgehenden Tarifierung im Rahmen des VBB ist der Tarif des VBB anzuerkennen. Für Fahrgäste von RE4 und VTF ist die Nutzung des automatisierten Shuttles somit ohne Mehrpreis möglich.
- Fahrplanmedien: Mit Integration in den Linienverkehr der VTF wird der Fahrplan des automatisierten Shuttles in allen gedruckten und elektronischen Fahrplanmedien der VTF und des VBB integriert.
- RBL: Die Integration in den Linienverkehr der VTF bedingt auch die Verknüpfung des automatisierten Shuttles mit dem RBL der VTF. Somit werden Fahrplanauskünfte in Echtzeit und Maßnahmen zur Anschlusssicherungen möglich. Die entsprechenden Schnittstellen für die Verknüpfung sind herzustellen.
- Haltestellen: Als Verkehrsangebot im VBB sind die Standards für die Haltestellen innerhalb des VBB anzuwenden, bzw. anzupassen. Dies umfasst neben dem Zeichen 224 Haltestelle auch die Ausgänge für Fahrplan und Tarif.
- Betriebsleitung: Für die Operative Betriebsleitung stellt die Leitstelle der VTF eine zu prüfende Option dar. Anschlusssicherung und Fahrgastkommunikation wären somit bei geringstmöglichen Informationsverlusten möglich. Die Machbarkeit dieser Integration ist zu prüfen.

3 UMSETZUNGSPLANUNG

3.1 Anforderungen an Fahrzeuge und System

Die automatisierten Kleinbusse haben je nach Fahrzeugtyp und eingesetzter Software spezielle Anforderungen an Verkehr und Infrastruktur. Die aktuell verfügbare Technologie ist auf dem Stand, dass die Fahrzeuge nur auf einprogrammierten Wegen fahren und einem Referenzpfad folgen. Einfache, geordnete Verkehrsverhältnisse mit wenig potenziellen Störfaktoren sind sehr vorteilhaft für einen reibungslosen Betrieb, da die Fahrzeuge passiv fahren und auf jede potenzielle Störung reagieren. Bei Kreisverkehren erkennen die Fahrzeuge z. B. derzeit noch nicht das Blinken anderer Verkehrsteilnehmer

als Zeichen, dass diese die nächste Ausfahrt nehmen und brauchen eine größere Zeitlücke als menschliche Verkehrsteilnehmer, um diesen zu befahren. Auf dem Referenzpfad stehenden Hindernissen kann noch nicht oder noch nicht vollständig automatisiert ausgewichen werden.

Eine Anforderung an die Straßenbreiten ergibt sich aus der Sicherheitszone von mind. 30 Zentimetern rund um das Fahrzeug. Je nach Fahrzeugtyp müssen die Regel-Straßenbreiten mindestens 3 Meter betragen, schmalere Wege sind bei Inkaufnahme geringerer Geschwindigkeiten möglich. Auch parkende Fahrzeuge am rechten Fahrbahnrand können derzeit aufgrund des Rechtsfahrgebotes zu Schwierigkeiten führen.

Straßen verfügen über technische Infrastruktur, beispielsweise Lichtsignalanlagen (LSA). Die Kommunikation zwischen den automatisierten Fahrzeugen und diesen Infrastruktureinrichtungen (V2I und V2X) erfordert entsprechend passende Technik. Diese befindet sich jedoch noch im Entwicklungsstadium, bedarf zudem einer „On-Board-Unit“ im Fahrzeug sowie einer „Road-Site-Unit“ im Steuergerät der LSA oder anderen Einrichtungen.

Derzeit werden die Fahrzeuge in der Regel nur bis zu einer Höchstgeschwindigkeit von 20 bis 25 km/h zugelassen. Technisch können die Fahrzeuge Geschwindigkeiten bis 45 km/h erreichen. Jedoch sind vorzugsweise Straßen mit niedrigeren zulässigen Geschwindigkeiten für die erste Strecke auszuwählen, um die Akzeptanz bei allen Verkehrsteilnehmern so hoch wie möglich und um Gefährdungspotenziale gering zu halten. Eine Liste von Anforderungen an das Fahrzeug mit KANN-MUSS-Kriterien (Lastenheft) ist der Anlage 11 zu entnehmen.

Darüber hinaus können bei geringer Bebauung „Landmarker“ nötig werden, um Orientierungspunkte für das Fahrzeug zu ersetzen, z. B. bei Strecken im ländlichen Raum. Diese werden teilweise in Abständen von 50 Metern eingesetzt, um die Positionierung des Fahrzeugs zu unterstützen. Deren genaue Ausführung hängt ab von der Situation vor Ort.

Außerdem muss auf der Strecke der GPS-Empfang sichergestellt werden und jederzeit mobile Daten (3G/4G) empfangen werden können. Bei Navya ist zur Verbesserung der

Positionsbestimmung die Installation einer GNSS-Antenne im Radius von 10 km in Streckennähe nötig. Die Abkürzung GNSS steht für „Globales Navigationssatellitensystem“. Die ortsfeste GNSS-Datenbank wird dazu auf einer erhöhten Position installiert, z. B. Kirchturm, Funkturm oder hohes Haus. Diese kommuniziert mit der mobilen Empfängerantenne am Fahrzeug über Funk und 3G/4G. Je freier die Sicht auf die Strecke ist, umso besser wird die GNSS-Lokalisierung funktionieren. Die Datenbank benötigt einen 220 V-Stromanschluss und muss jederzeit zugänglich sein (aktuell sind regelmäßige Antennenresets nötig). Die Verfügbarkeit von 3G/4G am Standort (inkl. SIM-Karte von mind. 20 GB Datenvolumen) sowie die Verwendbarkeit von Funkfrequenzen (868 oder 900 MHz) muss sichergestellt sein.

Für das Fahrzeug ist neben der Ladestation auch eine Abstellmöglichkeit außerhalb der Betriebszeit erforderlich. Beides sollte kombiniert in unmittelbarer Nähe zur Streckenführung eingerichtet werden, z. B. im Bereich des Umbau- und Modernisierungsprojektes Alter Bahnhof Großbeeren. Die bisher im Einsatz befindlichen Fahrzeuge von Navya und EasyMile können nur an einem Ort mit gemäßigten Temperaturen (über 10° C) aufgeladen werden und benötigen daher für einen ganzjährigen Betrieb eine geschlossene und belüftete Unterstellung mit folgenden Anforderungen:

- Innentemperaturen zwischen 10°C und 30°C
- Mindesthöhe je nach Fahrzeugtyp mind. 3 Meter, Mindestbreite 4 Meter und Mindesttiefe 6 Meter, um Arbeiten am Fahrzeug an allen vier Seiten zu ermöglichen
- Stromanschluss vorhanden (passend zum Fahrzeugtyp)
- Kleines Handlager (Besen, Tücher, Eimer, Ersatzleuchtmittel etc.) und sanitäre Anlagen

Im späteren Verlauf der Bearbeitung werden die erforderlichen infrastrukturellen Maßnahmen entlang der Strecke detailliert erfasst und geplant. Hierzu zählt z. B. die Analyse der LSA-Technik und der jeweiligen Anpassungsmöglichkeiten zur Erfassung durch die Sensoren und Kameras der Fahrzeuge oder die Prüfung zum Befahren bestimmter Abschnitte in den Nebenanlagen von Straßen.

3.2 Infrastruktur

3.2.1 Stufe 1

3.2.1.1. Begegnungsfälle

Die maßgebenden Begegnungsfälle sind Fußgänger bzw. Radfahrer mit dem Kleinbus sowie landwirtschaftliche Fahrzeuge mit dem Kleinbus. Entgegen konventionell gesteuerten Fahrzeugen erfordert der Betrieb automatisierter Fahrzeuge mehr Platz links und rechts des Fahrzeugs. Dies ist bedingt durch den Sichtbereich der Sensoren, die allein einen Freiraum von 30 Zentimetern zu beiden Seiten benötigen. Im Zweirichtungsverkehr erweitert sich dies noch deutlich, die Hersteller formulieren hier als grobe Zielgröße 3,0 m Straßenbreite im Einrichtungsverkehr sowie 6,0 m im Zweirichtungsverkehr. Im Einzelfall kann davon abgewichen werden, dies ist jedoch mit den Herstellern im Detail zu vereinbaren.

Begegnungsfall Fuß- bzw. Radverkehr mit Kleinbus

Die Trasse weist eine Breite von mindestens ca. 3,20 m bis ca. 4,50 m auf (s. Anlage 1: Stufe 1 – Systemquerschnitt B-B und D-D). Der Kleinbus hat eine Breite von ca. 2,00 m. Das Grundmaß des lichten Raumes eines einzelnen Fußgängers kann gemäß den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt 06) mit einer Breite von 0,90 m abgeleitet werden. Der lichte Raum für einen einzelnen Radfahrer beträgt gemäß der RAST 06 1,00 m.

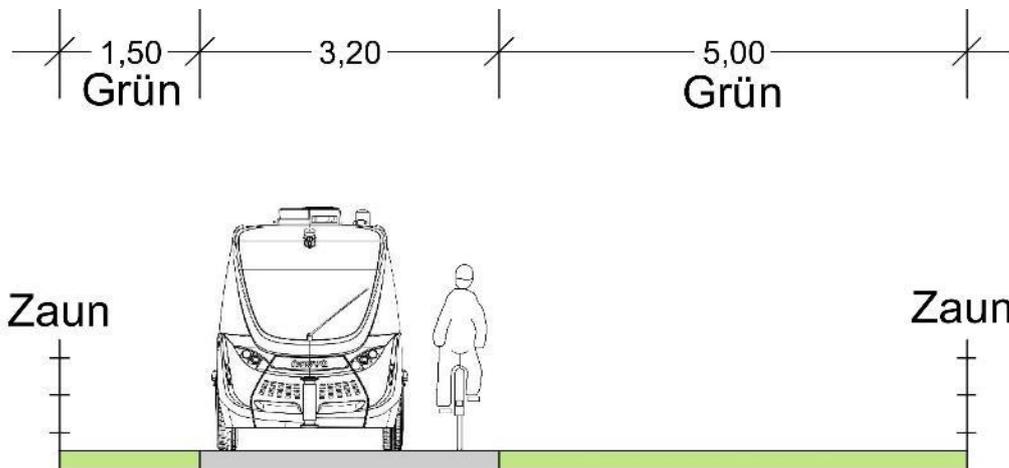


Abbildung 5: Stufe 1 – Systemquerschnitt B-B

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

Einschränkungen für den Fuß- bzw. Radverkehr sind bei der Mindesttrassenbreite von ca. 3,20 m beim Begegnungsfall **nicht zu erwarten** (vgl. Abbildung 5).

Begegnungsfall landwirtschaftliche Fahrzeuge mit Kleinbus

Die Breite eines normalen Traktors beträgt ca. 2,00 m. Für den Begegnungsfall mit dem Kleinbus mit einer Breite von ebenfalls ca. 2,00 m steht in den Abschnitten 2 und 3 mit einer Trassenbreite von ca. 3,20 m bis ca. 3,50 m zu wenig Platz zur Verfügung. Hierfür wären Ausweichstellen erforderlich (s. Anlage 2: Unterlage 16.2 und 3). Der Wirtschaftsweg weist in Abschnitt 4 eine Breite von ca. 4,00 m bis ca. 4,50 m auf. Der Begegnungsfall von einem normalbreiten Traktor mit dem Kleinbus ist hier möglich (s. Abbildung 6). Unter Umständen ist im Begegnungsfall ein Befahren des Grünstreifens des Traktors notwendig, der Shuttle muss in diesem Fall vom Operator manuell bedient werden, da für die Automatik zu wenig Platz bleibt.

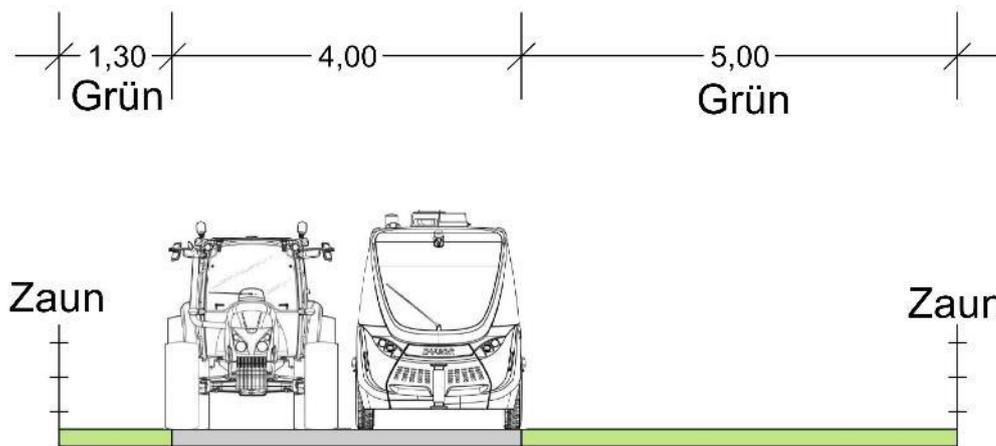


Abbildung 6: Systemquerschnitt D-D

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

Derzeit verkehrt **kein landwirtschaftlicher Verkehr** auf dem Wirtschaftsweg der Stufe 1. Einschränkungen sind somit **nicht zu erwarten**. Während der Testphase sollte eventuell stattfindender landwirtschaftlicher Verkehr vorher beim Betreiber angemeldet werden um entsprechend zu reagieren.

3.2.1.2. Ausweichstellen

Der Übersichtslageplan in Abbildung 7 zeigt die verschiedenen Abschnitte in der Stufe 1. In den Abschnitten 2 bis 4 ist das Erfordernis von Ausweichstellen zu untersuchen.

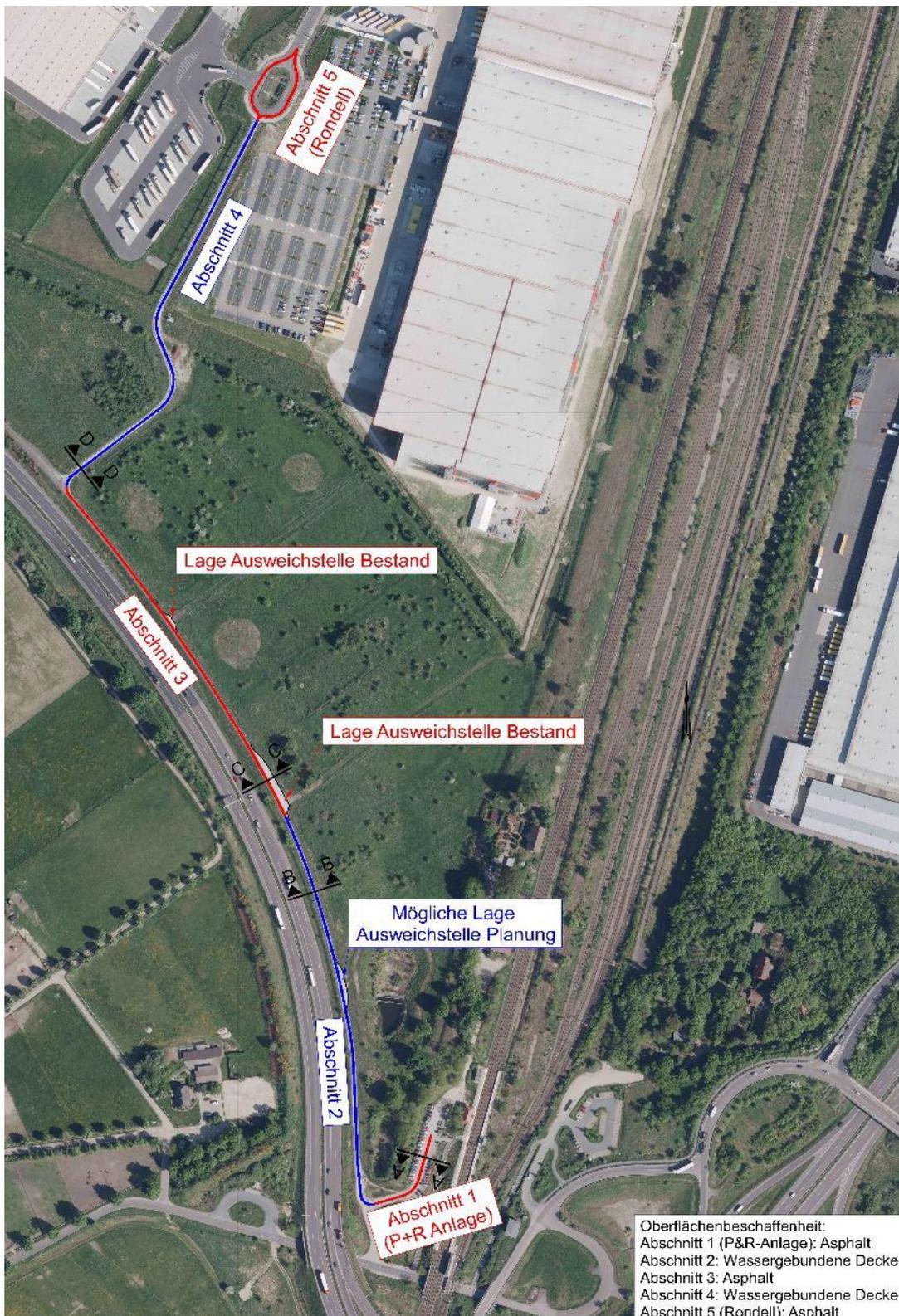


Abbildung 7: Übersichtslageplan Stufe 1

Der Abschnitt 2 weißt keine Ausweichstellen im Bestand auf. Auf Höhe des Regenrückhaltebeckens ist der Bau einer Ausweichstelle grundlegend möglich (s. Anlage 2: Unterlage 16.2). Die Kosten belaufen sich auf ca. 6.000,- € brutto. Aufgrund der Tatsache, dass aktuell **kein landwirtschaftlicher Verkehr** auf der Trasse verläuft, ist der Bau einer Ausweichstelle in diesem Bereich **nicht notwendig**.

In Abschnitt 3 sind zwei Ausweichstellen im Bestand vorhanden. Die nördliche Ausweichstelle bietet dem Kleinbus oder vergleichbaren Fahrzeugen mit den Abmessungen von ca. 2,00 m in der Breite und ca. 5,00 m in der Länge mit Fahrtrichtung von Süden nach Norden unter einer geringen Einbeziehung der Grünstreifen in den Eckausrundungen eine Ausweichmöglichkeit für den Begegnungsfall mit dem landwirtschaftlichen Verkehr oder vergleichbaren Fahrzeugen (s. Anlage 3: Unterlage 16.3). Die südliche Ausweichstelle bietet mit einer Gesamtbreite von ca. 6,50 m und einer Länge von 35 m ausreichend Platz für den Begegnungsfall von landwirtschaftlichem Verkehr mit dem Kleinbus (s. Abbildung 8: Systemquerschnitt C-C). Die beiden Ausweichstellen sind ca. 100 m voneinander entfernt. Das Einrichten von weiteren Ausweichstellen ist **nicht erforderlich**.

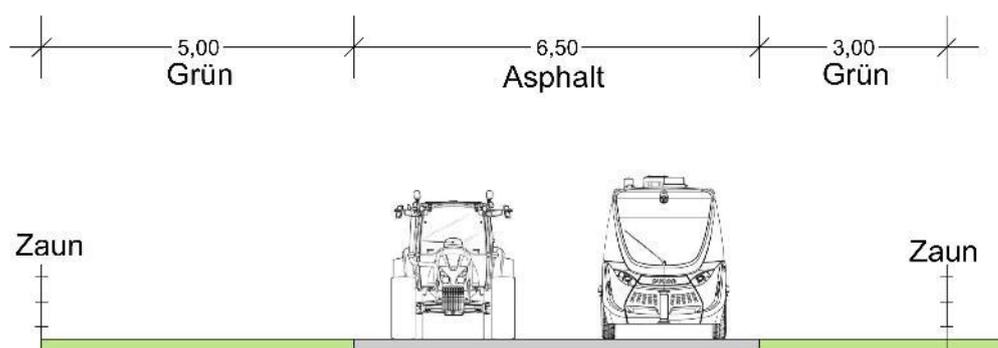


Abbildung 8: Systemquerschnitt C-C

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

Im Abschnitt 4 sind, wie in Kapitel 3.2.1 beschrieben, **keine Ausweichstellen notwendig**.

3.2.1.3. Tragfähigkeit der Strecken

Nachfolgend wird der im Bestand befindliche Oberbau der Trasse der Stufe 1 für den Bereich am P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren sowie den Bereich zwischen dem P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren und dem Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS beschrieben.

Bereich P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren

Gemäß der von Infrastruktur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH, Potsdam zur Verfügung gestellten Unterlagen weist der Oberbau von Fahrbahn und Pkw-Stellplätzen folgenden Aufbau auf:

Oberbau Fahrbahn

(Bauklasse V nach RStO 01, Tafel 1, Zeile 3)

4,0 cm	Asphaltbeton
14,0 cm	Asphalttragschicht
15,0 cm	Schottertragschicht
<u>28,0 cm</u>	<u>Frostschuttschicht</u>
55,0 cm	Gesamtaufbau

Oberbau Pkw-Stellplätze

(Bauklasse V nach RStO 01, Tafel 1, Zeile 1)

8,0 cm	Betongrasplatte
3,0 cm	Asphalttragschicht
15,0 cm	Schottertragschicht
<u>28,0 cm</u>	<u>Frostschuttschicht</u>
55,0 cm	Gesamtaufbau

Bereich zwischen dem P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren und dem Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS

Der Oberbau der Trasse zwischen dem P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren und dem Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS weist zwei unterschiedliche Beschaffenheiten auf.

Auf einem ca. 300 m langen Teilstück im Abschnitt 3 verläuft die Trasse der Stufe 1 auf Asphalt (s. Abbildung 9). Dies ist ein Teil der alten L40, genaue Angaben über den Oberbau liegen nicht vor.

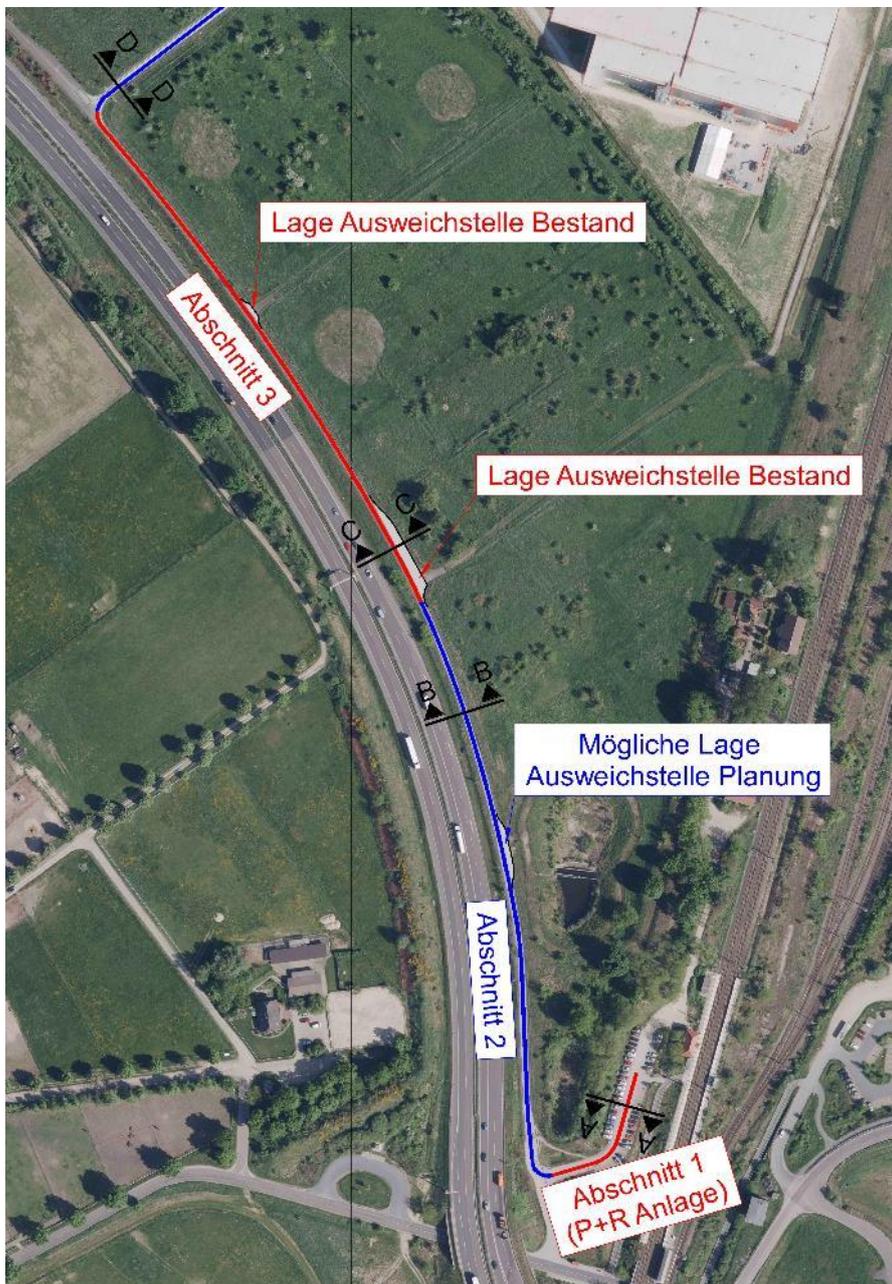


Abbildung 9: Ausschnitt Übersichtslageplan Stufe 1

In den Abschnitten 2 und 4 der Stufe 1 verläuft die Trasse mit einer Gesamtlänge von ca. 600 m auf einer wassergebundenen Decke. Der Aufbau wird, ebenfalls von der Infrastruktur- und Projektentwicklungsgesellschaft mbH, Potsdam, wie nachfolgend beschrieben:

Oberbau Unbefestigter Weg (wassergebundene Decke)

(n. RLW 2.2, Zeile 3, Spalte 2)

5,0 cm	Brechsand-Splitt-Gemisch
<u>40,0 cm</u>	<u>Schottertragschicht</u>
45,0 cm	Gesamtaufbau

Einschätzung der Tragfähigkeit der Strecken (Oberbau)

Für eine ausreichende Tragfähigkeit des Oberbaus der Strecke wurde für den Testbetrieb des autonomen Busses gemäß der Tabelle 1 „Dimensionierungsrelevante Beanspruchung und zugeordnete Belastungsklasse der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO 12) eine dimensionierungsrelevante Beanspruchung der Belastungsklasse Bk1,0 ermittelt.

Die Dimensionierungsrelevante Beanspruchung nach Tabelle 1 beinhaltet äquivalente 10-t-Achsübergänge in Millionen für den Zeitraum von einem Jahr. Der Bus hat ein zulässiges Gesamtgewicht von ca. 3,5 t. Der Ermittlung erfolgt auf der Annahme von 4 Fahrten pro Stunde in einem Zeitraum von 12 Stunden pro Tag an 365 Tagen im Jahr. Die ermittelte Belastungsklasse Bk1,0 enthält somit einen ausreichenden Sicherheitszuschlag.

Der aus der Belastungsklasse Bk1,0 resultierende Mindestoberbau der Fahrbahn, um die Tragfähigkeit zu gewährleisten, ergibt sich nach RStO 12, Tafel 1, Zeile 1 wie folgt:

4,0 cm	Asphaltdecke
14,0 cm	Asphalttragschicht
<u>35,0 cm</u>	<u>Frostschutzschicht</u>
53,0 cm	Gesamtaufbau

Der Aufbau der Fahrbahn und der Pkw-Stellplätze auf dem P&R-Parkplatz ist stärker bemessen als der nach der Belastungsklasse Bk1,0 ermittelte notwendige Mindestoberbau. **Eine Ausbesserung des Oberbaus in diesem Bereich ist nicht erforderlich.**

Aufgrund der fehlenden Angaben des Oberbaus für den Abschnitt der Trasse auf der alten L40 wird davon ausgegangen, dass die Tragfähigkeit der Landstraße so bemessen wurde, dass eine Belastung durch eine verhältnismäßig hohe durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) mit einem Schwerverkehrsanteil von mindestens 2,5 % abgewickelt werden kann. **Eine Ausbesserung des Oberbaus in diesem Bereich ist ebenfalls nicht erforderlich.**

Da der Bus auf einer fest einprogrammierten Strecke fährt, besteht bei einer feuchten bzw. regenreichen Witterung die Gefahr der Spurrillenbildung in den Abschnitten der wassergebundenen Decke. Dies kann den Fahrkomfort des Busses beeinträchtigen. Im schlimmsten Fall besteht die Gefahr des Steckenbleibens des Busses. **Eine Ausbesserung der Abschnitte wird gemäß dem oben genannten Aufbau empfohlen.**

3.2.1.4. Bushaltstellen

Bereich P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren

Für den Bereich P&R-Parkplatz Bahnhof Großbeeren kommen insgesamt fünf Varianten in Betracht, deren Umsetzbarkeit dargestellt wird: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand quer/parallel zur Fahrgasse, Fahrgastunterstand in Eckausrundung, Bushaltestelle hinter der Schranke mit oder ohne Versetzen der Schranke.

Variante 1.1: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand quer zur Fahrgasse

Der vorhandene Taxi-Stellplatz auf dem Parkplatz der P&R-Anlage dient als Halteposition für den autonomen Kleinbus (s. Abbildung 10). Der parallel an den Taxi-Stellplatz anschließende Stellplatz entfällt zugunsten einer Wartefläche mit Fahrgastunterstand für die Fahrgäste. Der Fahrgastunterstand wird quer zu der Fahrgasse des P&R-Parkplatzes aufgestellt. Der Taxi-Stellplatz wird auf den an den Fahrgastunterstand angrenzenden Stellplatz verlegt.

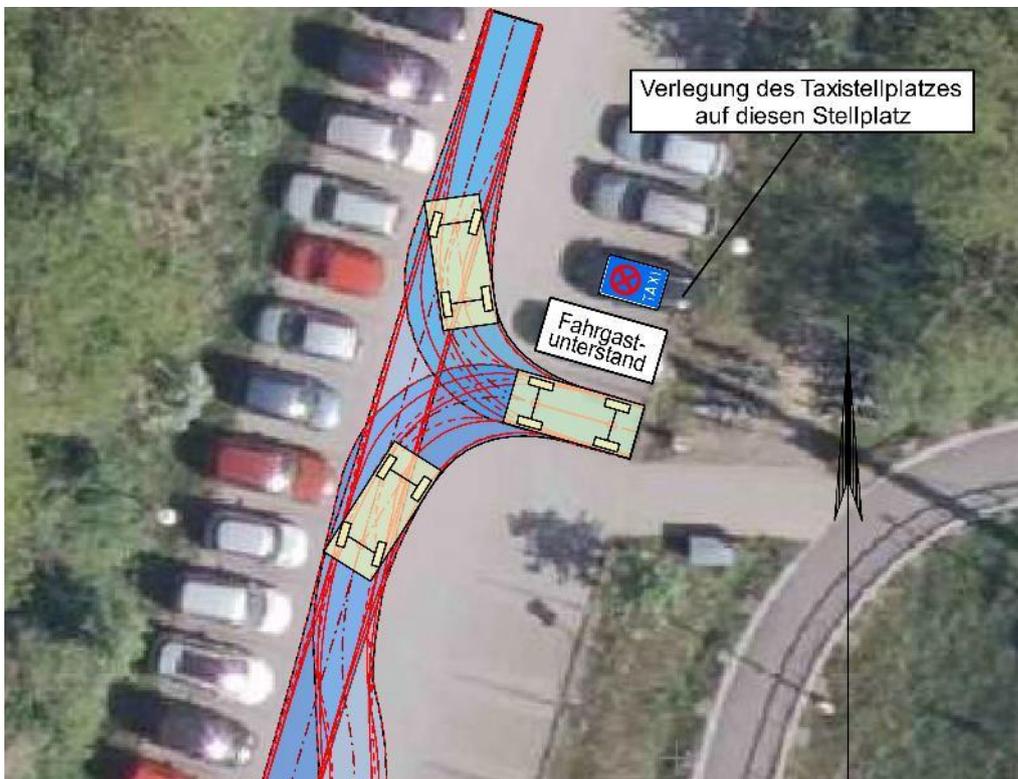


Abbildung 10: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand quer zur Fahrgasse

Für den Fall, dass der Kleinbus einige Minuten Aufenthalt hat, werden Fahrzeugbewegungen, von durchfahrenden Kfz oder aus denen des Bushaltestellenbereiches gegenüberliegenden Stellplätzen, nicht behindert. Der Wartebereich für die Fahrgäste ist verhältnismäßig klein aber ausreichend. Diese Variante ist mit einem **geringen finanziellen und baulichen Aufwand** umsetzbar.

Variante 1.2: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand parallel zur Fahrgasse

Bei dieser Variante werden ebenfalls der vorhandene Taxi-Stellplatz sowie der benachbarte Pkw-Stellplatz in Anspruch genommen. Der Taxi-Stellplatz wird auch hier auf den an den Fahrgastunterstand angrenzenden Stellplatz verlegt. Der Bus hält in der Fahrgasse parallel zum Fahrgastunterstand (s. Abbildung 11). Die notwendige Rangierfahrt zum Verlassen der P&R-Anlage erfolgt kurzzeitig durch ein Befahren der Zuwegungsstrecke zur P&R-Anlage.

Bei einem mehrminütigen Aufenthalt des Busses werden Fahrzeugbewegungen von Kfz in der Fahrgasse oder aus denen des Bushaltestellenbereiches gegenüberliegenden Stellplätzen behindert. Den wartenden Fahrgästen steht jedoch ein größerer Wartebereich zur Verfügung. Diese Variante ist ebenfalls mit einem **geringen finanziellen und baulichen Aufwand** umsetzbar.

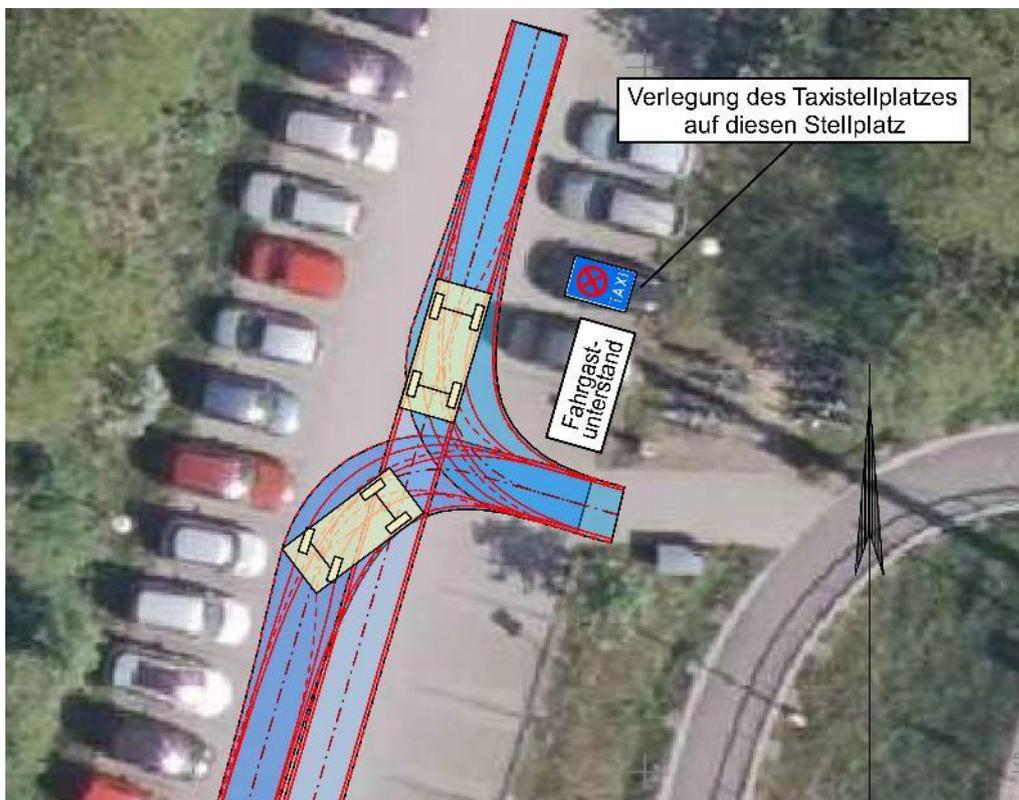


Abbildung 11: Belegung des vorhandenen Taxi-Stellplatzes – Fahrgastunterstand parallel zur Fahrgasse

Variante 1.3: Fahrgastunterstand in Eckausrundung

In der Eckausrundung am südwestlichen Ende der P&R-Anlage wird für die Bushaltestelle eine ca. 25 m² große Fläche gepflastert. Die an die Fahrgasse angrenzende Pflasterfläche erhält ein Hochbord mit einer davor verlaufenden Rinne. Bei dieser Variante entfallen keine Stellplätze auf der P&R-Anlage. Für die Pflasterung ist es notwendig, einen Baum zu versetzen. Ein Versetzen der vorhandenen Leuchte ist nicht notwendig. Die vorhandene Mulde zur Entwässerung wird verfüllt. Das von der P&R-Anlage kommende Wasser verläuft in der Rinne am Hochbord und fließt in die Bestandsmulde.

Bei einem mehrminütigen Aufenthalt des Kleinbusses werden ebenfalls Fahrzeugbewegungen von Kfz in der Fahrgasse oder aus denen des Bushaltestellenbereiches gegenüberliegenden Stellplätzen behindert. Den wartenden Fahrgästen steht auch hier ein größerer Wartebereich zur Verfügung. Die Umsetzung dieser Variante ist mit einem **erhöhten finanziellen und baulichen Aufwand** umsetzbar.

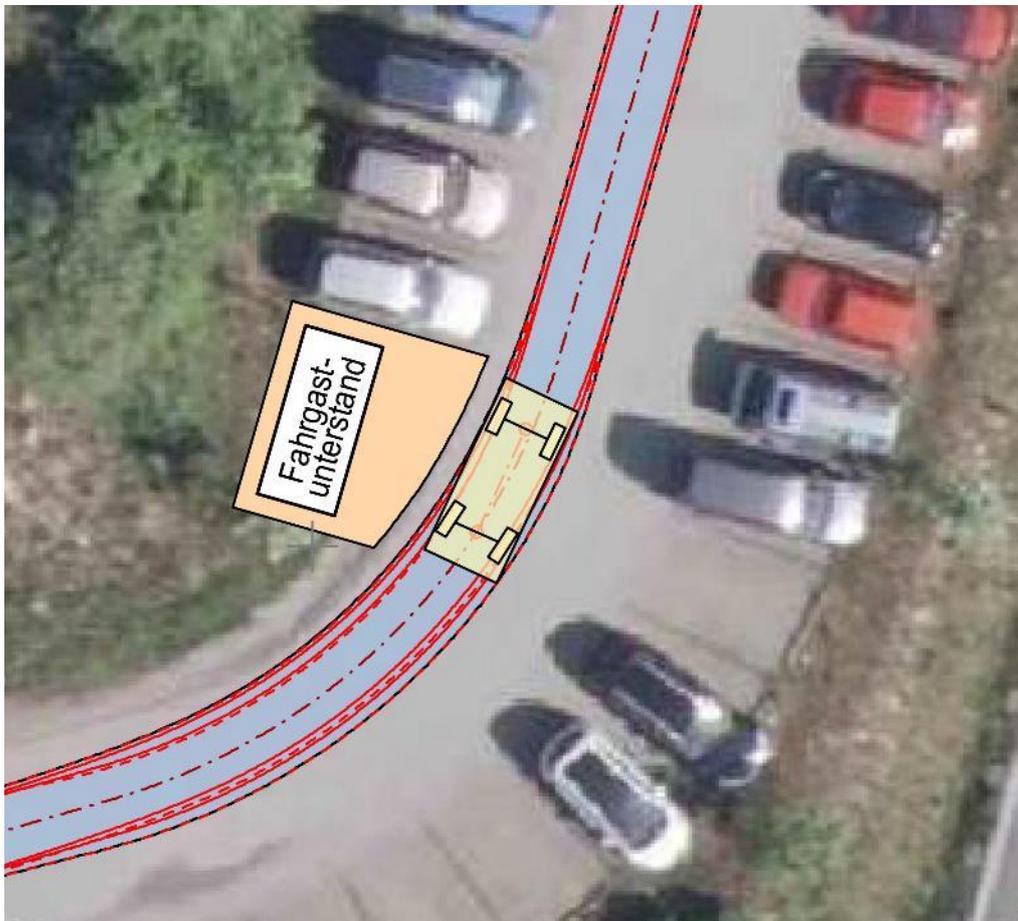


Abbildung 12: Fahrgastunterstand in Eckausrundung

Weitere Infrastruktur-Elemente müssen in Abhängigkeit vom Haltestellenstandort für den Betrieb angepasst werden. Dabei handelt es sich um eine Schranke und Poller (s. Abbildung 13).

Am Beginn des Wirtschaftsweges sind eine Schranke mit einem Vorhängeschloss sowie drei Poller vorhanden. Zum Durchfahren für diesen Bereich sind drei Optionen vorgesehen: manuelles Öffnen der Schranke, Umfahrung eines engstehenden Fahrzeugrückhaltesystems und versenkbarer Poller.

Manuelles Öffnen der Schranke

Dafür ist es notwendig, dass der im Kleinbus bei jeder Querung des Schrankenbereiches hält. Der mitfahrende Operator verlässt den Bus und öffnet die Schranke. Der Bus quert

den Bereich. Dazu muss der Operator vermutlich wieder einsteigen, den Kleinbus in Betrieb setzen und nach der Durchfahrt von ca. 5 m Wegstrecke, wieder stoppen und Aussteigen. Anschließend schließt der Operator die Schranke und setzt die Fahrt mit dem Bus fort.

Umfahrung eines engstehenden Fahrzeugrückhaltesystems

Durch den Neubau eines engstehenden Fahrzeugrückhaltesystems („Schutzplanke“) ist es nur einem Kleinbus mit einem sehr kleinen Wendekreis (u. a. durch zwei lenkbare Achsen), aber keinen anderen Kfz möglich, den Schrankenbereich zu durchfahren. Um Missverständnisse mit anderen Verkehrsteilnehmern zu verhindern ist es ratsam, das Verkehrsschild Nummer 250 StVO „Durchfahrt verboten“ mit dem Zusatzschild Nummer 1020-30 StVO „Anlieger frei“ aufzustellen. Ein Schleppkurvennachweis war nicht möglich, da eine Darstellung mit dem Schleppkurvenmodul mit zwei lenkbaren Achsen nicht durchführbar ist.

Versenkbarer Poller

Es wird ein Bestandspoller durch einen versenkbaren Poller ausgetauscht. Dabei gibt es die Möglichkeiten des Einsatzes von manuellen und vollautomatischen Pollern.

Wie bei der Option des manuellen Öffnens der Schranke ist es bei manuellen Pollern notwendig, dass der im Kleinbus mitfahrende Operator bei jeder Querung des Schrankenbereiches hält. Der mitfahrende Operator verlässt den Bus und versenkt manuell den Poller. Der Kleinbus quert den Bereich. Anschließend fährt der Operator den Poller hoch und setzt mit dem Bus die Fahrt fort. Der Einbau eines solchen Pollers beträgt ca. 500,- € brutto. Ein **Vorteil** gegenüber dem manuellen Öffnen der Schranke **ergibt sich bei dieser Option nicht.**

Ein vollautomatischer Poller kann ohne das Verlassen des Kleinbusses seitens des Operators über einen Funkhandsender („Fernbedienung“) oder Unterboden-Kontaktschleife herabgesenkt werden. Der Einbau eines solchen Pollers ist mit Kosten von ca. 2.500,- € brutto verbunden. Hierbei sind laufende Kosten wie Wartungskosten zu beachten.

Variante 2.1: Bushaltestelle hinter der Schranke

Im östlichen Seitenraum des Wirtschaftsweges wird die Bushaltestelle mitsamt dem Fahrgastunterstand eingerichtet. In diesem Bereich gibt es keine Wendemöglichkeit für den Kleinbus. Gemäß dem Fall, dass der Kleinbus für die Hin- und Rückfahrt nicht wenden muss, sind keine weiteren Maßnahmen vorzusehen.

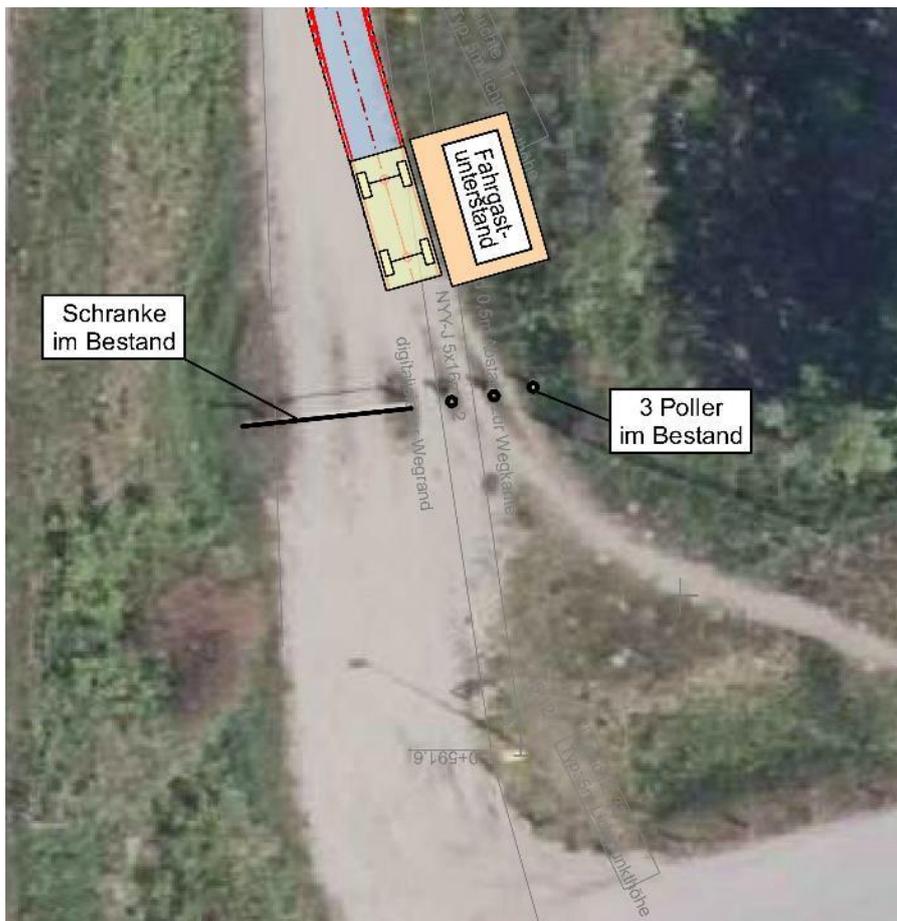


Abbildung 13: Bushaltestelle hinter der Schranke

Variante 2.2: Bushaltestelle hinter der Schranke – Versetzen der Schranke

Wie in Variante 2.1 wird im östlichen Seitenraum des Wirtschaftsweges die Bushaltestelle mitsamt dem Fahrgastunterstand eingerichtet. Falls ein Wenden des Kleinbusses erforderlich ist, muss die Bestandsschranke um ca. 15 m nach Süden versetzt und die Bestandspoller entfernt werden, um dem Bus einen ausreichenden Wendekreis zu gewährleisten.

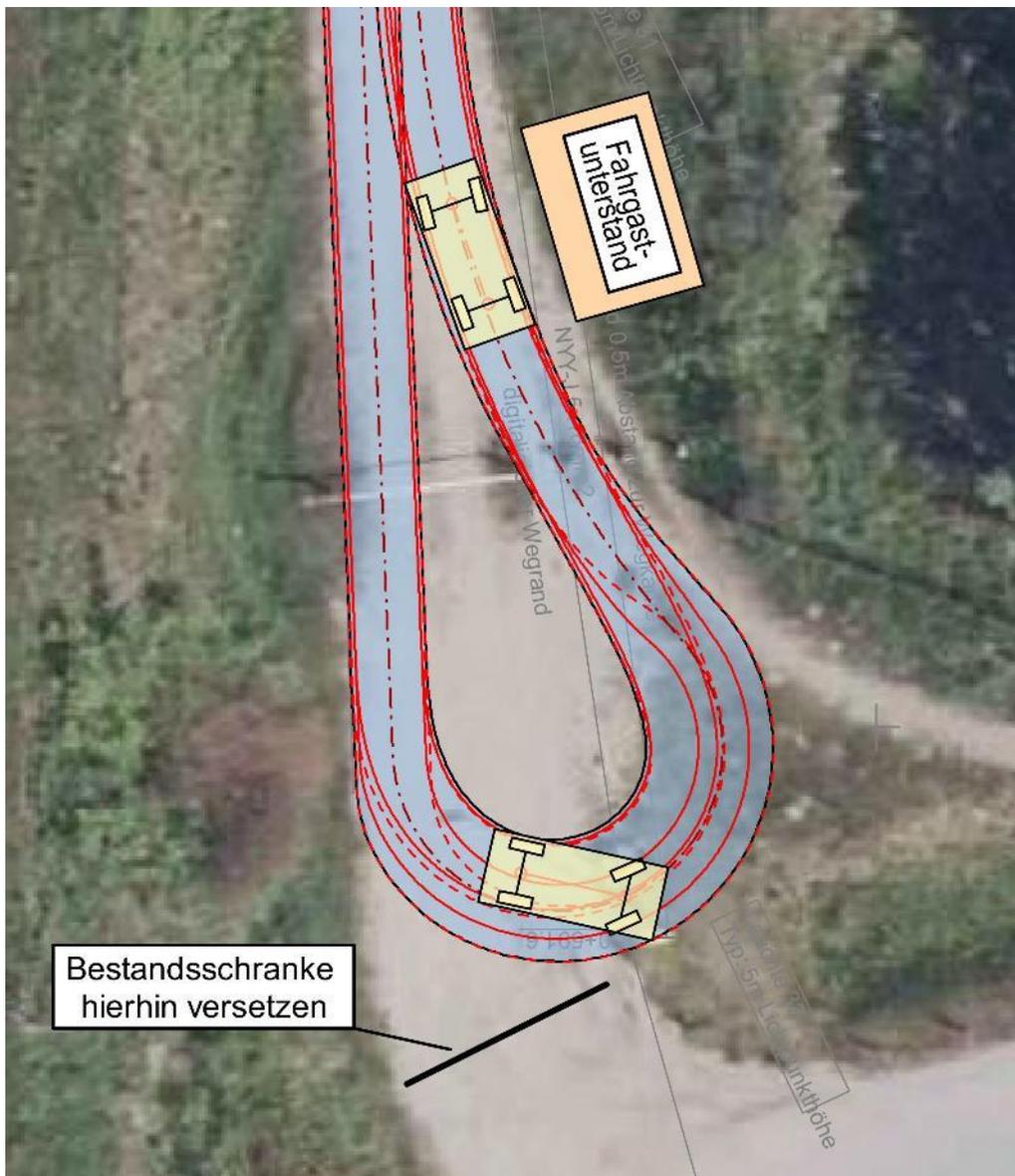


Abbildung 14: Bushaltestelle hinter der Schranke – Versetzen der Schranke

Bereich Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS

Für den Bereich am Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS kommen zwei Varianten in Betracht: am Wirtschaftsweg und im Rondell.

Variante 3.1: Bushaltestelle am Wirtschaftsweg

Am Ende des Wirtschaftsweges wird, parallel zum Wirtschaftsweg, die Bushaltestelle mit dem Fahrgastunterstand eingerichtet. Für die Rückfahrt des Busses ist bei dieser Variante im Bereich des Wirtschaftsweges keine Wendemöglichkeit vorhanden. Für den Fall, dass der Bus wenden muss, ist dafür ein Befahren des Rondells notwendig. Dadurch kann es zu Behinderungen der anderen Verkehrsteilnehmer in dem Rondell kommen. Für den im Eingangsbereich zum Wirtschaftsweg vorhandenen Feuerwehrrpfosten sollte der Operator einen entsprechenden Schlüssel dabei haben, falls der Feuerwehrrpfosten nicht heruntergeklappt sein sollte. Für den Fall, dass der Bus nicht wenden muss, stellt der Feuerwehrrpfosten keine Behinderung dar.

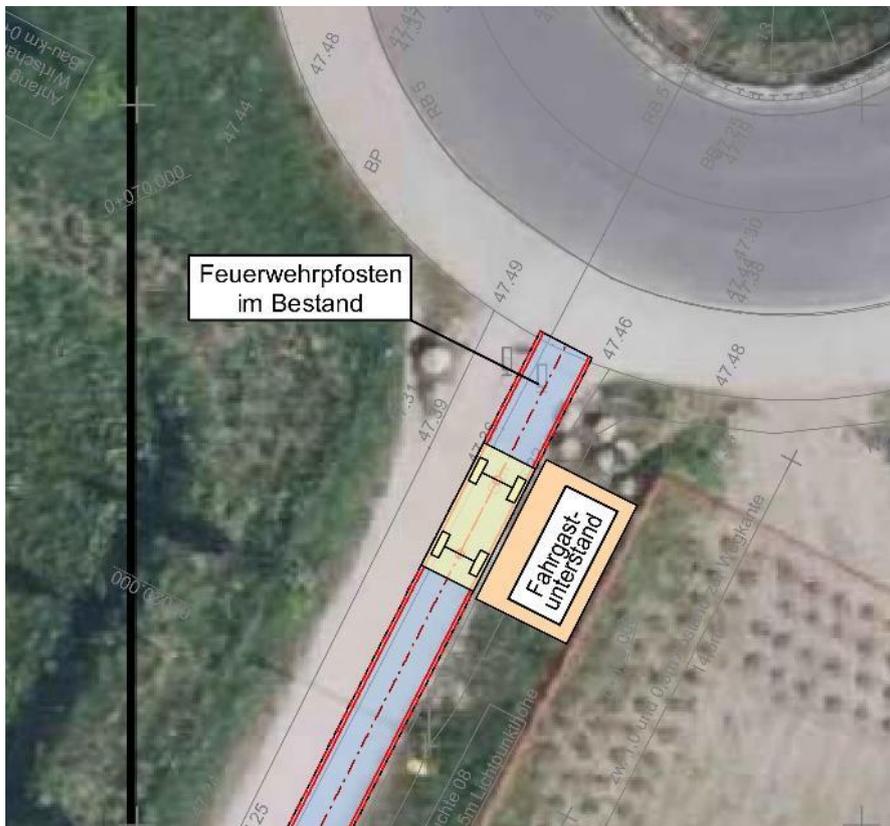


Abbildung 15: Bushaltestelle am Wirtschaftsweg

Variante 3.2: Bushaltestelle im Rondell

Am äußeren Rand des Bestandsgehweges im Rondell wird die Bushaltestelle eingerichtet. Da der Bus im Haltefall den Kreisverkehr blockiert, wurde diese Variante im Vorfeld ausgeschlossen. Eine Ausarbeitung ist nicht erfolgt.

3.2.1.5. Abschätzung der Kosten

Die Abschätzung der Kosten wird nachfolgend in zwei Positionen unterteilt. Die erste Position sind die Kosten für einen Ausbau der Fahrbahndecke. Sie beinhaltet den Bereich der Abschnitte 2 bis 4 von dem Bereich kurz oberhalb nördlich der Bestandschranke am P&R-Parkplatz bis zu dem Rondell zwischen den Firmen Lidl und ASOS. Die zweite Position behandelt die Abschätzung der Kosten für die erforderlichen Maßnahmen bei der Infrastruktur. Sie bezieht die fünf Varianten der Bushaltestellen an dem P&R-Parkplatz inkl. den ggf. erforderlichen Ausbauten der Fahrbahndecke ein. Bei jeder Angabe der Kosten der Varianten sind die Kosten der Bushaltestelle der Variante 3.1 am Rondell bereits enthalten. Diese sieht lediglich die Errichtung des Fahrgastunterstandes mitsamt dem Fundament und dem Wartebereich vor. Detaillierte Übersichten der Kosten sind den Anlagen Anlage 4 bis Anlage 10 zu entnehmen.

Ausbau der Fahrbahndecke

Wie in Kapitel 3.2.1.3 beschrieben ist ein Ausbau der Fahrbahndecke in den Abschnitten der wassergebundenen Decke erforderlich. Die Kostenschätzung beläuft sich auf **ca. 185.000,- € brutto**. Die Errichtung einer **Ausweichstelle in Abschnitt 1** erfordert einen zusätzlichen Kostenaufwand von **ca. 6.000,- € brutto**.

Maßnahmen bei der Infrastruktur

Der einzige Unterschied der beiden Varianten 1.1 und 1.2 ist die Lage des Fahrgastunterstandes. Eine Ausbesserung des Bereiches der wassergebundenen Decke vom Beginn des Wirtschaftsweges bis kurz nördlich der Bestandschranke ist erforderlich.

Die geschätzten Kosten liegen bei beiden Varianten bei **ca. 69.000,- € brutto**.

Bei der Variante 1.3 ist ebenfalls eine Ausbesserung des Bereiches der wassergebundenen Decke vom Beginn des Wirtschaftsweges bis kurz nördlich der Bestandsschranke ist erforderlich. Durch die notwendigen baulichen Maßnahmen in der Eckausrundung der P&R-Anlage liegen die geschätzten Kosten der Variante 1.3 höher als die der Varianten 1.1 bzw. 1.2. Die Variante 1.3 hat geschätzte Kosten in Höhe von ca. **77.500,- € brutto**.

Für die Variante 2.1 ist neben der Einrichtung des Fahrgastunterstandes lediglich eine Ausbesserung des Bereiches der wassergebundenen Decke nördlich der Bestandsschranke erforderlich. Die geschätzten Kosten liegen bei der Variante 2.1 betragen **ca. 65.000,- € brutto**.

Bedingt durch den Wendekreis für den Kleinbus ist es bei der Variante 2.2 erforderlich, auf einer größeren Fläche den Bereich der wassergebundenen Decke auszubessern. Zusätzliche Kosten entstehen durch das Versetzen der Bestandsschranke und den Abriss der Betonbestandspoller. Bei der Variante 2.2 liegen die geschätzten Kosten bei **ca. 93.000,- € brutto**.

3.2.2 Stufe 2

3.2.2.1. Varianten

Variante 1: Nutzung der Fahrbahn

Bei der Variante 1 verkehrt der Kleinbus ausschließlich auf der Fahrbahn im Mischverkehr. Besondere bauliche Maßnahmen sind für den Betrieb hierfür nicht vorzusehen. Im Bereich der Grundstückszufahrten kann aufgrund der großzügigen Gehwegbreiten sowie der guten Einsehbarkeit in die Grundstücke auf eine Prüfung der Sichtdreiecke verzichtet werden.

Variante 2: Nutzung des Gehweges

Diese Variante sieht eine abschnittsweise bzw. komplette Nutzung des Gehweges durch den Kleinbus über den gesamten Streckenabschnitt der Stufe 2 vor. Der Aufbau des Gehweges ist nachfolgend beschrieben:

RStO ,01, Tafel 7, Zeile 1 Bauweise mit Pflasterdecke:

8,0 cm Betonpflaster

3,0 cm Pflasterbettung

19,0 cm Frostschuttschicht

30,0 cm Gesamtaufbau

Der Gehweg ist für die Belastung durch ein dauerhaftes Befahren durch den Kleinbus mit einem Maximalgewicht von 3,5 t nicht ausgelegt. Bereits nach einer kurzen Betriebsdauer sind Gehwegschäden und Spurrillen zu erwarten. **Diese Variante wird im Vorfeld ausgeschlossen.**

3.2.2.2. Begegnungsfälle

Der maßgebliche Begegnungsfall ist der mit anderen Kfz (und insbesondere mit Lkw). Durch den Zweirichtungsverkehr sind jedoch keine Einschränkungen zu erwarten (vgl. Abbildung 16, Abbildung 17, Abbildung 18). Für den Fall, dass sich Radfahrer auf der Fahrbahn befinden, steht durch die Fahrstreifenbreite von jeweils 3,50 m ausreichend Platz zum Überholen zur Verfügung (vgl. Abbildung 5).

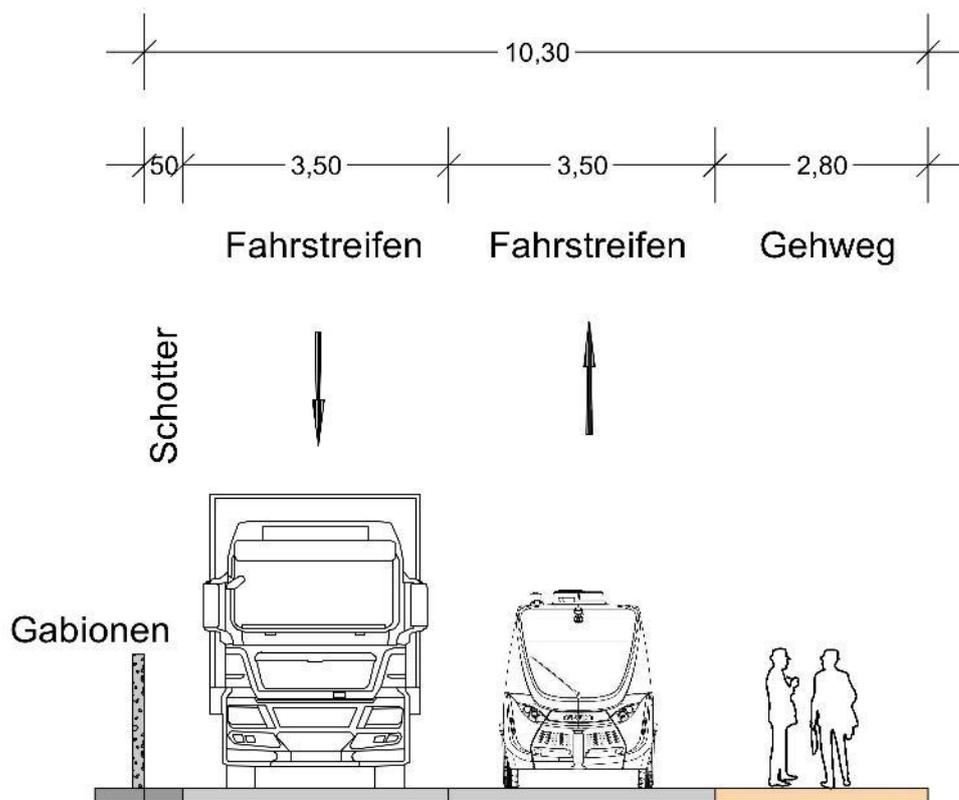


Abbildung 16: Stufe 2 – Systemquerschnitt A-A

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

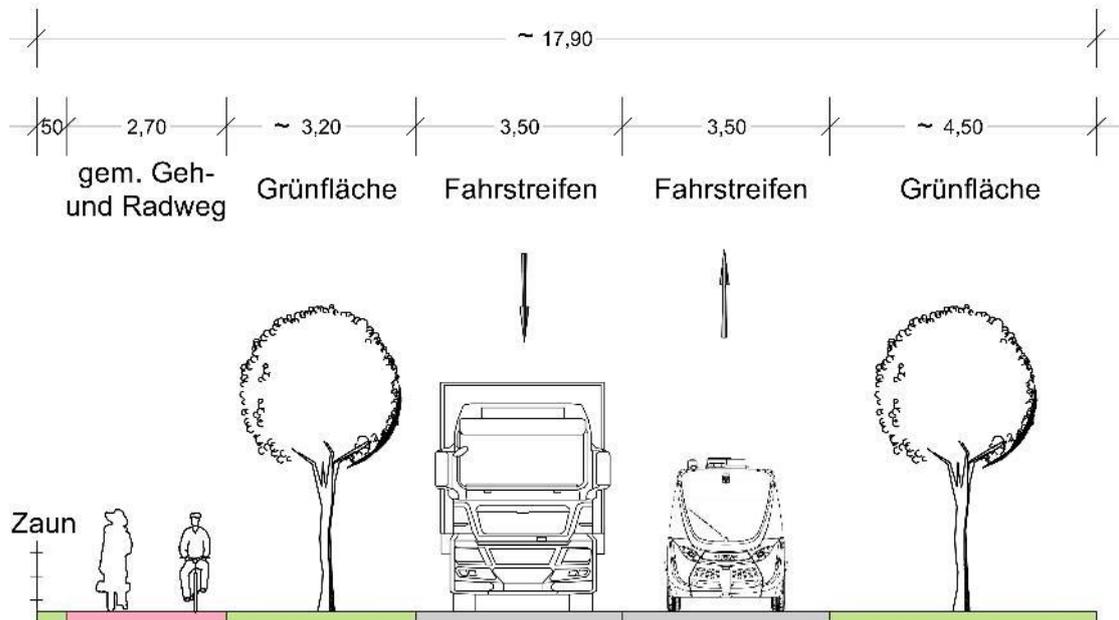


Abbildung 17: Stufe 2 – Systemquerschnitt B-B

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

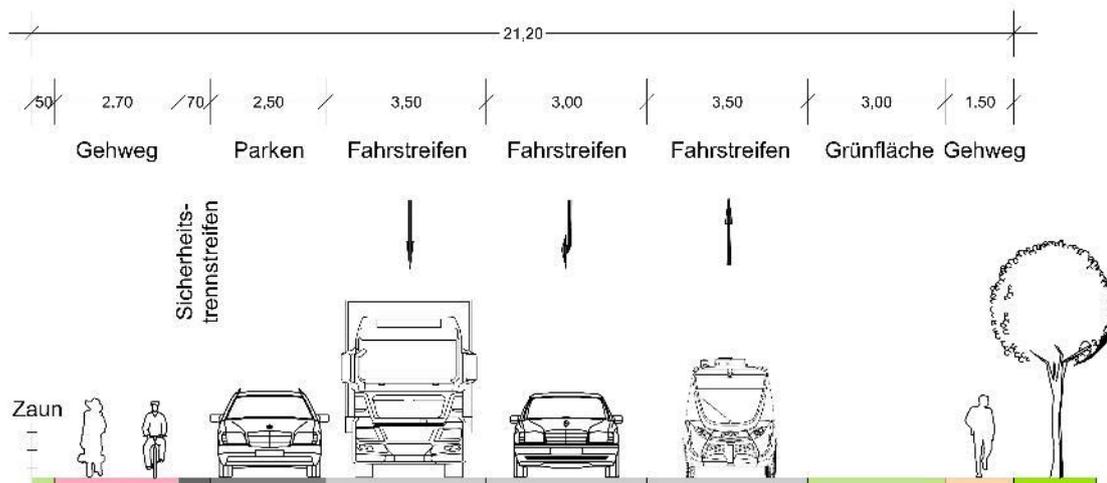


Abbildung 18: Stufe 2 – Systemquerschnitt C-C

Quelle Piktogramm Kleinbus: Technisches Datenblatt, Fa. Navya SAS

3.2.2.3. Ausweichstellen

Bei hohen Verkehrsbelastungen kann es im zweispurigen Bereich infolge der verhältnismäßig geringen Höchstgeschwindigkeit der Kleinbusse von 15 km/h zu Behinderungen im Verkehrsablauf kommen. Dies kann passieren, wenn schnellere Kfz (und insbesondere Lkw) den Kleinbus überholen möchten, ihnen dies durch den entgegenkommenden Verkehr allerdings nicht möglich ist. Um eine gesicherte Aussage treffen zu können, wie häufig und zu welchen Tageszeiten dies der Fall sein könnte, wäre es notwendig, eine Verkehrszählung in dem betroffenen Abschnitt durchzuführen, um eine Spitzenstunde bzw. entsprechende Verkehrsspitzenzeiten ermitteln zu können.

Für den Testbetrieb stehen dem Kleinbus in der Fahrtrichtung von Norden nach Süden Längsparkstände auf der Westseite des Straßenraumes in Abschnitt 4 als Ausweichmöglichkeiten zu Verfügung, insofern diese nicht durch parkende Kfz belegt sind. Hier könnten ggf. temporäre Ausweichstellen eingerichtet werden, indem das Parken auf den vorhandenen Längsparkständen für die Dauer des Testbetriebes aufgehoben würde. Zudem ist im dreispurigen Bereich ein Überholen des Kleinbusses unter Mitbenutzung der Links- bzw. Rechtsabbiegestreifen möglich.

Im Falle eines dauerhaften Betriebes stehen in den Abschnitt 2, 3 und 4 neben den bereits erwähnten Längsparkständen grundlegend die Grünstreifen zur Verfügung, um dort Ausweichstellen baulich einzurichten. Dabei sind jedoch insbesondere die Eigentumsverhältnisse der betroffenen Grundstücke und die Entwässerung zu beachten. Im Abschnitt 1 besteht aufgrund der vorhandenen Gabionen, der Böschung am westlichen bzw. nördlichen Fahrbahnrand und des Gehweges am östlichen Fahrbahnrand sowie der Brücke über die Eisenbahntrasse keine Möglichkeit für die bauliche Einrichtung von Ausweichstellen.

3.2.2.4. Tragfähigkeit der Strecke

Der Fahrbahnaufbau ist wie nachfolgend beschrieben:

RStO ,01, Tafel 1, Zeile 1 Bauklasse II:

4,0 cm	Asphaltdeckschicht
8,0 cm	Asphaltbinderschicht
14,0 cm	Asphalttragschicht
<u>54,0 cm</u>	<u>Frostschuttschicht</u>
80,0 cm	Gesamtaufbau

Die Bauklasse II gewährleistet ein dauerhaftes Befahren der Fahrbahn mit Lkw. Für den Betrieb des Kleinbusses ist somit die Tragfähigkeit der Strecke, auch im Bereich der Brücke über der Eisenbahntrasse, ausreichend.

3.2.2.5. Bushaltestellen

Die Bushaltestelle am Start- bzw. Endpunkt für die Stufe 1 dient gleichzeitig als Start- bzw. Endpunkt für die Stufe 2. Darüber hinaus befinden sich entlang der Straße Märkische Allee, inklusive dem Start- bzw. Endpunkt am nördlichen Ende der Stufe 2, drei weitere Bestandsbushaltestellen (vgl. Abbildung 19 und Abbildung 20). Die Notwendigkeit für die Einrichtung einer weiteren Bushaltestelle ist derzeit nicht gegeben.

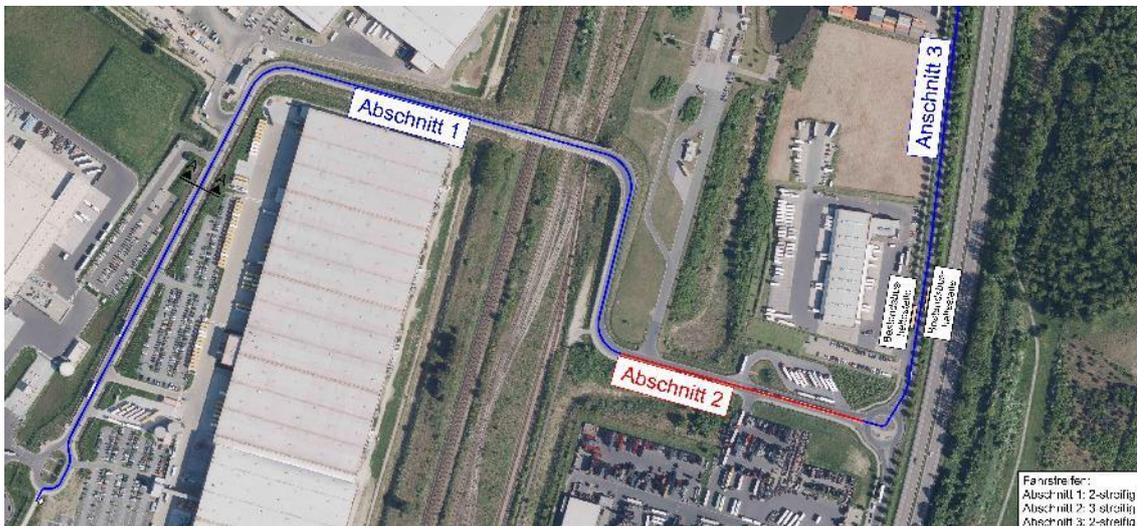


Abbildung 19: Stufe 2 – Übersichtslageplan, südlicher Teil

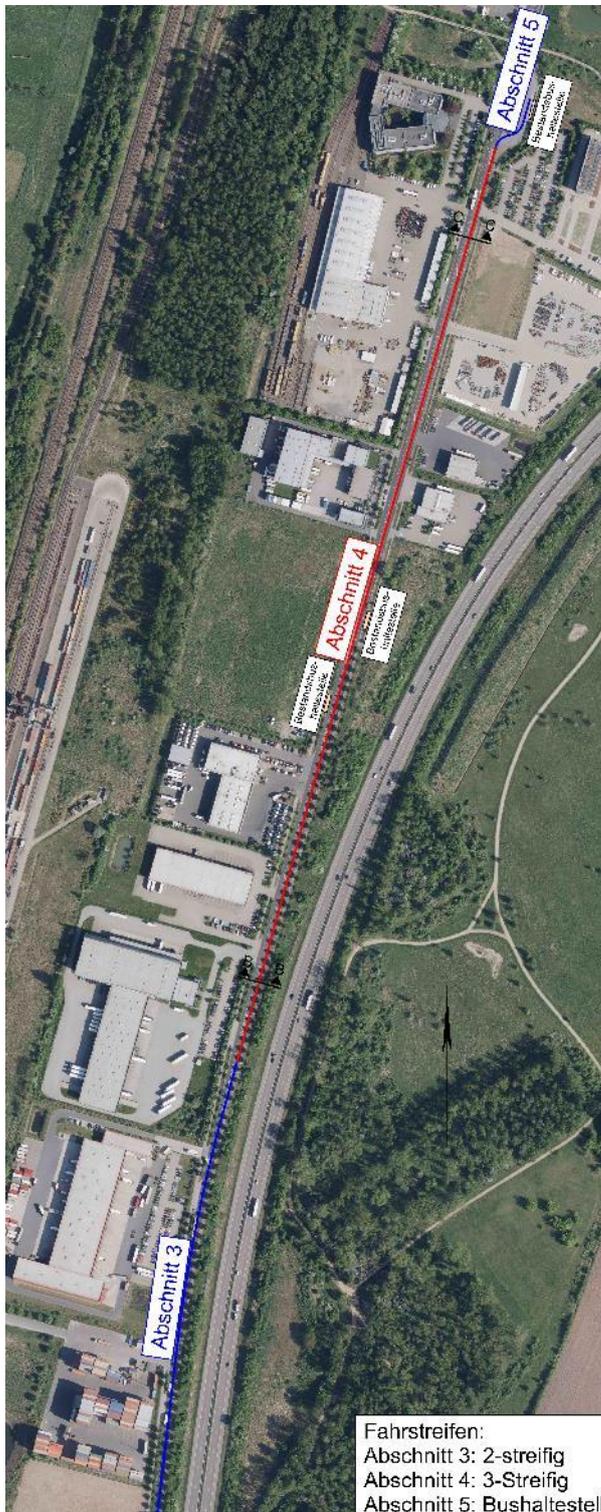


Abbildung 20: Stufe 2 – Übersichtslageplan, nördlicher Teil

3.2.2.6. Abschätzung der Kosten

Für die Inbetriebnahme der Stufe 2 mit der Variante 1 sind keine Kosten für die Infrastruktur aufzuwenden. Für den Testbetrieb könnte die Anlage einer Warnanlage sinnvoll sein. Durch statische Hinweistafeln am Fahrbahnrand sollte auf den Probetrieb mit langsam fahrenden Bussen hingewiesen werden. Eine Erweiterung dieser Hinweise könnte über Warnleuchten auf den Hinweistafeln erfolgen, die bei Vorbeifahrt der Kleinbusse für ein bis zwei Minuten über die Leuchten sehr deutlich auf die aktuell langsam vorausfahrenden Busse im jeweiligen Abschnitt hinweisen. Die Kosten dieser Anlage können mit etwa EUR 10.000,00 angesetzt werden.

3.3 Elektromobilitätskonzept

3.3.1 Automatisierter E-Kleinbus

3.3.1.1. Grundlagenermittlung

Eine Besonderheit bei dem Projekt des automatisierten Kleinbusses ist der elektrische Antrieb. Bei konventionell betriebenen Dieselfahrzeugen ist es in der Regel kein Problem, die für Antrieb und Nebenverbraucher (Heizung, Klimatisierung und ähnliches) benötigte Energie pro Betriebstag auf dem Fahrzeug mitzuführen. Bei elektrisch betriebenen Fahrzeugen sind jedoch andere limitierende Faktoren zu betrachten. Besondere Beachtung muss dabei dem ungünstigen Verhältnis Energiespeicherkapazität zu Masse und Volumen geschenkt werden. Zusätzlich ist der Wirkungsgrad von Elektromotoren zu berücksichtigen. Dieser ist deutlich höher als bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren, was sich vorteilhaft auf den Energieverbrauch auswirkt. Nachteilig zeigt sich dabei jedoch, dass die fehlende Abwärme des Motors im Gegensatz zum Verbrenner nicht zum Heizen des Fahrzeugs verwendet werden kann, was zu einem zusätzlichen Energiebedarf führt.

Aus genannten Gründen ist daher eine betrieblich-energetische Analyse notwendig, um einen zuverlässigen Betriebsablauf zu gewährleisten. Im Folgenden werden die Umsetzungsstufen 1 und 2 hinsichtlich ihrer Erfordernisse an einen Elektrobus untersucht.

Für eine aussagekräftige energetische Betrachtung ist zunächst eine entsprechende Datengrundlage unerlässlich. Die Simulation des kompletten Betriebstages eines elektromobilen Verkehrsmittels basiert auf dem Streckenverlauf sowie der Topographie, Fahr- und Umlaufplänen sowie technischen Merkmalen des einzusetzenden Fahrzeugs.

Streckenverlauf und Topographie

Der Streckenverlauf wird im Elektromobilitätskonzept für zwei Umsetzungsstufen betrachtet. Stufe 1 führt dabei vom P+R- Parkplatz des Haltepunktes „Großbeeren, Bahnhof“ bis zum nordwestlich gelegenen Kreisverkehr im GVZ und erstreckt sich über ca. 1 km. In Stufe 2 werden die Gleise in östlicher Richtung überquert und die Route führt entlang der Bundesstraße 101 in den Norden des GVZ über eine Länge von ca. 4 km. Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen den Streckenverlauf und das Höhenprofil der beiden Umsetzungsstufen.

Die erste Stufe führt über einen Zubringerweg, welcher durch Fußgänger und Radfahrer frequentiert wird. Stufe 2 erweitert diese Strecke im öffentlichen Straßenraum. Topografisch stellt dabei die Überquerung der Bahngleise über eine Fußgängerbrücke die größte Erhebung dar.



Abbildung 21: Streckenverlauf

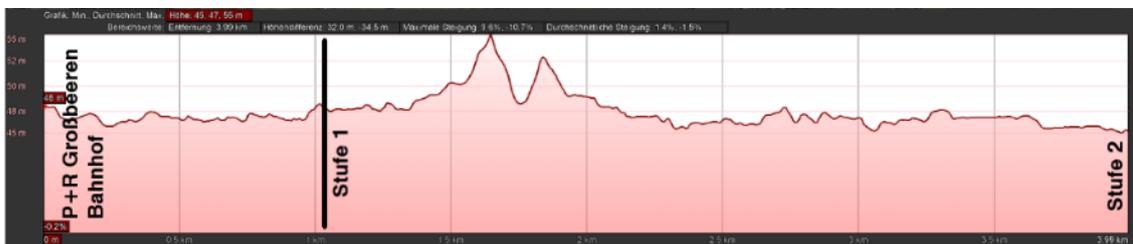


Abbildung 22: Höhenprofil

Zur Ermittlung von Energiebedarfswerten sind neben fahrzeugspezifischen Werten auch topografische und verkehrliche Parameter zu analysieren. Damit lässt sich ein weg- und

zeitabhängiger Energiebedarf berechnen. Für eine Bewertung werden standardisierte Vergleichszyklen herangezogen.

Die Bewertung der verkehrlichen Einflussfaktoren erfolgt mittels SORT-Zyklen (Standardised On-Road Testcycles). Diese sind der international anerkannte Standard für den Vergleich von Energieverbräuchen bei Stadtbussen. Um unterschiedliche Verbrauchswerte unter nicht einheitlichen Bedingungen transparent vergleichen zu können, wurden drei Zyklen definiert:

- SORT 1 – Schwerer Stadtverkehr
- SORT 2 – Leichter Stadtverkehr
- SORT 3 – Vorstadtverkehr

Die Zuordnung der untersuchten Linie zu einem SORT-Zyklus erfolgt anhand verkehrlicher Parameter wie „Halte je Kilometer“, Haltezeitanteil“ und „Durchschnittsgeschwindigkeit“. Somit ist eine Bestimmung des mittleren Energieverbrauchs unter Berücksichtigung der verkehrlichen Parameter gewährleistet. Obwohl keine Messwerte der Strecke vorliegen, lässt sich anhand der voraussichtlich zulassungsbedingten Höchstgeschwindigkeit von 15 km/h auf SORT 1 schließen. Da diese Einordnung in Anbetracht der Streckenführung eher unrealistisch erscheint, wird im Weiteren ein SORT 3 zugrunde gelegt.

Die Streckentopografie fließt in ähnlicher Form in die Betrachtung ein. Dafür wurden von der VCDB im Zuge der BeSystO-Entwicklung analog folgende TOPO-Klassen definiert und mit entsprechenden Grenzwerten hinterlegt:

- TOPO 1 – schwere Topografie/Bergland
- TOPO 2 – leichte Topografie/hügeliges Land
- TOPO 3 – Flachland

Die Einstufung des Streckenprofils in eine TOPO-Klasse erfolgt unter Einbeziehung der Höhendifferenz der Strecke sowie maximaler Steigung bzw. Gefälle einzelner Streckenabschnitte. Da die Strecke jedoch kaum eine bemerkenswerte Höhendifferenz von 10 m aufweist, erfolgt eine Zuordnung zu TOPO 3.

Fahr- und Umlaufpläne

Um eine Berechnung der notwendigen Energiemenge vornehmen zu können, muss ein Fahrplan bzw. Umlaufplan die Grundlage bilden. Aus den gegebenen Rahmenbedingungen wird ein Fahrplan abgeleitet.

Da der Bus als Zubringer vom Bahnhof ins das GVZ dienen soll, werden die Zeiten des RE4 als Richtlinie betrachtet. Die Einsatzzeit ergibt sich somit von ca. 05:00 Uhr morgens bis gegen Mitternacht. Die Züge fahren Richtung Ludwigsfelde bzw. Berlin zur Minute 28 bzw. 34. Der Bus startet also vom Bahnhof zur Minute 35, um beide Richtungen aufnehmen zu können. Um die Anbindung an andere Züge zu gewährleisten, wird ein 15-Minuten-Takt entwickelt. Es ergibt sich daraus ein Fahrplan für Stufe 1 nach folgendem Muster:

Abfahrtszeit	Ankunftszeit	Abfahrtsort	Ankunftsort
05:35:00	05:40:00	PR ¹	KV ²
05:42:00	05:47:00	KV	PR
05:50:00	05:55:00	PR	KV
05:57:00	06:02:00	KV	PR
06:05:00	06:10:00	PR	KV
06:12:00	06:17:00	KV	PR
06:20:00	06:25:00	PR	KV
06:27:00	06:32:00	KV	PR
06:35:00	06:40:00	PR	KV
06:42:00	06:47:00	KV	PR
...

¹ PR: Park-and-Ride-Parkplatz

² KV: Kreisverkehr bei Lidl und ASOS

Abfahrtszeit	Ankunftszeit	Abfahrtsort	Ankunftsart
23:20:00	23:25:00	PR	KV
23:27:00	23:32:00	KV	PR
23:35:00	23:40:00	PR	KV
23:42:00	23:47:00	KV	PR

Tabelle 11: SOLL-Fahrplan Stufe 1

Für die zweite Stufe ergibt sich ein ähnlicher Fahrplan.

Abfahrtszeit	Ankunftszeit	Abfahrtsort	Ankunftsart
5:35:00	5:40:00	PR	KV
5:45:00	6:00:00	KV	WS
6:05:00	6:20:00	WS ³	KV
6:25:00	6:30:00	KV	PR
6:35:00	6:40:00	PR	KV
6:45:00	7:00:00	KV	WS
...	...		
23:05:00	23:20:00	WS	KV
23:25:00	23:30:00	KV	PR
23:35:00	23:40:00	PR	KV
23:45:00	23:50:00	KV	PR

Tabelle 12: SOLL-Fahrplan Stufe 2

³ WS: Wendeschleife, Haltestelle Märkische Allee Mitte

Technische Merkmale des Fahrzeugs

Die genaue Auswahl des einzusetzenden Fahrzeuges ist noch nicht getroffen. Die technischen Merkmale unterscheiden sich jedoch bei den beiden derzeit verfügbaren Anbietern Navya und EasyMile nur minimal.

Für die weiteren Berechnungen wurde ein Beispielfahrzeug mit einer Energiespeicherkapazität von 33 kWh und einer Antriebsleistung von 15 kW konfiguriert. Es kommen Radnabenmotoren zum Einsatz und eine vollelektrische Heizung. Das Fahrzeug hat ein zulässiges Gesamtgewicht von 3.400 kg bei einer Fahrgastkapazität von 15 Personen und eine zulassungsbedingte Höchstgeschwindigkeit von 15 km/h.

3.3.1.2. Rechnerische Ermittlung von Energiebedarfswerten

Angaben über den Energieverbrauch des Fahrzeuges werden zugunsten der Genauigkeit in einen Verbrauch für die Fahrt und einen Verbrauch für die Wendezeit bestimmt.

Für den Verbrauch Fahrt wird davon ausgegangen, dass die 3,4 t Gesamtgewicht mit 15 kW des Elektromotors auf 15 km/h beschleunigt werden. Unter Berücksichtigung von SORT und TOPO sowie den Nebenverbrauchern berechnet sich ein Energieverbrauch von ca. 0,35 kWh/km.

An den Wendepunkten werden Nebenverbraucher und besonders die Heizung berücksichtigt. Aus diesen Werten ergibt sich ein Energieverbrauch von ungefähr 1 kWh/h.

Als Nebenverbraucher betrachtet werden Heizung, Sensorik bzw. Rechenleistung sowie sonstige Verbraucher.

In Stufe 1 beträgt die Entfernung ca. 1 km. Der im vorigen Kapitel vorgestellte Fahrplan erzielt damit eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 12 km/h, eine Fahrleistung von 146 km und Wendezeiten von in Summe 06:02 Stunden. Mit den zuvor bestimmten Energiebedarfswerten errechnet sich ein Streckenenergiebedarf von 51 kWh und ein Energiebedarf an den Wendepunkten 6 kWh. In Summe sind also für einen gesamten Einsatztag 57 kWh notwendig. Die im Fahrzeug verfügbaren 33 kWh sind somit nicht ausreichend,

wie Abbildung 23 verdeutlicht. Es ist aber durchaus eine Einsatzzeit von etwas mehr als neun Stunden möglich.

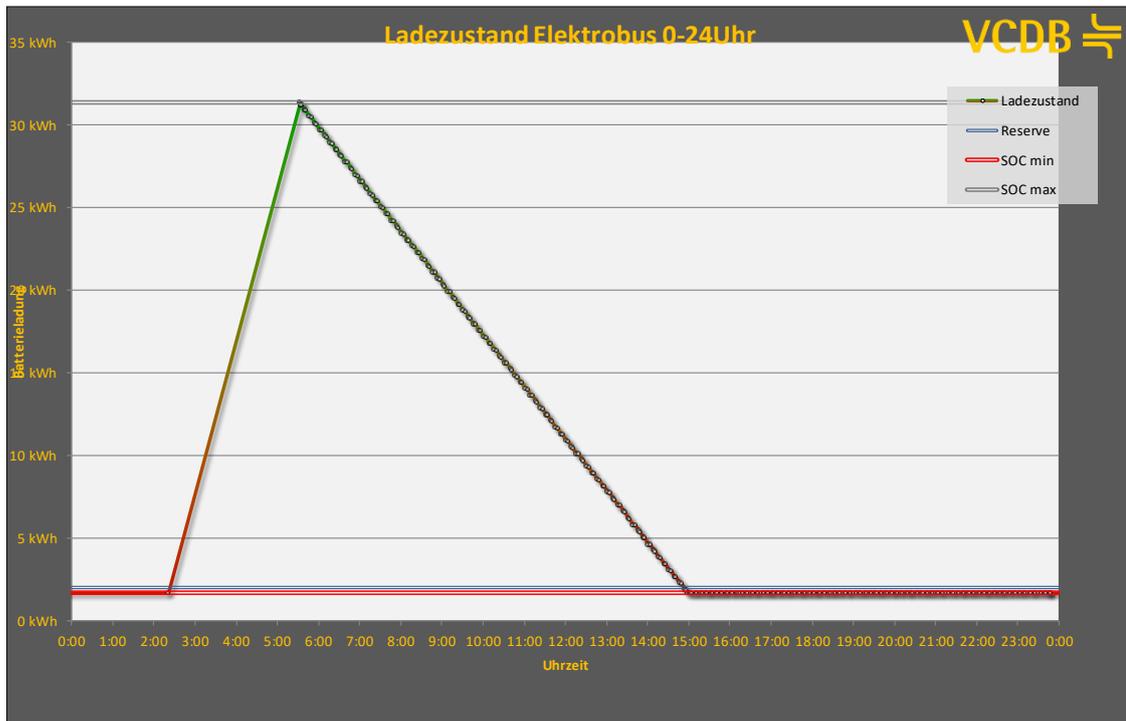


Abbildung 23: SOC-Diagramm Stufe 1

Umsetzbar wäre der Betrieb nur mit einer deutlich größeren Energiespeicherkapazität, was bei der relativ kleinen Gefäßgröße jedoch schwierig umsetzbar ist. Um einen gesamten Betriebstag durchfahren zu können, ist als Vollader eine Energiespeicherkapazität von mindestens 65 kWh notwendig, was der doppelten derzeit verfügbaren Kapazität entspricht.

Die alternative Lösung ist eine Umsetzung des Fahrzeugs als Gelegenheitslader, also mit Zwischenladungen an den Endpunkten. Sollen Fahrplan, Energiespeicherkapazität und verfügbare Ladeleistung (7 kW) beibehalten werden, so müsste an beiden Endpunkten geladen werden. Dies gestaltet sich jedoch technologisch aufwendig, da zwei Ladestationen erforderlich wären. Zudem müsste nach jeder Fahrt eine Kontaktierung erfolgen, welche aufgrund der vorhandenen Plug-In-Ladung einen menschlichen Bediener erforderlich macht.

Für eine Zwischenladung an nur einem Endpunkt würde eine Erhöhung der Ladeleistung auf 11 kW ausreichen. Die Ladestationen bei Lidl und ASOS stellen diese Leistung theoretisch zur Verfügung, das Fahrzeug hingegen hat eine maximale Leistungsaufnahme von 7 kW. Zudem muss die Ladung auch hier bei jeder Anfahrt des Wendepunktes erfolgen.

Für einen zuverlässigen Betrieb über den gesamten Einsatztag scheint ein zweites Fahrzeug am praktikabelsten. Dabei kann nach der Hälfte des Tages das Fahrzeug getauscht und der Betrieb mit vollständig geladenem Energiespeicher fortgesetzt werden.

Für die Übernachtladung steht ein Zeitraum von 05:44 h zur Verfügung. Dafür wird eine Ladeleistung von 5,7 kW erforderlich, um den Energiespeicher vollständig zu laden. Diese Ladeleistung ist bei beiden verfügbaren Fahrzeugen möglich.

Das SOC-Diagramm der zweiten Stufe ergibt das gleiche Bild wie bei der ersten Strecke.

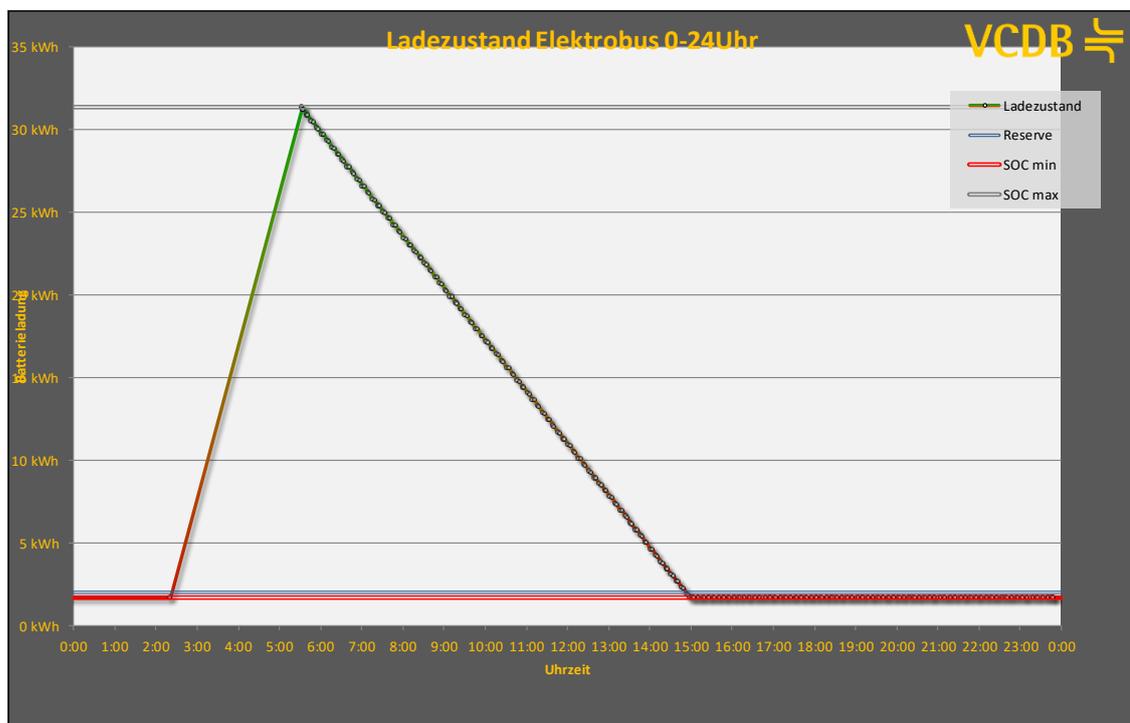


Abbildung 24: SOC-Diagramm Stufe 2

Sowohl Tagesfahrleistung als Energiebedarf pro Fahrzeug bleiben gleich. Da sich der Takt auf 30 Minuten verlängert ist zur Gewährleistung des Takts jedoch die doppelte Menge an Fahrzeugen erforderlich.

3.3.2 Weitere Ansätze für Elektromobilität

3.3.2.1. Weitere Elektrifizierung von Personenverkehrsströmen

Ausgehend vom automatisierten Elektrobus ist die weitere Elektrifizierung von Pendlerbewegungen, aber auch sonstigem Personenverkehr, eine naheliegende Erweiterungsoption zur Dekarbonisierung der durch das GVZ induzierten Mobilität. Selbst bei optimalen Angebotsbedingungen werden nicht alle Beschäftigten oder Besucher des GVZ auf den öffentlichen Personennahverkehr zugreifen. Um auch im Bereich des Individualverkehrs Potentiale zu Gunsten des Klimaschutzes zu erschließen, ist es wichtig, auch hier Alternativen aufzuzeigen, anzubieten und zu fördern.

Ein vergleichsweise einfacher und aufwandsarmer Schritt ist die Schaffung von sicheren Abstell- und Lademöglichkeiten für E-Bikes. Eine Bedarfsanalyse kann ermitteln, ob die Etablierung eines Leihradsystems mit E-Bikes am Standort rentabel ist, wobei hier auf etablierte Anbieter zurückgegriffen werden sollte.

Gleiches gilt für die Stationierung von elektrischen Car-Sharing-Fahrzeugen oder das Angebot, für Wege auf dem GVZ Elektro-Pkw als Shuttle anzubieten – als bedarfsgesteuerte und nicht-liniengebundene Ergänzung des automatisierten E-Bus-Systems. Weitere Anreize zur Elektrifizierung von Pendlerströmen wären die Installation von Lademöglichkeiten auf den Mitarbeiter- und Besucherparkplätzen der Anlieger sowie Angebote zur Nutzung elektrischer Dienstwagen an die Mitarbeiter. Mit den heute marktverfügbaren Elektro-Pkw lassen sich typische Pendlerdistanzen vom/zum GVZ-Standort ohne weiteres abbilden, insbesondere, wenn vor Ort die Möglichkeit besteht, während der Arbeitszeit das Fahrzeug wieder aufzuladen (ggf. kostenlos).

Je nach Einzugsgebiet kann es auch sinnvoll sein, unternehmenseigene Pkw-Flotten der Anlieger, die für rein dienstliche Zwecke vorgehalten werden, vollständig oder als Plug-In-Hybrid teilweise zu elektrifizieren. Auf Basis einer Bedarfsanalyse könnte in Erwägung

gezogen werden, einen E-Fahrzeug-Pool zur Nutzung durch die Anlieger als Dienstleistung anzubieten – ggf. in Kooperation mit einem Flottenanbieter (Car-Sharing oder Mietwagen).

3.3.2.2. Elektrifizierung von Güterverkehrsströmen

Ein KLV-Terminal gehört zur „Grundausstattung“ eines Güterverkehrszentrums. Neben den ökonomischen Faktoren trägt ein GVZ somit bereits zu einem erheblichen Teil dazu bei, Güterverkehrsströme auf die Bahn als umweltfreundliches, da in der Regel elektrisch betriebenes Verkehrsmittel zu verlagern.

Für die Ziele eine perspektivischen „Zero-Emission-GVZ“ könnte man darüber hinaus in Erwägung ziehen, auch die Schienenfahrzeuge für den Rangierbetrieb oder Spezialfahrzeuge für das Container- und Trailer-handling zu elektrifizieren.

Weitaus höher sind die Potentiale zu Emissionsreduzierung in der Elektrifizierung des Lkw-Verkehrs vom und zum GVZ, wie es bspw. im Lidl-Lager Großbeeren bereits teilweise erfolgt. Dies gilt aufgrund des aktuellen Entwicklungsstands elektromobiler Antriebs- und Energiespeichertechnologien aktuell nur für den lokalen Verteilverkehr in der Hauptstadtregion Berlin. Die Fernstrecke liegt hier derzeit noch nicht im Fokus, da keine ausreichenden Reichweiten mit vollelektrischen Antriebskonzepten erreicht werden. Hier könnten bestenfalls Plug-In-Hybrid-Lösungen eingesetzt werden. Gleichwohl befassen sich F&E-Projekte gegenwärtig auch mit Möglichkeiten zur Elektrifizierung des Lkw auf der Fernstrecke; als Beispiel sei hier das von Siemens entwickelte System „E-Highway“ genannt.

Fokussiert man auf den genannten Verteilverkehr innerhalb der Region Berlin, so scheinen insbesondere die Anlieger Lidl und ASOS als geeignete Adressaten für eine (Teil-) Elektrifizierung ihrer Lkw-Flotten. Auch die Nahrungsmittelunternehmen Harry-Brot und Trinks Berlin lassen lokale und regionale Güterverkehrsströme vermuten, welche für alternative Antriebssysteme in Frage kommen könnten.

Möchte man ein elektromobiles Güterverkehrssystem auf die Straße bringen, so sind – wie beim Bus – zwei Systemkomponenten zu betrachten: Das Fahrzeug und die Ladeinfrastruktur. Entscheidend ist zudem die Struktur der Lieferverkehre. Während Lidl und evtl. auch Harry Brot von Großbeeren aus den filialisierten Einzelhandel mit feststehenden Zielen (und möglicherweise auch fahrplanähnlichen Zustellturen) beliefern, sind beim Mode-Versandhändler ASOS eher täglich variierende Lieferketten bis zum Endverbraucher die Regel. Im filialisierten Einzelhandel mit klar definierten Zielen besteht der wesentliche Vorteil in der Planbarkeit der täglich zu absolvierenden Wegstrecken. Hier kann im Vorfeld genau geplant werden, auf welchen Touren ein Elektrofahrzeug eingesetzt werden könnte. Theoretisch bestünde sogar die Möglichkeit, (ausgewählte) Filialstandorte mit Ladeinfrastruktur an der Rampe auszurüsten und so über eine Zwischenladung (Opportunity-Charging) die Reichweite eines E-Lkw zu erhöhen.

Der Markt für elektrisch betriebene Lkw ist erwartungsgemäß übersichtlich, aber dennoch gibt es bereits Produkte für sämtliche Größenklassen. Am größten ist die Auswahl bei den Transportern („Sprinter“-Klasse), wo es sowohl von OEMs als auch von Drittausrüstern mittlerweile zahlreiche Angebote für elektrisch betriebene Fahrzeuge gibt. Allerdings liegt diese Fahrzeugklasse nicht im Fokus der Anlieger des GVZ.

Discounter wie Lidl nutzen auch für den innerstädtischen Lieferverkehr zu ihren Filialen größere Lkw, mitunter sogar Sattelzüge. In diesem Segment ist die Auswahl an Herstellern vollelektrischer Fahrzeuge deutlich überschaubarer. Beispielhaft genannt seien hier der Fahrzeugumrüster Framo der konventionelle Diesel-Lkw vom 7,5-t-Pritschenwagen bis zum 44-t-Sattelschlepper auf Elektrotraktion umrüstet. Die Schweizer E-Force One AG rüstet dagegen ab Werk Sattelschlepper auf Iveco-Fahrgestellen als Elektro-Lkw aus. Die Angaben zu erzielbaren Reichweiten unter Vollast zeigen eine große Bandbreite. Während bei Framo Reichweiten von 100 bis 150 km angegeben werden, sollen die E-Lkw von E-Force bei maximaler Batterieausrüstung bis zu 350 km Reichweite im Stadtverkehr erzielen. Im BMVI-geförderten Projekt „SEEN-KV – Investitionsvorbereitende Simulation des Einsatzes von elektrischen Nutzfahrzeugen im Kombinierten Verkehr“ werden Verbrauchswerte von 1,28 bzw. 1,03 kWh/km für die beiden Hersteller genannt.

Der Discounter Aldi Süd erprobt in einem aktuell laufenden Pilotprojekt den Einsatz von Elektro-Lkw im Lieferverkehr zu Filialen in Nordrhein-Westfalen. In diesem konkreten Anwendungsfall kommt eine 40-t-Zugmaschine, die von Framo umgerüstet wurde, zum Einsatz. Zusätzlich ist der Auflieger mit einem ebenfalls elektrifizierten Kühlaggregat ausgestattet. Angaben zum Energieverbrauch oder zu erzielbaren Reichweiten sind leider noch nicht verfügbar (vgl. Abbildung 25).



Abbildung 25: Elektro-Lkw von Aldi Süd in Nordrhein-Westfalen

Bildquelle: ALDI Süd

Bei der Systemkomponente „Ladeinfrastruktur“ zeigt sich eine weitere Parallele zum Bus: Die Energieversorgung von Fahrzeugen mit Elektrotraktion wird nicht an einer zentralen Stelle wie bei Dieselfahrzeugen (Tankstelle) erfolgen, sondern dezentral, am Ort der Abstellung bzw. an der Laderampe. Somit steht im Grunde fest, dass die Ladeinfrastruktur in der Verantwortung bzw. zumindest auf dem Gelände der potentiellen Nutzer errichtet werden muss. Eine zentrale Vorhaltung durch die GVZ-Erweiterung erscheint vor diesem Hintergrund zumindest gegenwärtig nicht zweckmäßig.

Die Auslegung der Ladeinfrastruktur ist abhängig von der zu übertragenden Energiemenge pro Zeit. Je kürzer die Standzeit und je höher die erforderliche Energiemenge, desto höher ist die vorzuhaltende Ladeleistung. Über Plug-In-Lösungen sind nach aktuellem Normungsstand Ladeleistungen bis zu 150 kW übertragbar. Zu beachten ist bei der Errichtung von Ladeinfrastruktur das Vorhandensein eines hinreichend leistungsfähigen Stromnetzzugangs – was allerdings in einem Gewerbegebiet bis zu einer gewissen Größenordnung unproblematisch sein sollte.

Die Einbeziehung weiterer elektrisch betriebener Verkehrsmittel (Stichwort Güterstraßenbahn) scheidet am Standort Großbeeren wegen der großen Distanz zu entsprechenden Systemen aus.

4 FINANZIELLE UND ORGANISATORISCHE UMSETZUNGS- PLANUNG

4.1 Organisation des Betriebes

Für die Betriebsaufnahme sind unabhängig von Streckenverlauf und Betriebsprogramm eine Reihe von Themen zu bearbeiten bzw. zu klären, die nachfolgend beschrieben werden.

4.1.1 Fahrzeugbeschaffung

Fahrzeuge sind in der je nach Stufe erforderlichen Anzahl zu beschaffen. Es ist davon auszugehen, dass die Finanzierung zu wesentlichen Teilen aus öffentlichen Haushalten erfolgt, daher ist hierfür ein formelles Vergabeverfahren anzustoßen. Die Anforderungen an die Fahrzeuge sind auf Basis der in Anlage 11 beschriebenen Festlegungen und Empfehlungen in einem Lastenheft zu definieren. Zu klären ist, wer die Fahrzeuge beschafft, dies dürfte aber erst zu entscheiden sein, wenn die Finanzierung des Betriebes konzipiert wird.

4.1.2 Genehmigungsprozess

- Für den Betrieb der automatisierten Kleinbusse müssen drei Genehmigungen eingeholt werden:
 1. Zulassung des Fahrzeugs und Definition der Anforderungen für den Einsatz im öffentlichen Raum
 2. Genehmigung zum Einsatz des zugelassenen Fahrzeugs auf der ausgewählten Strecke
 3. Genehmigung nach Personenbeförderungsgesetz

Die Zulassung von Fahrzeugen ist in der StVZO geregelt, nach diesen Grundsätzen ist auch bei der Zulassung der automatisierten Fahrzeuge vorzugehen. Für einen Betrieb im abgeschlossenen privaten Raum wird keine Zulassung erforderlich, aber für einen Betrieb auf öffentlichen Wegen wie im vorliegenden Fall ist eine Zulassung nach §21 i. V. m. §70 StVZO erforderlich.

Außerdem muss eine Genehmigung gemäß StVO für den Betrieb auf der festzulegenden Strecke (inkl. Ein- und Aussetzwege) eingeholt werden. Auch wenn die Hersteller eine Fahrzeugzulassung ggf. zusagen oder diese im Angebot bereits enthalten sein könnte, beinhaltet die streckenbezogene Zulassung des Einsatzes eine Befassung durch eine Prüforganisation und deren Bestätigung. Basis hier sind eine Risikoanalyse für die Strecke, die der Anlage 12 für die Umsetzungsstufe 1 und 2 entnommen werden kann. Das Dokument zeigt streckenbezogene Risikopunkte sowie mögliche Maßnahmen zur Risikoreduzierung. Darin aufgeführt sind:

- Streckenplan mit Verlauf, grober Lage der Haltestellen und Verortung der nachfolgend erläuterten Punkte mit ggf. erhöhtem Risiko
- Darstellung des heutigen Zustandes je Ort
- Beschreibung möglicher Maßnahmen

Außerdem dient eine Beschreibung der mit dem Betrieb verbundenen Prozesse in Form eines Handlungsleitfadens für alle Beteiligten des Betriebes als Basis (siehe Kapitel 5.3).

Wesentliche Teile davon werden in der aktuellen Bearbeitung erstellt, bedürfen aber einer Anpassung an die Spezifika der später ausgewählten Fahrzeuge.

Es ist ein Antrag zur Erteilung einer Genehmigung nach Personenbeförderungsgesetz (PBefG) zu stellen. Hierfür sind anzugeben: Streckenverlauf, Fahrplan bzw. Betriebsprogramm, eingesetzte Fahrzeuge, Tarif und Betriebsführer. Die ersten drei dieser Punkte sind eindeutig und auch aus der vorliegenden Arbeit abzuleiten, als Tarif wird im Rahmen eines auf Dauer angelegten Betriebes der Tarif des Verkehrsverbundes Berlin-Brandenburg (VBB) vorzusehen sein, die genauen vertrieblichen Spezifika wären im weiteren Verlauf mit dem VBB abzustimmen. Besonders relevant ist die Frage des Betriebsführers, da dieser für den Betrieb des Verkehrs verantwortlich ist und auch die Begleiter stellt. Als betriebsführendes Verkehrsunternehmen bietet sich die Auswahl der in Großbeeren ohnehin tätigen Verkehrsgesellschaft Teltow-Fläming mbH (VTF) an. Die VTF hätte dann den Antrag nach PBefG zu stellen, den Betrieb zu organisieren und die derzeit noch erforderlichen Begleiter in den Fahrzeugen zu stellen.

Dieser Prozess lässt sich auf dieser Basis in die folgenden Schritte zerlegen:

1. Zulassung des Fahrzeugs und Definition der Anforderungen für den Einsatz im öffentlichen Raum (durch Gutachter [z. B. DEKRA, TÜV] und Prüfstelle des jeweiligen Bundeslandes
 - a. Entscheidung zur Wahl eines Fahrzeugtyps (und der Bauart) getroffen, damit ist auch klar, welcher Aufwand zur Zulassung noch ansteht
 - b. Durchführen der üblichen Prüfroutinen zur Zulassung von Fahrzeugen der Bauarten M1 (Pkw) oder M2 (Kleinbus) oder von Sonderfahrzeugen, ggf. mit baulichen Anpassungen verbunden
2. Genehmigung zum Einsatz des zugelassenen Fahrzeugs auf der ausgewählten Strecke (auf Basis von Gutachtenergebnissen [z. B. von DEKRA oder TÜV] und durch jeweiliges Straßenverkehrsamt
 - a. Vorlage eines Betriebskonzeptes (als Auszug aus dem vorliegenden Bericht) mit Darstellung von Fahrplan, Haltestellen, Fahrzeugeinsatz, Abstellort, Personaleinsatz, Betriebsführer

- b. Vorlage oder Erarbeitung einer Risikoanalyse (s. Anlage 12) für den Betrieb dieses Fahrzeugs auf der vorgesehenen Strecke
 - c. Vorlage von Unterlagen, die zu den mit dem Betrieb des Fahrzeugs verbundenen Prozessen verbindliche Aussagen bzw. Vorgaben machen und die Gegenstand der Personalschulung sind (siehe Kapitel 5.3, soweit in diesem Planungsstadium festlegbar, Ergänzungen sind zu machen, wenn z. B. der Betriebsführer feststeht und wenn das Fahrzeug ausgewählt ist)
3. Genehmigung nach Personenbeförderungsgesetz
- a. Festlegen des Betriebsführers
 - b. Festlegen des Antragstellers für die PBefG-Genehmigung
 - c. Antrag auf Erteilung einer Linienverkehrsgenehmigung nach PBefG mit Angaben zu Fahrplan, Strecke, Haltestellen, Fahrzeugen, Betriebsführer und anzuwendendem Tarif.

Liegen diese drei Genehmigungen vor, kann aus formeller Sicht der Betrieb aufgenommen werden.

4.1.3 Personalmanagement

Voraussetzung für die Zulassung des Betriebes nach StVZO ist nach aktuellen rechtlichen Rahmenbedingungen die Anwesenheit eines Begleiters, der die Funktion des Fahrzeugführers übernimmt und jederzeit eingreifen kann. Hierfür sind entsprechende Personen zu suchen und zu schulen. Sie werden von den Herstellern auf die Fahrzeuge eingewiesen und sollten (es gibt noch keine Regelung dafür) einen Führerschein zur Fahrgastbeförderung haben, mindestens den „kleinen P-Schein“). Weitere Anforderungen an die Operator sind in Kapitel 5.2 aufgeführt.

4.1.4 Wartung und Instandhaltung

Die Regelungen bezügl. Wartung und Instandhaltung der eingesetzten Fahrzeuge sind zusammen mit dem Hersteller und eventuell anderen Dienstleistern zu verabreden. Es bietet sich an, die betriebsnahen Arbeiten im untersten „Servicelevel“ vom Begleitperso-

nal durchführen zu lassen (wie z. B. Reifendruck prüfen, Sensoren reinigen oder Scheibenwaschwasser nachfüllen). Die höheren Servicelevel sollten vom Hersteller übernommen werden, dies wird auch bei allen Herstellern bzw. Betreibern auch so organisiert. Dies wird im Rahmen der Vertragsverhandlungen zwischen Hersteller und Betreiber bzw. Käufer/Mieter der Fahrzeuge abgestimmt.

Das betriebsführende Unternehmen übernimmt die Verantwortung für den Betrieb, daher hat es auch für die Integration in die vorhandenen Versicherungen zu sorgen. Die Fahrzeuge bzw. der Betrieb ist versicherbar, alle größeren Versicherungen sind hier bereits aktiv (z. B. HDN, R+V, Allianz).

4.1.5 Überwachung des Betriebes

Die Überwachung des Betriebes läuft in den meisten Fällen sehr niedrigschwellig und erfolgt durch die Begleiter selbst, die sich per Mobiltelefon untereinander abstimmen. Eine Interaktion mit anderen Verkehren (wie z. B. den konventionellen Linienbussen für den Umstieg) ist i. d. R. bisher nicht erforderlich. Hier wird dies allerdings erforderlich, wenn die dritte Umsetzungsstufe in Betrieb geht, denn dann wird im Norden der Gemeinde ein Umstieg zu weiteren Buslinien möglich.

Mindestens in zwei Fällen ist der Betrieb eines automatisierten Shuttles in das Betriebsleitsystem des Verkehrsunternehmens integriert worden: in Neuhausen (Schweiz) und (in Vorbereitung) in Monheim am Rhein (Nordrhein-Westfalen), jeweils auf Basis eines Systems von Trapeze.

Zu empfehlen wäre für einen Testbetrieb und auch für die ersten beiden Umsetzungsstufen eine autarke Steuerung nur durch die Begleiter selbst. Erst bei komplexeren Betriebsabläufen wie in Stufe 3 ist abzuwägen, ob eine übergeordnete Steuerung eingerichtet werden sollte.

4.2 Konzept für Öffentlichkeitsarbeit und Vermarktung

4.2.1 Ziel

Das Vermarktungskonzept für den automatisierten Kleinbus und seine Nutzbarkeit hat die Aufgabe, Marketingaktivitäten zu entwickeln, die sich an den Bedürfnissen der Zielgruppen ausrichten und diese plan-, kontrollier- und evaluierbar zu machen. Bei der angebotenen Leistung handelt es sich um eine ÖPNV-Dienstleistung, die besondere Rahmenbedingungen mit sich bringt.

4.2.2 Status-Quo-Analyse

Bei der Planung und Erbringung einer Nahverkehrsdienstleistung wie der neuen Linie mit automatisierten Kleinbussen, spielen verschiedene Akteure eine Rolle: die Nutznießer (MitarbeiterInnen der Gewerbebetriebe im GVZ und deren Arbeitgeber), die IPG als treuhändischer Entwicklungsträger für die Entwicklung und Vermarktung im Auftrag der Gemeinde Großbeeren, die Gemeinde Großbeeren, das Land Brandenburg als Innovationsstandort, der Bund, die Verkehrsgesellschaft Teltow-Fläming (VTF) sowie der Verkehrsverbund Berlin Brandenburg (VBB), weitere Interessierte innerhalb und außerhalb der Fachöffentlichkeit.

Der ÖPNV ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge, die gemäß dem ÖPNVG teilweise der Verantwortung der Landkreise und kreisfreien Städte unterliegt. Dies gilt für den sogenannten übrigen Personennahverkehr (üÖPNV), also für die Busse und Straßenbahnen in ihren jeweiligen Gebieten. Der Landkreis Teltow-Fläming ist demnach als Aufgabenträger tätig, der sich zur Realisierung Verkehrsgesellschaften und Zweckverbänden als Dienstleister bedient. In Großbeeren kommt als Betreiberin des neuen Angebots mit automatisierten Kleinbussen die kreiseigene VTF in Frage. Das Verkehrsunternehmen und der kommunale ÖPNV-Aufgabenträger sind für die Vermarktung der ÖPNV-Dienstleistung verantwortlich.

Darüber hinaus ist der VBB einzubinden, da der Landkreis Teltow-Fläming einer der Gesellschafter dieses regionalen Aufgabenträgerverbundes ist. Durch die Einordnung des

automatisierten Busangebotes in den einheitlichen VBB-Tarif, des Ticketing und das Verbundmarketing ergeben sich spezielle Anforderungen z. B. an die Vermarktung bezüglich der Angebotsgestaltung, des CI und CD im Allgemeinen sowie der Fahrgastinformation im Besonderen.

In Kapitel 1 wurde bereits eine Bestandsaufnahme des gegenwärtigen ÖPNV-Angebots in Großbeeren durchgeführt und der Bedarf für die Erschließung des GVZ inkl. der Zubringerfunktion zu konventionellen Bussen und Bahnen nachgewiesen. Daraus ergeben sich die folgenden Zielgruppen: MitarbeiterInnen der Gewerbebetriebe im GVZ sowie Fahrgäste des SPNV und konventionellen ÖPNV in der Region.

Im GVZ sind zahlreiche Gewerbebetriebe ansässig, z. B. die Lidl Vertriebs-GmbH & Co. KG und ASOS Germany mit seinem Dienstleister Ingram Micro CFS Eurohub Fulfilment GmbH, die als Zielgruppe des neuen Nahverkehrsangebotes spezielle Bedürfnisse (z. B. durch Schichtzeiten) aufweisen. Durch ein zusätzliches, zuverlässiges ÖPNV-Angebot wird die Erreichbarkeit der Standorte für ArbeitnehmerInnen und KundInnen gesteigert. Dadurch wird die Attraktivität als Arbeitgeber erhöht. Ein modernes, innovationsstrebendes, nachhaltiges Image des GVZ wird sich ebenfalls positiv auf den Gewerbebestandort Großbeeren auswirken. Die Übertragbarkeit auf weitere Gewerbegebiete und Unternehmensstandorte dürfte auch für die Betriebe im GVZ Großbeeren mit weiteren Ansiedlungen andernorts von Interesse sein. Für die Vermarktung und Akzeptanz können daher auch die Kommunikationskanäle der Unternehmen einen entscheidenden Beitrag leisten, daher ist eine enge Zusammenarbeit anzustreben.

Für Fahrgäste des konventionellen ÖPNV in Großbeeren, die nicht als Pendler zu einem der anliegenden Betriebe (Lidl oder ASOS) möchten, wird das Angebot des automatisierten Busverkehrs ab der Umsetzungsstufe 2 interessant. Mit dem Anschluss an den regionalen Busverkehr durch die Haltestelle „Märkische Allee Mitte“ kann das automatisierte Shuttle auch für Pendler zu anderen Betrieben im GVZ eine feinverteilende Funktion einnehmen.

Erfahrungen aus anderen Regionen zeigen, dass ein automatisierter Bus auch viele potentielle Fahrgäste anzieht, die das System „erfahren“ möchten und nicht primär einen

Beförderungsbedarf im unmittelbaren Umfeld haben. Somit kann davon ausgegangen werden, dass technikinteressierte Menschen (egal ob aus dem unmittelbaren Umfeld, aus Berlin oder sogar aus anderen Regionen) als weitere Zielgruppe gelten.

Weiterhin sind das Land Brandenburg und der Bund relevante Stakeholder, da sie sich für die Förderung von Innovationen und die Entwicklung des ländlichen Raumes einsetzen. Das GVZ Großbeeren wird durch den Einsatz von automatisierten Shuttles zu einem digitalen Testfeld für das automatisierte und vernetzte Fahren, in dem Erkenntnisse für verkehrspolitische Entscheidungen gesammelt werden können. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unterstützt ähnliche Aktivitäten bereits auf Testfeldern mit unterschiedlichen Erprobungsschwerpunkten in mehreren Städten und im ländlichen Raum. Das GVZ bietet aufgrund seiner verkehrlichen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen als Logistikstandort mit zahlreichen Arbeitsplätzen im Randgebiet von Berlin interessante Einsatz- und Testmöglichkeiten von automatisierten Shuttles.

4.2.3 Ziele und Strategie

Marketing-Ziele dienen der Entwicklung von passenden Marketing-Maßnahmen und bestimmen den Handlungsspielraum von Entscheidungsträgern, indem sie einen gewünschten Sollzustand beschreiben. Im Falle der Verkehrsdienstleistung mit automatisierten Bussen handelt es sich vornehmlich um qualitative Ziele wie Bekanntheitsgrad, Imagefaktor und Kundenzufriedenheit.

Ein Ziel des Einsatzes dieses neuen, innovativen Mobilitätsangebotes kann in der Erhöhung des Bekanntheitsgrades der VTF liegen. Die mediale Präsenz des Unternehmens, der Gemeinde Großbeeren und der beteiligten Gewerbebetriebe wird dadurch gesteigert. Im VBB erhält die VTF ein Alleinstellungsmerkmal, da sich bislang nur vereinzelte Verkehrsunternehmen als Pioniere der Technologie hervortun. Mit dem Test neuer Technologien und dem damit verbundenen Aufbau einer Expertise für autonomes Fahren und dessen Anforderungen zielt die VTF auf den Ausbau ihrer Wettbewerbsfähigkeit ab.

Die Steigerung der Kundenzufriedenheit bei der VTF ist ein weiteres Ziel, das mithilfe von Marketingmaßnahmen erreicht werden soll. Den Kunden – hier der „Pendler“ - soll

deutlich gemacht werden, dass innovative Ideen zur Verbesserung der Erreichbarkeit des GVZ umgesetzt werden. Es handelt sich um eine nachhaltige Alternative zum eigenen Pkw. Dazu wird das neue Mobilitätsangebot im Gesamtkontext ÖPNV vermarktet und nicht als einzelner Baustein. Als positiver Imagefaktor soll die zukunftsfähige Ausrichtung von Gemeinde und Verkehrsunternehmen hervorgehoben werden.

Zusammengefasst ergibt sich die strategische Zielsetzung des Konzepts:

- mehr und zufriedenere Fahrgäste,
- langfristige Wettbewerbsfähigkeit und
- die zukunftsfähige Gestaltung des Landkreises Teltow-Fläming und des GVZ.

Die Vision für 2020: Aufgrund des zukunftsfähigen ÖPNV-Angebots können ArbeitnehmerInnen und KundInnen die Betriebe des GVZ Großbeeren bequem, flexibel und zuverlässig erreichen. Autonome Shuttles übernehmen die Feinverteilung, die Hauptlast wird von größeren Gefäßen (Bus und Bahn) getragen.

4.2.4 Marketing-Mix

Der Marketing-Mix umfasst alle an der Strategie ausgerichteten Maßnahmen, die dazu dienen, das Unternehmen am Markt zu positionieren und die Verkehrsdienstleistung erfolgreich absetzen zu können. Die wesentlichen Marketinginstrumente einer Dienstleistung können nach dem klassischen Modell der „7Ps“ beschrieben werden: Product (Produktpolitik), Price (Preispolitik), Place (Distributionspolitik), Promotion (Kommunikationspolitik), Process (Prozesspolitik), People (Personalpolitik), Physical Facilities (Ausstattungspolitik). In diesem Kapitel werden die Instrumente beschrieben, die noch nicht in der Erarbeitung von Streckenführung, Bedarf und Integration in den konventionelle ÖPNV betrachtet werden.

Kommunikationspolitik

- Erstellen einer Broschüre/eines Flyers mit Informationen zu Projekt, Fahrzeug, Technik, Fahrplan und Kosten sowie der Vision

- Marketingmaßnahmen generell in mehreren Sprachen (Deutsch, Polnisch, Englisch)
- Nutzung der Unternehmenskommunikation der ansässigen Betriebe: Intranet, E-Mail-Verteiler, Aushänge, Versammlungen, interne Magazine
- Nutzung der Unternehmenskommunikation Dritter („Cross Selling“): z. B. VBB (Printmaterialien, Internetseite „vbb.de“, ODEG mit der Regionalbahnlinie RE 4 (über Infotainment, Kundenmagazin), BVG und S-Bahn über ihre Kundenmagazine
- Online-Marketing: Darstellung auf der VTF-Website und Smartphone-App mit Fahrplan sowie Echtzeitinformationen
- Kampagnen
 - Show Case: Vorstellung Fahrzeugtechnologie und Betriebskonzept
 - Temporär kostenloses Probefahren
 - Wettbewerb zur Namensfindung des Fahrzeugs/der Fahrzeuge unter Mitarbeitenden der Betriebe des GVZ

Preispolitik

- Einbindung in VBB-Tarif
- Sonderkonditionen für Personal aus dem GVZ (Jobticket)

Prozesspolitik

- Einbindung der Dienstleistung in den konventionellen Verkehr, um Anschlüsse zu gewährleisten und Mobilität im GVZ als Ganzes zu verbessern
- Sollprozesse über einen Leitfaden festlegen mit festen Ansprechpartnern bei Problemen im Betriebsablauf
- Fahrzeughersteller in Qualitätsmanagement des Angebots einbinden

Personalpolitik

- Fahrbegleitpersonal mit Technikaffinität und Interesse an Innovationen einsetzen
- Fahrgästen Auskünfte über Projekt und Technologie vermitteln

Ausstattungspolitik

- Fahrgastinformation auf der Strecke: Hinweisschilder am Bahnhof Großbeeren und der Zielhaltestelle sowie Infotafel/-säule
- Haltestellen kundenorientiert und barrierefrei gestalten: Aushang mit aktuellem Fahrplan, Liniennetz, dynamischer Fahrgastinformation, Beleuchtung, Mülleimer, eventuell Sitzgelegenheiten und Überdachung an hoch frequentierten Haltestellen, WLAN-Hotspot, Blindenleitstreifen

4.2.5 Weitere Schritte

Die Realisierung des Marketing-Mix ist der nächste notwendige Schritt. Die Erarbeitung und Erstellung aller Maßnahmen wird in Kooperation zwischen der VTF und der IPG erfolgen. Weitere Akteure werden einbezogen, wenn Abstimmungen notwendig sind (bspw. ansässige Betriebe).

Anschließend muss eine Evaluation der Resultate stattfinden, um die Wirksamkeit und Zielerreichung für weitere Marketingaktivitäten sicherzustellen.

- Was hat funktioniert/nicht funktioniert?
- Welche Ziele wurden erreicht und welche verfehlt?
- Welche Prozesse können optimiert werden?
- Was sollte beim nächsten Mal anders gemacht werden?

5 VORBEREITUNG DER TESTPHASE

5.1 Abstell- und Ladeplatz

Auf den Firmengeländen von Lidl und ASOS befinden sich E-Ladesäulen. Beide Firmen haben signalisiert, dass während der Testphase über Nacht eine Abstellung und Lademöglichkeit für das Fahrzeug zur Verfügung gestellt werden kann. Die genauen organisatorischen Einzelheiten wie Zugang zu den Ladesäulen und Bewirtschaftung müssen

gesondert geklärt werden. Aufgrund der Anforderungen an eine überdachte und beheizbare Unterstellung zum Betrieb automatisierter Busse, kommt diese Lösung nicht für den Langzeiteinsatz in Frage.

5.1.1 Firmengelände von Lidl

Auf dem Firmengelände von Lidl stehen grundlegend zwei Stellplätze zum Laden zur Verfügung. Ein Stellplatz hat die Länge von ca. 5,10 m und die Breite von ca. 2,85 m. Diese Abmessungen bieten dem Bus ausreichend Platz zum Abstellen. Eine Überdachung ist nicht vorhanden. Um die Stellplätze zu erreichen, muss der Bus ca. 350 m im öffentlichen Straßenraum der Straße An der Anhalter Bahn zurücklegen.

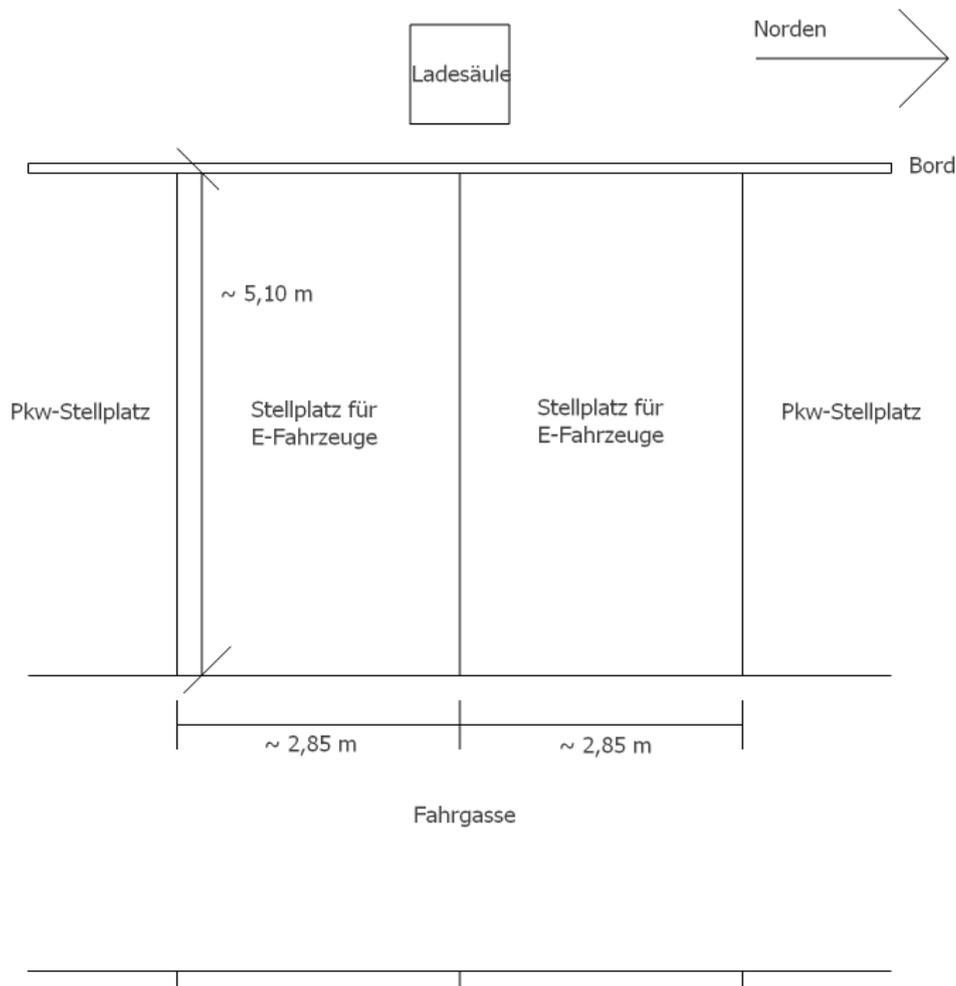


Abbildung 26: Schematische Lageplanskizze E-Ladestation Lidl

5.1.2 Firmengelände von ASOS

Bei ASOS sind auf dem Firmengelände vier Stellplätze zum Laden im südöstlichen Bereich vorhanden. Die Stellplätze haben jeweils die Abmessungen von ca. 4,0 m in der Länge und 3,0 m in der Breite. Der Bus hat eine Länge von ca. 4,80 m. Für den Fall, dass der Bus auf dem Firmengelände von ASOS geladen wird, sollte der Bus parallel zur Fahrgasse auf zwei Stellplätzen abgestellt werden. Dafür ist es erforderlich, einen Grundstreifen zwischen dem Stellplatz und der Fahrgasse zu überfahren. Ein Ersetzen des Grünstreifens durch Asphalt ist notwendig.

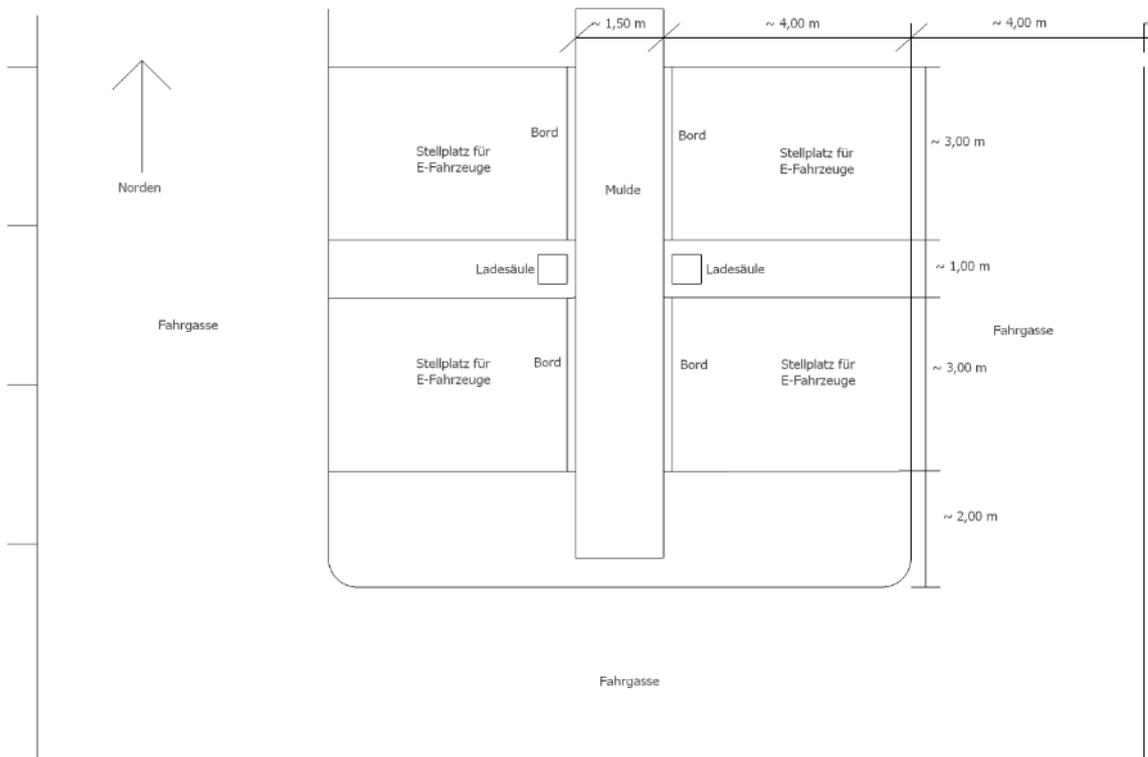


Abbildung 27: Schematische Lageplanskizze E-Ladestation ASOS

5.2 Anforderungen an Operator

Die Anforderungen an die Begleiter sind in der folgenden Tabelle aufgeführt.

MUSS-Anforderung	KANN-Anforderung
gültiger Führerschein	gültiger P-Schein
fließend deutsche Sprache	weitere Sprachen (Englisch, Französisch)
weitgehend stehendes Arbeiten möglich	kommunikatives Talent
flexible Arbeitsinhalte möglich (von Reinigung bis Fahren)	handwerkliches bzw. technisches Geschick
Kenntnis des Geländes	
Disposition: Erfahrungen im Umgang mit PC	
Interesse an Innovationen	

Tabelle 13: Anforderungen an Operator von automatisierten Bussen

Für den Betrieb von automatisierten Bussen sind vor Betriebsaufnahme Schulungen bzw. Einweisungen des Personals erforderlich:

- in die Technik und die Fahrzeuge,
- zu Fragen der Sicherheit und Verhalten in bestimmten Situationen,
- zum Projekt und
- zum Verhalten gegenüber Interessenten und Fahrgästen.

Diese Schulungen und Einweisungen werden weitgehend durch den Fahrzeughersteller durchgeführt. Hierfür ist eine Woche einzuplanen. Es sind nur die Personen für das Führen des Fahrzeugs zugelassen, die die Schulung erfolgreich absolviert haben.

Die Aufgaben des Fahrpersonals umfassen in Tabelle 14 zusammengefasste Themenfelder wie Fahrbegleitung, Fahrgastinformation und Dokumentation.

Themenfeld	Aufgaben
Durchführung	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrten durchführen (manuell und automatisch) • Sichtkontrolle durchführen • Entscheidung über witterungsbedingte Betriebseinstellung und Betriebsaufnahme herbeiführen • Erkennen und Beseitigen von Hindernissen auf den Strecken • Unregelmäßigkeiten dokumentieren, Gründe beschreiben
Fahrzeug und Ladeeinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"> • Prüfen der Fahrzeuge und Ladeeinrichtungen • Einsatz der Systeme, Ladevorgang beginnen und beenden • Grobreinigung (innen)/Pflege/Nachschaue der Fahrzeuge • Außenreinigung der Fahrzeuge • Leichte Instandhaltungsarbeiten übernehmen • Instandhaltungsbedarf melden • Dokumentation
Kommunikation	<ul style="list-style-type: none"> • Erklären des Systems gegenüber Besuchern, Fahrgästen und anderen Verkehrsteilnehmern • Hilfe bei der Nutzung des Systems • Dokumentation
Dokumentation	<ul style="list-style-type: none"> • Täglicher Betriebsbericht • Fahrgastzählung (Summe, Ein-/Aussteiger) • Stromzähler ablesen • Erfahrungen beschreiben

Tabelle 14: Aufgabenbereiche der Operatoren von automatisierten Bussen

Die Aufgaben werden im Leitfaden im nächsten Kapitel näher erläutert.

5.3 Handlungsleitfaden

5.3.1 Ziel

Der Handlungsleitfaden dient den am Betrieb Beteiligten Mitarbeitern zur Orientierung. Er fasst alle wichtigen Informationen zusammen, z. B. zu Ansprechpartner, Standorten von Haltestellen bis Abstellung, Verhalten der Operatoren in Notsituationen und notwendige Tätigkeiten bei Auf- und Abrüsten. Folgende Abschnitte sind enthalten:

- Kontaktliste
- Geländeplan
- Allgemeine Grundlagen

- Herstellung der Betriebsfähigkeit
- Betriebsdurchführung
- Nachbereitende betriebliche Tätigkeiten
- Besondere Ereignisse
- Service und Wartung
- Anhang mit Herstellerunterlagen und Formularen

Der folgende Entwurf dient als Vorlage und muss im Laufe der Umsetzung ergänzt und verändert werden.

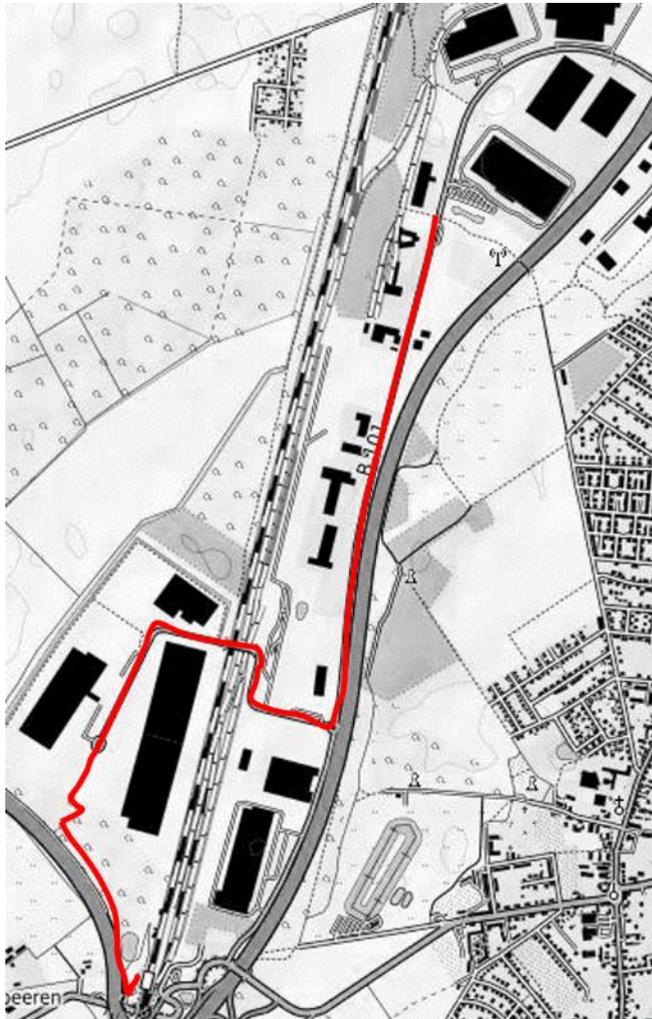
5.3.2 Kontaktliste

Ansprechpartner				
Unternehmen	Name	Bereich	E-Mail-Adresse	Telefonnummer
Verkehrsunternehmen				
Projektleitung				
Dienstleister (z. B. Abstellort, Fahrzeughersteller)				

Notrufnummern	
Organisation	Telefonnummer
Polizei	110
Allgemeiner Notruf	112

Fahrzeuge/Operator	
Fahrzeug	Telefonnummer
Mobiltelefon Fahrzeug 1	
Mobiltelefon Fahrzeug 2	

5.3.3 Geländeplan



Legende:

-  Ladestation
-  Lagerraum
-  Sanitäre Anlagen
-  Waschplatz
-  Haltestellen
-  Streckenführung

Anschrift Lagerraum: [EINFÜGEN]

Anschrift sanitäre Anlagen: [EINFÜGEN]

Anschrift Waschplatz: [EINFÜGEN]

5.3.4 Allgemeine Grundlagen

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator	<p style="text-align: center;">1 Aufgaben des Operators</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Aufgaben des Operators werden im Leitfaden näher erläutert. • Herstellung der Betriebsfähigkeit

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsdurchführung • Nachbereitende betriebliche Tätigkeiten • Im Vorfeld muss der Operator unterwiesen werden. Die Inhalte der Unterweisung durch den Hersteller sowie die betriebsinternen Unterweisungen müssen im Betrieb berücksichtigt und Anweisungen eingehalten werden. • Der Operator hat die Streckenspezifika zu kennen.
Alle	<p>2 Hierarchie Informationsweitergabe/Entscheidungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Über das mitgeführte Mobiltelefon kontaktiert der Operator bei besonderen Vorkommnissen unverzüglich [<i>verantwortliche Person einfügen</i>], spätestens zum Ende des Tages. • Die Telefonnummern sind zur schnellen Erreichbarkeit in den Fahrzeugen mitgeführten Mobiltelefonen gespeichert. • Darüber hinaus ist ein Exemplar des Leitfadens im Lageraum hinterlegt. • [<i>verantwortliche Person einfügen</i>] organisiert bei einem Schaden/Vorfall alle weiteren Schritte (Auslösen der Meldkette). • Abweichungen von dieser Regel sind in dem vorliegenden Leitfaden beschrieben.
	<p>3 Herstellerangaben</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dem Anhang sind Anleitungen und Checklisten des Herstellers zu entnehmen. • [<i>Offizielle Bezeichnungen einfügen</i>]
Projektleiter; Operator	<p>4 Disposition</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Disposition müssen die Besonderheiten beachtet werden, die ein elektrischer und automatisierter Betrieb bedingt. • Um Unterbrechungen während der Betriebszeiten möglichst zu vermeiden, ist das Aufladen der Fahrzeuge an den Ladestationen im Regelfall für die Nacht vorgesehen.
Projektleiter; Operator	<p>5 Krankheitsmeldung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wenn ein Operator krank ist und nicht zum Dienst erscheint, muss er sich zuvor bei [<i>verantwortliche Person einfügen</i>] krankmelden.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> [verantwortliche Person einfügen] überarbeitet ggf. den Einsatzplan und informiert die anderen Operator.
Operator; Projektleiter	<p>6 Sicherheitsausstattung des Fahrzeugs</p> <ul style="list-style-type: none"> In den Fahrzeugen befinden sich je ein Feuerlöscher, zwei Warnwesten und ein Erste-Hilfe-Set. Der Operator ist in die Bedienung des Feuerlöschers eingewiesen. Jede Benutzung von Feuerlöscher und Erste-Hilfe-Set wird [verantwortliche Person einfügen] durch den Operator gemeldet. Nach der Benutzung veranlasst [verantwortliche Person einfügen] die erneute Ausstattung. Die Überprüfung der Gültigkeit des Feuerlöschers und des Erste-Hilfe-Sets erfolgt regelmäßig durch [verantwortliche Person einfügen].

5.3.5 Herstellung der Betriebsfähigkeit

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator	<p>7 Herstellung der Betriebsfähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> Der Schlüssel ist [Ort einfügen] abzuholen. Der Ladevorgang muss durch den Operator beendet werden, indem er das Ladekabel zuerst von der Ladestation und dann vom Fahrzeug entfernt und an den dafür vorgesehenen Platz im Lagerraum verstaut. Eventuell muss die Ladestation ausgeschaltet werden. Das Kabel ist generell so im Arbeits- und Verkehrsbereich abzulegen, dass Stolperstellen und Quetschungen vermieden werden. Aus dem Lagerraum sind Reinigungsutensilien zu holen. Das Fahrzeug ist durch den Operator aufzuschließen. Vor Fahrtantritt muss die Sauberkeit des Innen- und Außenraums des Fahrzeuges durch den Operator überprüft werden. Der Operator nimmt die Reinigung mit geeigneten Materialien gem. Herstelleranhaben vor (siehe Punkt 3): Innenraum kehren/wischen, Oberflächen abwischen, Rampe abkehren, Fenster reinigen, Sensorreinigung, Beseitigung von Müll.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> • Geeignete Hilfsmittel sind: <ul style="list-style-type: none"> • Glas und Laser → trockenes Mikrofasertuch • Touchscreens → Mikrofasertuch und Glasreiniger • Außenkunststoffverkleidung → Allzwecktuch und Reinigungsprodukt für Kunststoff; für die Folierung außen ist ein alkoholfreies Reinigungsmittel zu verwenden • Innere Kunststoffverkleidung → Allzwecktuch und Reinigungsprodukt für Kunststoff • Brand- oder Verletzungsgefahr: Während des Ladevorgangs sind keine Arbeiten im oder am Fahrzeug vorzunehmen (wie Reinigung, Arbeiten an der Elektroinstallation oder dem Motorraum, etc.) und es dürfen sich keine Fahrgäste im Fahrzeug aufhalten. • Sporadisch muss die Sauberkeit der Außenkarosserie überprüft werden. Die Reinigung erfolgt in Absprache mit [<i>verantwortliche Person einfügen</i>] durch den Operator. <ul style="list-style-type: none"> • Verschmutzungen sind händisch durch den Operator zu beseitigen. Eine maschinelle Waschanlage darf nicht befahren werden. • Sollte das Fahrzeug während der Fahrt in einem Maße verunreinigt werden, dass eine Weiterfahrt für die Fahrgäste nicht zumutbar ist, so muss die Fahrt unterbrochen werden. • Reinigungsutensilien sind zum Lagerraum zurückzubringen und das Bestandsmanagement des Reinigungsmaterials durchzuführen. • Zählgerät, Mobiltelefon, Schreibutensilien und Fernbedienung sind aus dem Lager mitzunehmen. • Das System muss gemäß der Herstellerangaben gestartet und hochgefahren werden (siehe Punkt 3). • Eine Sichtkontrolle am Fahrzeug ist durchzuführen, um die Betriebsfähigkeit zu prüfen. Zur Prüfung gehören folgende Schritte: <ul style="list-style-type: none"> • Sichtkontrolle des Fahrzeugs von außen: Frontscheibe, Fenster, Sensorik, Lichter, Scheibenwischer, Türen, Reifen;

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> • Sichtkontrolle des Fahrzeugs von Innen: Sitze, Boden, Kunststoffteile, Fenster, Sicherheitsausstattung, Beleuchtung, Nothaltknöpfe, Steuerungsluke, Touchscreen, Belüftung/Heizung, Hinweisleuchten; • Ladestand kontrollieren: Der Ladestatus ist nach Hochfahren des Systems daraufhin zu prüfen, ob die Batterie ausreichend geladen ist (>99%); • Funktionen prüfen, z.B. Antrieb, Lokalisierung und Sicherheitskette. • Die Herstellerangaben sind dabei zu beachten (siehe Punkt 3). • Sollten ein oder mehrere Punkt(e) dieser Auflistung nicht erfüllt sein, ist <i>[verantwortliche Person einfügen]</i> zu kontaktieren und der Fahrbetrieb ggf. nicht aufzunehmen.
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">8 Proberunde</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Shuttle ist ausparken und auf der eingemessenen Strecke zu positionieren. • Vor der ersten fahrplanmäßigen Fahrt wird eine Proberunde zum Erkennen von Hindernissen, Überprüfen der Haltestellen, Funktionstests und Erkennen von technischen Problemen durchgeführt. • Bei Falschparkern auf der Strecke wird <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> kontaktiert. <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> kümmert sich um die Beseitigung der Falschparker. • Andere Hindernisse, die nicht manuell umfahren werden können, sind an <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> zu melden. Gemeinsam wird entschieden, ob der Betrieb ggf. eingestellt werden muss. • Sollte der Betrieb aufgrund von technischen Störungen oder Hindernissen nicht aufgenommen werden können, muss das Fahrzeug durch den Operator manuell an die Ladestation zurückgefahren werden. • <i>[verantwortliche Person einfügen]</i> entscheidet in Abstimmung mit den Operatoren darüber, ob gegebenenfalls ein Ersatzfahrzeug den Betrieb aufnehmen kann.

5.3.6 Betriebsdurchführung

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator	<p style="text-align: center;">9 Betriebsdurchführung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach einer erfolgreich durchgeführten Proberunde, kann der Fahrgastbetrieb gestartet werden. <ul style="list-style-type: none"> ○ Bis zu [<i>Kapazität einfügen</i>] Fahrgäste können gleichzeitig transportiert werden. Weitere Fahrgäste werden an den Haltestellen auf die nächste Fahrt verwiesen. ○ Die Anzahl der Fahrgäste ist im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). • Die Steuereinheit für das manuelle Fahren muss permanent freigehalten werden, um spontanes Eingreifen des Operators in die automatisierte Fahrt jederzeit zu gewährleisten. Der Zugang zur Steuereinheit durch Unbefugte muss unterbunden werden. • Der Operator muss die Verkehrssituation während der Fahrt auf der beobachten und das autonome Fahren vorausschauend begleiten, d. h. er muss im autonomen Modus derart wahrnehmungsbereit bleiben, dass er die Fahrzeugsteuerung unverzüglich wieder übernehmen kann, wenn das System ihn dazu auffordert oder wenn er erkennt oder auf Grund offensichtlicher Umstände erkennen muss, dass die Voraussetzungen für eine bestimmungsgemäße Verwendung der automatisierten Fahrfunktionen nicht mehr vorliegen. • Der Operator muss die Punkte auf der einprogrammierten Strecke kennen, an denen eine Bestätigung zur Weiterfahrt notwendig ist, z. B. Rechts-vor-Links-Kreuzungen, Zebrastreifen. • Bei erforderlicher Hindernisumfahrung muss er manuell eingreifen und die Fahrzeugkontrolle auf kurzen Abschnitten übernehmen. • Der Operator kann die Fahrgäste in überschaubaren Verkehrssituationen über das Projekt informieren und Fragen beantworten. Das Führen des Fahrzeuges (bzw. der Kontrolle des automatisierten Fahrens) hat stets Vorrang vor Informationsweitergabe an Fahrgäste. • Über die Zugangsrampe ist der Zu- und Ausstieg für Rollstuhlfahrer, Kinderwagen etc. möglich, allerdings nicht an

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<p>allen Haltestellen nutzbar. Die Bedienung erfolgt durch den Operator [<i>an Funktionsweise des ausgewählten Fahrzeuges anpassen</i>].</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kinderwagen oder Rollstühle können im Bereich der mittleren Sitzplätze entgegen der Fahrtrichtung platziert und gesichert werden [<i>an Funktionsweise des ausgewählten Fahrzeuges anpassen</i>]. Es sollte nicht mehr als ein Kinderwagen oder Rollstuhl mitgenommen werden. Zusätzliche Fahrgäste müssen auf den nächsten Umlauf verwiesen werden. • Klimaanlage und Heizung müssen bei Bedarf vom Operator manuell bedient werden [<i>an Funktionsweise des ausgewählten Fahrzeuges anpassen</i>]. • Sollte der angenehme Aufenthalt der Fahrgäste durch den Ausfall der Klima- oder Heizungsanlage gefährdet sein, muss der Operator [<i>verantwortliche Person einfügen</i>] über die Störung informieren und ggf. den Betrieb einstellen (s. Punkt 12). Der Zwischenfall ist im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). • Bei Betriebsschluss ist der Fahrgastbetrieb zu beenden und die Parkposition anzusteuern.

5.3.7 Nachbereitende betriebliche Tätigkeiten

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator	<p>10 Absicherung des Fahrzeugs und Ladevorgang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu Betriebsende muss der Operator das Fahrzeug im manuellen Modus/im autonomen Modus [<i>an Funktionsweise des ausgewählten Fahrzeuges anpassen</i>] auf den Abstell-/Ladeplatz manövrieren. • Folgende Handlungen sind durchzuführen: <ul style="list-style-type: none"> • korrektes Abstellen überprüfen, ggf. die Parkposition manuell ändern, • System gem. Herstellerangaben herunterfahren, • Zählgerät, Handy, Schreibutensilien und Fernbedienung im Lagerraum verstauen, • das Ladekabel aus dem Lagerraum holen. • Das Fahrzeug muss durch den Operator an die Ladestation angeschlossen werden und ggf. der Ladevorgang gestartet werden.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> • Das Kabel ist immer zuerst mit dem Fahrzeug und dann mit der Ladestation zu verbinden. Ladekabel müssen komplett ausgerollt werden und es dürfen keine offensichtlichen Beschädigungen vorliegen. • Brand- oder Verletzungsgefahr: Während des Ladevorgangs sind keine Arbeiten im oder am Fahrzeug vorzunehmen (wie Reinigung, Arbeiten an der Elektroinstallation oder dem Motorraum, etc.) und es dürfen sich keine Fahrgäste im Fahrzeug aufhalten. • Das Fahrzeug muss durch den Operator ordnungsgemäß verschlossen werden und der Schlüssel [<i>Ort einfügen</i>] abgegeben werden. • Vorgehensweise gem. Herstellerangaben (siehe Punkt 3) ist zu beachten.
Operator	<p style="text-align: center;">11 Tagesbericht</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Operator hat den Tagesbericht auszufüllen (siehe Anhang). • Es müssen alle Störungen und Komplikationen sowie die im Tagesbericht genannten Angaben (km-Leistung, Akkustand, Anzahl Fahrgäste, etc.) dokumentiert werden. • Neue Tagesbericht-Vorlagen werden durch [<i>verantwortliche Person einfügen</i>] ausgegeben.

5.3.8 Besondere Ereignisse

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">12 Einstellung des Betriebs</p> <ul style="list-style-type: none"> • In Abstimmung mit [<i>verantwortliche Stelle einfügen</i>] kann bei besonderen Vorkommnissen der Betrieb eingestellt werden. • Die Fahrgäste im Fahrzeug müssen vom Operator über das weitere Vorgehen informiert werden. • Der sichere Ausstieg der Fahrgäste ist zu gewährleisten. • Wenn möglich wird das Fahrzeug gesichert auf festem Untergrund in einem verkehrsberuhigten Bereich (Fahrbahnrand) abgestellt und die Warnblinkanlage eingeschaltet. Das Fahrzeug ist beim Verlassen abzuschließen. • [<i>verantwortliche Stelle einfügen</i>] kümmert sich, wenn nötig, um das Abschleppen des Fahrzeuges zur Ladestation.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> entscheidet, ob ein Ersatzfahrzeug bereitgestellt werden kann.
<p>Projektleiter; Operator</p>	<p>13 Witterungsbedingte Betriebseinschränkung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Witterungsbedingungen können den Betrieb einschränken. • Bei folgenden Extremwitterungen kann der Betrieb nicht stattfinden oder muss eingestellt werden: <ul style="list-style-type: none"> • Außentemperaturen unter -10°C oder über +40°C • Starkregen • Schneefall • Starke Windböen • Eis/Glätte: Der Winterdienst bekommt durch den Betreiber genaue Anweisungen zur Schneeräumung. • Nebel, Rauch oder Dunst • Großflächige Wasserflächen auf der Fahrbahn sind auf die Durchfahrmöglichkeit zu überprüfen. Die Wasserhöhe darf die Karosserie nie erreichen. Bei Wasserdurchfahrten können Teile des Fahrzeugs wie z. B. Elektroantrieb, Fahrwerk oder Elektrik stark beschädigt werden. • Der Operator kontaktiert bei Extremwitterungen <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i>, der entscheidet, ob eine Einstellung des Betriebes notwendig wird bzw. der Betrieb nicht aufgenommen werden kann. • Sollte dieses im laufenden Betrieb erfolgen, ist nach Punkt 12 vorzugehen.
<p>Operator; Projektleiter</p>	<p>14 Nothalt</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Nothalt-Taster lösen bei Betätigung eine Notbremsung aus und sind sowohl im manuellen als auch im Automatikbetrieb jederzeit aktiv. ▪ Die Warnblinkanlage wird beim Nothalt automatisch eingeschaltet. ▪ Nach einer Notbremsung können die Türen auf die übliche Weise zum Verlassen des Fahrzeugs verwendet werden. Bei einem Ausfall müssen die Türöffnungssysteme zur manuellen Entriegelung benutzt werden. ▪ Weitere Hinweise sind den Herstellerunterlagen zu entnehmen (siehe Punkt 3).

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sollte die Fahrt beendet werden, verfahren wie in Punkt 12. ▪ Sollten Personen oder Sachen zu Schaden gekommen sein, verfahren wie in Punkt 17. ▪ <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> ist bei einem Nothalt ohne erkennbaren Grund zu kontaktieren oder wenn das Fahrzeug bei einem Hindernis nicht eigenständig bremst. ▪ Der Zwischenfall ist vom Operator im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11).
Operator	<p style="text-align: center;">15 Aktivierung Warnblinkanlage</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Warnblinker schalten sich im Regelfall bei im Fahrzeugsystem definierten Abläufen ein. ▪ Bei Betätigung der Nothalt-Taster schalten sich die Warnblinker automatisch ein. ▪ Bei jedem außerplanmäßigen Halt, der ein Eingreifen des Operators bedingt, sind die Warnblinker über Operator-Panel oder Fernbedienung zu aktivieren.
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">16 Mängel-/Störungsmeldungen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mängel und Störungen am Fahrzeug müssen durch den Operator an <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> gemeldet werden. ▪ Mögliche Störungen sind: <ul style="list-style-type: none"> • Probleme beim Öffnen der Tür: Öffnet die Tür nicht automatisch, so muss diese manuell durch den Operator gem. Herstellerangaben geöffnet werden (siehe Punkt 3). Vor erneuter Betriebsaufnahme ist ein Funktionstest der Tür durchführen. • Probleme beim Schließen der Tür: Sollte die Tür nicht schließen, augenscheinliche Begutachtung und Wiederholung des Schließvorgangs. • Systemabsturz/Lokalisierungsverlust: Schritte zum Neustart/Lokalisierung gem. Herstellerangaben durchführen (siehe Punkt 3) • Vollständige Entladung der Batterie • Störungen an der Ladesäule: Bei Störungen der Ladesäulen informiert der Operator <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i>. Dieser kontaktiert den Ladesäulenhersteller. Die Behebung obliegt dem Hersteller.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Fahrzeug ist bei Unterbrechungen des Betriebsablaufes möglichst immer an der Ladestation abzustellen. Sollte ein Weiterbetrieb nicht möglich sein, wird verfahren wie in Punkt 12 beschrieben. ▪ Sämtliche Mängel- und Störungsmeldungen sind vom Operator zu dokumentieren und <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> zu übergeben. ▪ Zur Dokumentation von Mängeln sind Meldescheine zu nutzen <i>[Formulare im Anhang einfügen]</i>. Besondere Vorkommnisse/Störungen sind im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). ▪ Sollten Reparaturen notwendig sein oder das Fahrzeug abgeschleppt werden, leitet <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> die nötigen Schritte ein. ▪ <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> meldet Mängel und Störungen an den Fahrzeughersteller.
Operator; Projektleiter	<p>17 Verkehrsunfall mit Sach- oder Personenschäden</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei einem Unfall mit Personenschäden, die nicht den Operator betreffen bzw. sein Handeln einschränken, sind folgende Schritte einzuhalten: <ul style="list-style-type: none"> • Absichern der Unfallstelle durch Aktivieren der Warnblinkanlage • Notruf absetzen unter der Nummer 112: Wer ruft an? Wo ist der Einsatzort? Was ist passiert? Wie viele Verletzte? Welche Art der Verletzung? • Polizei verständigen bei Unfällen mit Toten, Verletzten aber auch bei Sachschäden Dritter unter der Nummer 110 • Evakuierung des Fahrzeugs ▪ Dies gilt für leicht bis schwer verletzte Personen: <ul style="list-style-type: none"> • Als Leichtverletzter gilt ein Verunglückter, bei dem durch die Unfalleinwirkung ärztliche Behandlung oder ein Krankenhausaufenthalt von unter 24 Stunden erforderlich ist. • Als Schwerverletzter gilt ein Verunglückter, der für mehr als 24 Stunden im Krankenhaus behandelt wird.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für Einsätze von Rettungskräften, z. B. bei Brand oder im Fahrzeug eingeschlossenen Personen, sind in den Fahrzeugen fahrzeugspezifische Rettungskarten mitzuführen, die im Notfall an die Rettungskräfte übergeben werden müssen. ▪ Anschließend erfolgt bei Personenschäden und bei Sachschäden unverzüglich eine Meldung des Operators an die Projektleitung. ▪ Ggf. kann der Betrieb fortgesetzt werden. Bei einer Stilllegung wird nach Punkt 12 verfahren. ▪ Die Versicherung muss in Kenntnis gesetzt werden. ▪ Das Vorkommnis ist vom Operator im Tagesbericht zu dokumentieren (Punkt 11). ▪ Weitere Schritte durch den Operator: <ul style="list-style-type: none"> • Unfallfolgen feststellen und festhalten (bspw. durch Fotos), • Unfallbericht ausfüllen (siehe Anhang 12). ▪ Zur Dokumentation von Sachschäden am Fahrzeug sind Meldescheine zu nutzen [<i>Formulare im Anhang einfügen</i>]. ▪ Verwendete Materialien (Feuerlöscher, Erste-Hilfe-Materialien) sind durch [<i>verantwortliche Stelle einfügen</i>] erneut zur Verfügung zu stellen.
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">18 Meldung von Arbeitsunfällen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Unfallanzeigen, die das Personal betreffen, müssen [<i>verantwortliche Stelle einfügen</i>] gemeldet werden. ▪ [<i>verantwortliche Stelle einfügen</i>] lässt die Verletzung in das Verbandbuch eintragen.
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">19 Verhalten bei Rauchentwicklung/Brand</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei Rauchentwicklung am oder im Fahrzeug ist die Fahrt sofort durch einen Nothalt zu unterbrechen. ▪ Evakuierung des Fahrzeugs: Nach einer Notbremsung können die Türen auf die übliche Weise zum Verlassen des Fahrzeugs verwendet werden. Bei einem Ausfall müssen die Türöffnungssysteme zur manuellen Entriegelung benutzt werden. ▪ Wenn notwendig wird durch den Operator der Feuerlöscher bedient. Ggf. ist die Feuerwehr unter der Nummer 112 zu alarmieren.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für Einsätze von Rettungskräften, z. B. bei Brand oder im Fahrzeug eingeschlossenen Personen, sind in den Fahrzeugen fahrzeugspezifische Rettungskarten mitzuführen, die im Notfall an die Rettungskräfte übergeben werden müssen. ▪ Der Betrieb wird eingestellt und der Operator informiert <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i>. ▪ <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> entscheidet, ob ein Ersatzfahrzeug bereitgestellt wird/werden kann. ▪ <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> kümmert sich um das Abschleppen des Fahrzeuges zur Ladestation. ▪ Der Zwischenfall ist vom Operator im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). ▪ Verwendete Materialien (Feuerlöscher, Erste-Hilfe-Materialien) sind durch <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> erneut zur Verfügung zu stellen.
Operator	<p>20 Verhalten bei akut gesundheitlichen Beeinträchtigungen eines Fahrgastes</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei akut gesundheitlichen Beeinträchtigungen eines Fahrgastes ist die Fahrt sofort zu unterbrechen. ▪ Ein Notruf ist abzusetzen unter der Nummer 112: Wer ruft an? Wo ist der Einsatzort? Was ist passiert? Wie viele Erkrankte? Welche Art der Erkrankung? ▪ Nach Eintreffen der Rettungskräfte wird der Betrieb gem. Punkt 12 eingestellt. ▪ Verwendete Erste-Hilfe-Materialien sind durch <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> erneut zur Verfügung zu stellen. ▪ Der Vorfall ist vom Operator im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11).
Operator	<p>21 Verhalten bei Randalen im Fahrzeug und Überfall</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sollten Fahrgäste randalieren, stark angetrunken sein oder sich sonst unsachgemäß verhalten, sind diese durch den Operator des Fahrzeuges zu verweisen. ▪ Der Konsum von Rauschmitteln im Fahrzeug ist verboten. Bei Zuwiderhandlungen sind die betreffenden Fahrgäste dem Fahrzeug zu verweisen. ▪ Bei einer Eskalation ist der Betrieb zu unterbrechen, das Fahrzeug zu evakuieren und die Polizei zu benachrichtigen.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Im Falle eines Überfalls ist durch den Operator keine Eigeninitiative zu leisten. Die geforderten Gegenstände sind auszuhändigen. Anwesende Personen sind zu beruhigen. ▪ Auf besondere Merkmale des Täters ist zu achten. ▪ Polizei verständigen, sobald der Täter außer Sicht- und Hörweite ist. ▪ Der Zwischenfall ist im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11) und an die Projektleitung zu melden.
Projektleiter; Operator	<p style="text-align: center;">22 Streckensperrung</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei geplanten Streckensperrungen werden die betroffenen Streckenteile ausgelassen. ▪ Die geplante Streckensperrung ist dem Operator durch <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> mitzuteilen. ▪ Das Fahrzeug muss mit manueller Unterstützung ausweichen oder in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden einen anderen Linienweg nehmen. ▪ Sollte keine Umfahrung möglich sein, wird nach Punkt 12 verfahren.
Operator; Projektleiter	<p style="text-align: center;">23 Hindernis auf der Strecke</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sollte ein Hindernis (z. B. Falschparker, in den Fahrweg ragende Fahrzeuge, Gegenstände) auf der Streckenführung nicht direkt im Fahrweg liegen, sollte der Operator im manuellen Modus an dem Hindernis vorbeifahren. ▪ Hindernisse, die nicht durch den Operator entfernt werden können, sind an <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> zu melden. Gemeinsam wird entschieden, wie mit häufiger auftretenden störenden Hindernissen verfahren werden soll (z. B. Rückschnitt von Grünpflanzen). ▪ Falschparker sollten unverzüglich <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> gemeldet werden. ▪ Sollte ein Ausweichen nicht möglich sein und der Betrieb nicht weitergeführt werden können, so wird nach Punkt 12 verfahren. ▪ Der Zwischenfall ist im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). ▪ Nach Beseitigung des Hindernisses wird der Betrieb wieder aufgenommen.

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Operator	<p>24 Verhalten bei blockierter Haltestelle</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Zugänglichkeit der Haltestellen wird in der anfänglich durchgeführten Proberunde getestet, siehe Punkt 8. ▪ Das Fahrzeug steuert die blockierte Haltestelle nicht an. ▪ Der Operator informiert die Fahrgäste über den ausfallenden Halt. ▪ Zwischenfälle sind im Tagesbericht zu dokumentieren (s. Punkt 11). ▪ Dauerhaft blockierte Haltestellen sind an <i>[verantwortliche Stelle einfügen]</i> zu melden.
Operator	<p>25 Rettungswagen-Einsatz</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sollte es zu einem Einsatz mit Rettungswagen auf der Streckenführung des Fahrzeuges kommen, so ist dieses durch den Operator an geeigneter Stelle zu stoppen oder manuell an den Fahrbahnrand zu manövrieren. ▪ Sofern keine geeignete Umfahrung vorhanden, wird die Fahrt unterbrochen. Hier wird nach Punkt 12 verfahren.
Operator	<p>26 Umgang mit Fundsachen</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fundsachen sind vom Operator entgegenzunehmen und mit der Schlüsselerückgabe im Lagerraum aufzubewahren.

5.3.9 Service und Wartung

Zuständig	Beschreibung des Vorgehens
Hersteller; Projektverantwortliche	<ul style="list-style-type: none"> • Sämtliche Teile werden durch den Hersteller instandgesetzt. • Die Projektleitung meldet Störungen an den Hersteller, dieser handelt nach definierten Anforderungen im Wartungs- und Servicevertrag.

6 WEITERE SCHRITTE

Im Nachgang der in diesem Bericht beschriebenen Arbeitsschritte und der zusammengetragenen Ergebnisse müssen folgende Schritte durchgeführt werden.

(1) Klärung eines möglichen Betreibers

- Vorteilhaft wäre, wenn die VTF als im Landkreis Teltow-Fläming ausführendes Verkehrsunternehmen, diese Aufgabe übernimmt. Alternativ kommen andere Verkehrsunternehmen oder Dienstleister in Frage, die Erfahrung im Betrieb mit automatisierten Bussen aufweisen (z. B. Keolis, Transdev, BVG, Autonomous Mobility).

(2) Abklärung Fahrzeugbeschaffung

- Nach der Klärung eines Betreibers gilt es gemeinsam mit diesem das Vergabeverfahren für die Fahrzeugbeschaffung abzuklären. Hierfür muss ein Lasten- und Pflichtenheft die konkreten Anforderungen aufzeigen.
- Bezugnehmend auf die geforderten Anforderungen müssen Fahrzeughersteller angeschrieben werden, die bekanntermaßen diese Anforderungen am ehesten erfüllen können. Es müssen Absprachen erfolgen, welche Hersteller das gewünschte Fahrzeug fristgerecht liefern kann. Angebote sind einzuholen.

(3) Fahrzeugbeschaffung und Genehmigung

- Anhand der im vorherigen Schritt aufgelisteten fahrzeugseitigen Anforderungen und der gewünschten Streckenanforderungen muss ein Genehmigungsverfahren nach PBefG vorbereitet werden.
- Auf Grundlage der Angebote der Fahrzeughersteller wird ein Fahrzeug ausgewählt und bestellt.
- Fahrzeugabhängig wird der Zulassungsprozess StVZO betrieben. Diese Zulassung erfolgt Fahrzeug- und Streckenabhängig.
- Im Anschluss daran kann ein PBefG-Antrag formuliert und gestellt werden.

(4) Begleiter und Schulungen

- Parallel zur genehmigungsrechtlichen Klärung muss eine Auswahl und Schulung der Operator erfolgen. Die Schulungen werden in der Regel durch die Fahrzeughersteller angeboten. Nur wer diese erfolgreich absolviert darf als Begleiter auf den Fahrzeugen arbeiten.
- Wie dieses Personal gewonnen werden kann, muss mit dem Betreiber abgeklärt werden.

(5) Infrastruktur

- Die infrastrukturelle Herrichtung der Strecke muss erfolgen und die Finanzierung sowie Genehmigung geregelt werden. Es müssen (ggf. temporäre) Haltestellen errichtet werden, infrastrukturelle Anpassungen erfolgen (Straßenbelag, Markierungen u. ä.) und Lade- bzw. Abstellplätze vorbereitet werden.

ANLAGEN

Anlage 1: Stufe 1 – Systemquerschnitt B-B und D-D

Anlage 2: Unterlage 16.2 – Schleppkurven Ausweichstellen

Anlage 3: Unterlage 16.3 – Schleppkurven Ausweichstellen

Anlage 4: Kostenschätzung Stufe 1 – Ausweichstelle Abschnitt 1

Anlage 5: Kostenschätzung Stufe 1 – Fahrbahndecke

Anlage 6: Stufe 1 – Variante 1.1 - Beginn P+R-Anlage inkl. Variante 3.1 Bushalte am Wirtschaftsweg am Rondell

Anlage 7: Stufe 1 – Variante 1.2 - Beginn P+R-Anlage inkl. Variante 3.1 Bushalte am Wirtschaftsweg am Rondell

Anlage 8: Stufe 1 – Variante 1.3 - Beginn P+R-Anlage inkl. Variante 3.1 Bushalte am Wirtschaftsweg am Rondell

Anlage 9: Stufe 1 – Variante 2.1 - Beginn Hinter Schranke inkl. Variante 3.1 Bushalte am Wirtschaftsweg am Rondell

Anlage 10: Stufe 1 – Variante 2.2 - Beginn Hinter Schranke inkl. Variante 3.1 Bushalte am Wirtschaftsweg am Rondell

Anlage 11: Lastenheft

Anlage 12: Risikoanalyse Stufe 1 und 2

Anlage 13: Stufe 2 – Systemquerschnitt A-A und C-C

Anlage 14: Unterlage 3.1 – Übersichtslageplan

Anlage 15: Unterlage 3.2 – Übersichtslageplan

Anlage 16: Unterlage 3.3 – Übersichtslageplan

Anlage 17: Unterlage 16.1 – Lagepläne Bushaltestellen Varianten 1.1, 1.2, 1.3, 2.1, 2.2

Anlage 18: Unterlage 16.4 – Lagepläne Bushaltestellen 3.1

Anlage 19: Unterlage 16.5 – Übersichtslageplan Ladestation ASOS

Anlage 20: Stufe 2 – Systemquerschnitt A-A, B-B und C-C

QUELLENVERZEICHNIS

- Balzer, Paul (2014): *Fahrzeugumfeldsensorik: Überblick und Vergleich zwischen Lidar, Radar, Video*. <http://www.cbcity.de/fahrzeugumfeldsensorik-ueberblick-und-vergleich-zwischen-lidar-radar-video>. Zugegriffen am 24. Januar 2018.
- Gasser, Tom Michael (2015): *Grundlegende und spezielle Rechtsfragen für autonome Fahrzeuge*. In: Maurer, M.; Gerdes, J.C.; Lenz, B. und Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg, S. 543–574. Verfügbar unter <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45854-9>, zugegriffen am 7. Juni 2016.
- IKEM, (Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität) (2017): Bericht zum Workshop „Zulassung von fahrerlosen Fahrzeugen“. Berlin.
- Röhrleef, Martin (2017): *Zukunftsvision Öffentlicher Verkehr: Welche Rolle spielt das Autonome Fahren?* Verfügbar unter https://www.vdv-akademie.de/fileadmin/PDF/TagungenSeminare/2017_2_VDV_Zukunftskongress_Autonomes_Fahren_im_OEV/Roehrleef_ZukunftsvisionOEV.pdf, zugegriffen am 7. Juli 2017.
- StVG (Straßenverkehrsgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 5. März 2003 (BGBl. I: 310, 919), zuletzt geändert durch Artikel 6 des Gesetzes vom 17. August 2017 (BGBl. I: 3202)
- StVZO (Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung) vom 26. April 2012 (BGBl. I: 679), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 20. Oktober 2017 (BGBl. I: 3723)
- VDV, (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen) (2015): *Zukunftsszenarien autonomer Fahrzeuge. Chancen und Risiken für Verkehrsunternehmen*. Köln. Verfügbar unter <https://www.vdv.de/position-autonome-fahrzeuge.pdf>, zugegriffen am 4. Juli 2017.
- Winkle, Thomas (2015): *Sicherheitspotenzial automatisierter Fahrzeuge: Erkenntnisse aus der Unfallforschung*. In: Maurer, M.; Gerdes, J.C.; Lenz, B. und Winner, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Berlin, Heidelberg, S. 351–376. Verfügbar unter <http://link.springer.com/10.1007/978-3-662-45854-9>, zugegriffen am 7. Juni 2016.

BILDNACHWEISE

Cube – Continental AG: https://static1.seekingalpha.com/uploads/sa_presentations/514/14514/slides/21.jpg?1505930902

e.Go Mover – e.GO Mobile AG: www.e-go-mobile.com

GRT – 2GetThere: <https://www.2getthere.eu/technology/grt-vehicle-specifications/>

Harry – Westfield Sportcars & Heathrow Enterprises: <https://gateway-project.org.uk/get-involved/>

IAV GmbH: https://www.hochbahn.de/hochbahn/hamburg/de/Home/Naechster_Halt/Ausbau_und_Projekte/projekt_heat

Olli – Local Motors: <https://ucarecdn.com/0f287e4f-84db-41f8-ab8d-3a585009a242/-/resize/990x/>

Sedric – Volkswagen: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Erste-Testfahrt-in-VWs-Roboterauto-Sedric-4079271.html>

Apolong – Baidu & King Long: http://autonews.gasgoo.com/china_news/70014531.html

May Mobility & Magna: <https://maymobility.com/>

Snap – Snap Motion: https://www.rinspeed.eu/de/Snap_48_concept-car.html#l1