

Studie

„Autonomes Fahren Ostfriesland“

Bearbeitungszeitraum: 18.01.2023 bis 30.09.2023



Impressum

AUFTRAGGEBER

Bundesministerium für Digitales und Verkehr
Invalidenstraße 44
10115 Berlin

AUFTRAGNEHMER/VERFASSER

Weser-Ems Busverkehr GmbH (WEB)
Sachsenfeld 4
20097 Hamburg

UNTERSTÜTZUNG DURCH

DB Regio Straße
Innovative Verkehrskonzepte
Elisabethstraße 16
85051 Ingolstadt

SPERRVERMERK

Die vorgelegte Machbarkeitsstudie beinhaltet vertrauliche Informationen und Daten der aufgeführten Projektpartner.

Eine Vervielfältigung und Veröffentlichung der Machbarkeitsstudie ist auch auszugsweise nicht erlaubt.

Dritten darf diese Studie nur mit der ausdrücklichen Genehmigung der Verfasser zugänglich gemacht werden.

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Die Region Ostfriesland	2
Abbildung 2: Die Level des autonomen Fahrens	6
Abbildung 3: Ökosystem autonomes Fahren	9
Abbildung 4: Entwurf Streckenverlauf Norden-Norddeich	11
Abbildung 5: Entwurf Streckenverlauf Schillig.....	13
Abbildung 6: Buchungsverlauf Wohin-Du-Willst.....	14
Abbildung 7: Alpitronic Hypercharger 400kW Ladeleistung	17
Abbildung 8: Kostenschätzung Ostfriesland	20

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Kurzvorstellung des Projektgebietes	2
1.2	Anforderungen des Projektgebietes an die Mobilität der Zukunft.....	3
2	Grundlagen des autonomen Fahrens im ÖPNV	4
2.1	Aktueller Stand des autonomen Fahrens.....	4
2.2	Autonome Mobilität als Wegbereiter	5
2.3	Die Level des autonomen Fahrens.....	6
2.4	Status Quo - Rechtliche Lage.....	7
2.5	Das Ökosystem „Autonomes Fahren“	8
2.6	Herstellerübersicht	9
3	Streckenauswahl.....	10
3.1	Streckenverlauf Norden - Norddeich.....	10
3.2	Streckenverlauf Schillig	12
4	Mobilitätsplattform: Wohin-Du-Willst-App	13
5	Betriebskonzept.....	14
5.1	Depot/Fahrzeugunterstellung	15
5.2	Ladeinfrastruktur	16
5.3	Service & Wartung	17
6	Zeitplan	19
6.1	Umsetzungsverlauf.....	19
6.1.1	Wann startet die Umsetzung?	19
6.1.2	Teststart.....	19
6.1.3	Betriebsstart.....	19
7	Kostenschätzung.....	20
8	Handlungsempfehlung / Fazit.....	22
	Anhang.....	23

1 Einleitung

Mittel- und Kleinstädte stehen immer häufiger Herausforderungen, wie einem ungenügenden und finanzierbarem öffentlichen Personennahverkehr, gegenüber. Aufgrund verschiedener Faktoren, wie beispielsweise dem demographischen Wandel, kommt es häufig zu Veränderungen in der Nachfrage im ÖPNV und folglich der Herausforderung, trotz schwankender Auslastungen ein attraktives und bezahlbares Angebot bereitstellen zu können. Um sich den Herausforderungen zukünftig stellen zu können, gilt es eine flexible und innovative Angebotsstrategie zu entwickeln, um den ÖPNV langfristig zu gestalten.

Das der Projektidee zugrunde liegende Zukunftsszenario ist ein multimodaler öffentlicher Personennahverkehr, der eine flächendeckende Versorgung mit kurzen Fahrzeiten und kurzen Taktzeiten bei günstigen Betriebskosten und für den Endkunden akzeptablen Ticketpreisen ermöglicht. Hauptverkehrsachsen werden mit kurzen Taktzeiten und hoher Kapazität bedient. „Randgebiete“ werden mit Zubringerdiensten an die Hauptverkehrsachsen angebunden. Zubringerdienste fahren fahrplangebunden und bedarfsgesteuert – zukünftig autonom. Ergänzt wird das gesamte System durch innovative und neuartige Verkehrsdienstleistungen.

Die individuelle und persönliche Mobilität ist dabei seit jeher ein zentrales Bedürfnis des Menschen. Doch Mobilität ist im Wandel. Eine der größten und fundamentalsten Herausforderungen ist der Kampf gegen den Klimawandel. Der Mobilitätssektor muss hier einen erheblichen Anteil leisten. So verlangt der zu verabschiedende „Green Deal“ der Europäischen Kommission eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes in Europa von mindestens 55% bis 2030 im Vergleich zu 1990 und 2017 (WETTACH 2021). Bis zum Jahr 2050 soll Europa gänzlich klimaneutral sein. Das Emissionsziel für den Mobilitätssektor in Deutschland sieht bis dahin – basierend auf der Pariser Klimakonvention – eine Reduktion der Emissionen um 42% im Vergleich zu den Jahren 1990 und 2017 vor (BMU 2017).

Hinzu kommen gesellschaftspolitische Treiber für eine Transformation des öffentlichen Nahverkehrs und des öffentlichen Raums insgesamt: Bereits heute lebt die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten; bis zum Jahr 2050 sollen es zwei Drittel sein (BPB 2017). Stadtzentren sind überfüllt, es kommt regelmäßig zu Staus und immer mehr motorisierte Fahrzeuge besetzen den öffentlichen Raum. Es gilt, die Anzahl der Fahrzeuge zu reduzieren, um den ständigen Verkehrskollaps abzuwenden und diese Flächen im urbanen Raum freizugeben.

Ein weiterer Faktor ist in diesem Zusammenhang die nach wie vor unzureichende Anbindung von Vorstädten und ländlichen Gegenden an Ballungszentren durch öffentliche Verkehrsmittel, was den Anstieg des Individualverkehrs zusätzlich verstärkt. Und nicht zuletzt führt der zunehmende Fahrermangel bei konventionellen Formen des öffentlichen Nahverkehrs dazu, dass die nötige Frequenz an Fahrten immer weniger adäquat abgebildet werden kann, was in einer weiter steigenden Diskrepanz zwischen Mobilitätsangebot und -nachfrage resultiert. Neue Lösungskonzepte – auch für Norden und Schillig – sind erforderlich.

Ziel dieser Studie zum autonomen Fahren in den beiden Gebieten ist den Einsatz autonomer Shuttlebusse zur Unterstützung und Erweiterung des herkömmlichen ÖPNV im Stadtgebiet und damit einhergehend die Reduzierung des Individualverkehrs in einer topographisch anspruchsvollen Ausgangssituation zu prüfen und zu bewerten.

1.1 Kurzvorstellung des Projektgebietes

Die Region Ostfriesland liegt im äußersten Nordwesten Deutschland und besteht auf den Landkreisen Aurich, Leer, Wittmund, sowie der kreisfreien Stadt Emden. Neben den Landkreisen, sowie der kreisfreien Stadt umfasst Ostfriesland, aufgrund der Küstenlage, die ostfriesischen Inseln Borkum, Juist, Norderney, Baltrum, Langeoog, Wangerooge und Spiekeroog.

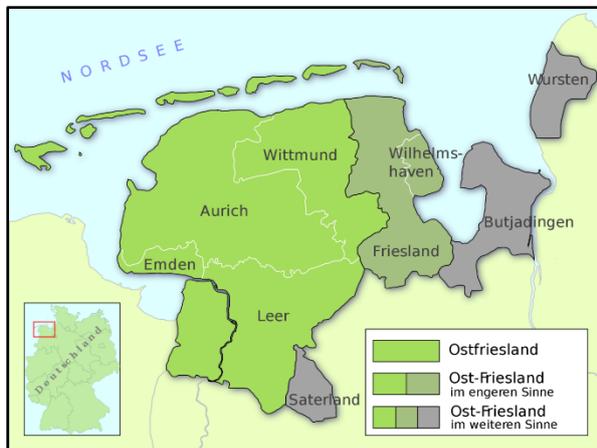


Abbildung 1: Die Region Ostfriesland

Ostfriesland beheimatet 475.315 Einwohner mit einer Einwohnerdichte von 150 Einwohnern pro Quadratkilometer. Hierbei ist besonders auffallend, dass die Region Ostfriesland nicht von einer größeren Stadt dominiert wird, sondern von fünf mittelgroßen Städten. Diese Städte sind Emden, Aurich, Leer, Norden und Wittmund.

Das Projektgebiet ist Teil der ostfriesischen Halbinsel sowohl mit der Stadt Norden, insbesondere dem Stadtteil Norddeich, sowie dem Ort Schillig mit der Verbindung nach Wilhelmshaven.

Schillig ist ein an der Küste gelegener Badeort im Landkreis Friesland und liegt vor der Insel Wangerooge. Schillig zählt 113 Einwohner, jedoch einen signifikanten Anteil an Feriengästen. Beispielsweise findet sich in Schillig der einer größten Campingplätze Europas. In der Region Schillig (Gemeinde Wangerland) finden zudem jährlich über 2 Millionen Übernachtungen von knapp über 320.000 Urlaubern statt.

Norddeich ist ein Stadtteil der Stadt Norden und zählt 1264 Einwohner aus dem Stadtteil Norddeich, bei einer Bevölkerungsdichte von 121 Einwohner pro Quadratkilometer. Die Stadt Norden gehört zum Landkreis Aurich und hat 25.179 Einwohner, bei einer Bevölkerungsdichte von 237 Einwohner pro Quadratkilometer. Der Stadtteil Norddeich ist ein staatlich anerkanntes Nordseebad und ist von großer Bedeutung für den Tourismus in Niedersachsen. Jährlich gelangen 2,3 Millionen Menschen und 175.000 Fahrzeuge über den Personenhafen Norddeich auf die Inseln Juist und Norderney. Damit verfügt Norddeich über den drittgrößten Personenhafen Deutschlands. Durch die direkte Anbindung zum „UNESCO Weltnaturerbe Wattenmeer“ verzeichnet der Stadtteil Norddeich ebenfalls ein hohes Aufkommen an Touristen. Im Jahr 2022 wurde das höchste Übernachtungsergebnis mit knapp über 2 Millionen Übernachtungen bei knapp über 300.000 Gästen erzielt.

(Quellen: <https://de.wikipedia.org/wiki/Ostfriesland> ,/ <https://de.wikipedia.org/wiki/Schillig> ,/ [https://de.wikipedia.org/wiki/Norden_\(Ostfriesland\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Norden_(Ostfriesland)) ,/ <https://de.wikipedia.org/wiki/Norddeich> ,/ <https://www.presseportal.de/pm/161586/5436568> ,/ https://www.nwzonline.de/wirtschaft/horumersiel-tourismus-im-wangerland-zum-fuenften-mal-in-folge-die-zwei-millionen-marke-geknackt_a_50,3,3343170326.html; <https://www1.nls.niedersachsen.de/statistik/html/default.asp>)

1.2 Anforderungen des Projektgebietes an die Mobilität der Zukunft

Autos und Busse mit Benzin- oder Dieselantrieb sind traditionell die tragende Säule der Mobilität – dies gilt auch für die Region Ostfriesland. Konsequenzen hieraus sind ein hohes Verkehrsaufkommen mit Zeitverlusten durch Staus und Parkplatzsuche, höheren Unfallrisiken, Umweltbelastung und Flächenverbrauch durch Parkplätze. Die Ansprüche an die Mobilität der Zukunft sind daher vielschichtig: Umweltschonend, lärmarm, grün, kompakt, verfügbar, flexibel, personalisierbar, komfortabel, sicher, verlässlich oder etwa durchmischt. Diese Studie hat das Ziel aufzuzeigen, welche Beiträge der Betrieb autonomer und vollelektrifizierter Bus-Shuttles zu vorgenannten Ansprüchen liefern kann.

Die Anforderungen an ein Projektgebiet für die Mobilität der Zukunft im Rahmen des autonomen Fahrens sind dabei vielfältig und komplex. Zunächst ist eine gut ausgebaute Infrastruktur von entscheidender Bedeutung. Diese sollte nach Möglichkeit auch auf die Bedürfnisse autonomer Fahrzeuge zugeschnitten sein und unter anderem intelligente Verkehrsleitsysteme oder Ladestationen für Elektrofahrzeuge umfassen. Eine zuverlässige Datenkonnektivität ist ebenso unerlässlich, um ein reibungsloses Funktionieren autonomer Fahrzeuge sicherzustellen. Hierbei geht es um die Vernetzung mit anderen Fahrzeugen, der Infrastruktur und der Cloud, um aktuelle Verkehrs- und Umweltdaten in Echtzeit zu nutzen.

Die Sicherheit der Passagiere und der Schutz ihrer Daten haben oberste Priorität. Dies erfordert strenge Cybersicherheitsmaßnahmen sowie klare Regelungen für den Umgang mit personenbezogenen Informationen. Eine barrierefreie Mobilität ist ebenfalls von großer Bedeutung. Autonome Fahrzeuge müssen so gestaltet sein, dass sie von Menschen mit eingeschränkter Mobilität genutzt werden können, und entsprechende Assistenzsysteme den Fahrgästen zur Verfügung stehen.

Umweltfreundlichkeit ist ein weiterer wichtiger Faktor. Autonome Fahrzeuge sollten umweltfreundlich sein, beispielsweise durch den Einsatz von Elektroantrieben. Die nahtlose Integration verschiedener Verkehrsmittel, wie autonomer Busse, Züge und Fahrradverleihsysteme, fördert dabei die Effizienz und Flexibilität des Gesamtsystems. Die öffentliche Akzeptanz von autonomem Fahren ist ebenfalls von großer Bedeutung. Aufklärungskampagnen und die Einbeziehung der Bürgerinnen und Bürger in den Planungsprozess (etwa durch Bürgerforen oder Umfragen) können dazu beitragen.

Schließlich ist die wirtschaftliche Nachhaltigkeit des Mobilitätssystems der Zukunft entscheidend. Dies umfasst die Kosten für den Betrieb und die Wartung autonomer Fahrzeuge sowie die Auswirkungen auf Arbeitsplätze und die lokale Wirtschaft. Zusammen bilden diese Faktoren die Grundlage für die Gestaltung eines Projektgebiets, das die Mobilität der Zukunft im Rahmen des autonomen Fahrens erfolgreich umsetzen kann.

2 Grundlagen des autonomen Fahrens im ÖPNV

2.1 Aktueller Stand des autonomen Fahrens

Mit dem Begriff autonomes Fahren beschreibt man in der Regel selbstfahrende Fahrzeuge oder Transportsysteme, die sich ohne Eingriff des menschlichen Fahrers zielgerichtet fortbewegen. Wie die Entwicklungsstufen zu einem solchen vollautonomen Fahrzeug aussehen, hat die weltweite Vereinigung im Bereich der Mobilitätstechnologie SAE international (Society of Automotive Engineers) bereits 2014 mit einem Standard definiert. Die Stufen (Level) des autonomen Fahrens reichen von Stufe 0 (keine Automatisierung) bis hin zu Stufe 5 (fahrerloses Fahren). Autonome Shuttles vereinen die sich überlagernden Entwicklungen der E-Mobilität, Digitalisierung und der Automatisierung. Die Einsatzgebiete und -szenarien für die zukünftigen technologischen Entwicklungen unterliegen daher aktuell stetigen Veränderungen. Allerdings können bereits heute hochautomatisierte Shuttles in bestimmten Einsatzgebieten als sinnvolle Ergänzung des ÖPNV-Systems fungieren. Die hochkomplexe Technologie wird langfristig ein wesentlicher Bestandteil der Mobilität auf der Straße sein. Kurzfristig können bereits vollautomatisierte Shuttles eingesetzt werden. Diese bezeichnen elektrische Kleinbusse, die durch hochautomatisierte und teilweise autonome Fahrfunktionen im ÖPNV eingesetzt werden können. Die autonomen Shuttles sind mit zahlreichen Sensoren zur Standort- und Umfelderkennung ausgestattet.

Dies ermöglicht es, bestimmte Strecken im öffentlichen Verkehr sicher für die Fahrgäste und die Verkehrsteilnehmer zu befahren. Diese Kleinbusse folgen im Straßenverkehr einer „virtuellen Schiene“, einem vorab aufgezeichneten Streckenabschnitt. Aufgrund des derzeitigen Standes der Fahrzeugtechnik können jedoch noch nicht alle Einsatzgebiete mit den Fahrzeugen abgedeckt werden. Zur Überwachung des Betriebes und zum manuellen Umfahren von Hindernissen auf der Strecke begleitet aktuell noch ein Operator den Fahrbetrieb. Dieser Operator ist in dem fortschrittlichen autonomen System nicht mehr nötig. Dynamische Entwicklungen im Gebiet des autonomen Fahrens werden es in naher Zukunft ermöglichen, dass auch komplexere Einsatzfelder durch autonome Bus-Shuttles abgedeckt werden. Die bereits im Versuchsbetrieb eingesetzten autonomen Fahrzeuge für den Fahrgastbetrieb zeigen auf, welche Einsatzmöglichkeiten bereits kurzfristig für den ÖPNV möglich sind. Autonome Bus-Shuttles eignen sich beispielsweise dazu, die innere Erschließung von Quartieren voranzutreiben. Innerhalb des abgeschlossenen Quartiers kann die Beförderung fast vollständig von autonomen, elektrischen Shuttleverkehren übernommen werden. Autonome Fahrzeugflotten stärken einerseits den ÖPNV und stellen andererseits eine Alternative zum Besitz eines privaten PKW dar.

Auf diese Weise eröffnet sich die Chance für nachhaltige Verkehrskonzepte, die umfassende Mobilität mit deutlich weniger (effizient genutzten) Autos oder Bussen, geringerem Autoverkehr und mehr ÖPNV realisieren. Insbesondere in Randbereichen sind autonome Fahrzeuge als Zu- und Abbringer das geeignete Verkehrsmittel für eine Automatisierung und erste Pilotprojekte. Innerhalb des deutschsprachigen Raums wurden in den letzten Jahren mehrere Pilotprojekte zum Einsatz autonomer Shuttle im ÖPNV initiiert. Laut des Verbands deutscher Verkehrsunternehmen beschäftigen sich allein in Deutschland über 50 Projekte mit dem autonomen Fahren im ÖPNV (VDV 2021). Aus diesen konnten unterschiedliche Erkenntnisse gewonnen werden. Aufgrund des aktuellen Stands der Technik bei einigen Shuttle-Herstellern sind in den meisten Projekten die Geschwindigkeiten der Shuttle mit 18 km/h noch relativ gering.

Durch die niedrigen Geschwindigkeiten wird so oft der tatsächliche Mehrwert für den ÖPNV geschmälert. Die Vielzahl an gestarteten Pilotprojekten, mit dem Hintergrund, autonome Fahrzeuge in den ÖPNV zu integrieren, zeigt, dass autonome Shuttleverkehre die Zukunft des ÖPNV maßgeblich mitbestimmen werden. Die Erhöhung der Akzeptanz sowie eine

Erweiterung der Einsatzmöglichkeiten geht eng einher mit den technischen Fähigkeiten der autonomen Bus-Shuttles. Für die derzeit in Betrieb befindlichen Strecken werden Busse eingesetzt, die einem Level 2-Fahrzeug (teilautomatisiert) entsprechen (siehe Kapitelbeginn). Solche Busse können im öffentlichen Straßenverkehr nur dann zugelassen werden, wenn sich ein sogenannter Safety-Operator an Bord befindet, der notfalls eingreifen und die Fahrzeugführung übernehmen kann. Langfristig können die autonomen Shuttleverkehre zur Vermischung der Grenze zwischen öffentlichem Verkehr und Individualverkehr beitragen und somit die Erreichbarkeiten erheblich verbessern. Gerade das Zurücklegen der „letzten Meile“ bei kleineren Nachfragegebieten wird durch diese Systeme ermöglicht. Die autonomen Bus-Shuttles und autonome Transportsysteme stellen somit einen wichtigen ergänzenden Bestandteil des zukünftigen ÖPNV dar.

2.2 Autonome Mobilität als Wegbereiter

Eines der offensichtlichsten Potenziale des autonomen Fahrens ist die Verbesserung der Verkehrssicherheit. Autonome Fahrzeuge sind mit fortschrittlichen Sensoren und Algorithmen ausgestattet, die eine präzise Umgebungswahrnehmung ermöglichen und potenzielle Unfälle minimieren können. Dies ist besonders wichtig, da der öffentliche Nahverkehr oft in stark frequentierten Gebieten operiert, in denen Fußgänger, Radfahrer und andere Verkehrsteilnehmer präsent sind.

D potenzielle Reduzierung von Verkehrsstaus und Umweltbelastung. Autonome Shuttle-Busse könnten effizientere Routen planen, den Verkehrsfluss optimieren und so die Gesamtverkehrssituation verbessern. Durch eine bessere Auslastung der Fahrzeuge und eine Reduzierung der Leerfahrten könnten auch Treibstoffverbrauch und Emissionen verringert werden, was positiven Einfluss auf die Umwelt hätte.

Darüber hinaus könnten autonome Shuttle-Busse den Zugang zum öffentlichen Nahverkehr für Menschen mit eingeschränkter Mobilität erleichtern. Senioren, Menschen mit Behinderungen oder solche, die keinen Führerschein besitzen, könnten von dieser Technologie profitieren und ihre Mobilität verbessern. Jedoch sind auch einige Herausforderungen zu berücksichtigen. Die Technologie des autonomen Fahrens muss zuverlässig sein, um eine sichere und effiziente Fahrumgebung zu gewährleisten. Softwarefehler, unerwartete Situationen und die Wechselwirkung mit menschlichen Fahrern können immer noch Unsicherheiten hervorrufen.

In diesem Zusammenhang sind Datenschutz und Cybersicherheit ebenfalls wichtige Aspekte. Autonome Fahrzeuge sammeln und verarbeiten eine beträchtliche Menge an Daten, um sicher zu operieren. Es ist von entscheidender Bedeutung, diese Daten vor Missbrauch zu schützen und die Privatsphäre der Nutzer zu gewährleisten.

Insgesamt bietet das autonome Fahren im ÖPNV und speziell in Shuttle-Bussen vielversprechende Potenziale. Durch verbesserte Sicherheit, effizientere Verkehrsnutzung und erhöhte Mobilität für alle Bevölkerungsgruppen könnte diese Technologie den öffentlichen Nahverkehr revolutionieren. Dennoch sind eine sorgfältige Technologieentwicklung, gesetzliche Rahmenbedingungen und die Sicherheit der Hard- und Software unerlässlich, um das Potenzial des autonomen Fahrens voll auszuschöpfen.

2.3 Die Level des autonomen Fahrens

Die Einteilung des autonomen Fahrens in verschiedene Stufen erfolgt gemäß den Richtlinien der Society of Automotive Engineers (SAE). Dabei werden Level 0 bis Level 5 verwendet, um den Grad der Autonomie eines Fahrzeugs zu beschreiben. Die Level 3 bis 5 konzentrieren sich insbesondere auf hochautomatisierte und vollautomatisierte Fahrfunktionen. Hier sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Leveln:

Level 3: Bedingte Automation

Bei Level 3 handelt es sich um bedingte Automation. Das Fahrzeug ist in der Lage, bestimmte Fahraufgaben unter bestimmten Bedingungen autonom auszuführen. Der Fahrer kann jedoch in bestimmten Situationen aufgefordert werden, die Kontrolle zu übernehmen. Das Fahrzeug überwacht die Umgebung und führt die Fahraufgaben aus, erwartet jedoch, dass der Fahrer eingreift, wenn die Systeme an ihre Grenzen stoßen oder eine spezifische Anforderung gestellt wird. Der Fahrer muss daher jederzeit bereit sein, die Kontrolle zu übernehmen.

Level 4: Hohe Automation

Bei Level 4 handelt es sich um hohe Automation. Das Fahrzeug ist in der Lage, die meisten Fahraufgaben selbstständig auszuführen, ohne dass ein Fahrer eingreifen muss. Es kann in den meisten Fahrsituationen autonom fahren und ist in der Lage, mit verschiedenen Verkehrssituationen umzugehen. Es kann jedoch immer noch Situationen geben, in denen das Fahrzeug den Fahrer auffordert, die Kontrolle zu übernehmen. In solchen Fällen muss der Fahrer jedoch genügend Zeit haben, um zu reagieren.

Level 5: Vollständige Automation

Level 5 steht für vollständige Automation. Fahrzeuge auf diesem Level sind in der Lage, alle Fahraufgaben unter allen Bedingungen autonom auszuführen. Es wird keine menschliche Kontrolle mehr benötigt. Das Fahrzeug kann in jeder Situation und Umgebung autonom fahren, sei es auf der Autobahn, in der Stadt oder auf Landstraßen. Fahrer und Insassen können sich während der Fahrt anderen Tätigkeiten widmen oder die Zeit einfach genießen, da keine Überwachung oder Kontrolle mehr erforderlich ist.

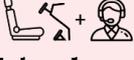
	Level 3	Level 4	Level 5
Erklärung	 Augen frei	 Fahrerlos mit Fernüberwachung	 Fahrerlos
Verantwortung	 Fahrzeug  Rückfallebene Fahrer	 Fahrzeug	 Fahrzeug
Beispiel	Autobahnpiilot	Fahrerservice in definiertem Bedienegebiet	Fahrerservice ohne Gebietsbeschränkung

Abbildung 2: Die Level des autonomen Fahrens

Der Hauptunterschied zwischen Level 3, 4 und 5 liegt in der Fähigkeit des Fahrzeugs, in unterschiedlichen Situationen und Umgebungen autonom zu agieren. Während Level 3 nur bedingte Automation bietet und den Fahrer auffordert, bei bestimmten Situationen einzuschreiten, bietet Level 4 eine hohe Automation mit minimaler Fahrereteiligung, aber möglicher Aufforderung zur Übernahme der Kontrolle. Level 5 hingegen ermöglicht eine vollständige Automation ohne jegliche Fahrereteiligung, unabhängig von den Fahrbedingungen.

2.4 Status Quo – Rechtliche Lage

Nachfolgend wird der Weg vom menschlich gesteuerten Fahrzeug, hin zum komplett autonom fahrenden Shuttle aus rechtlicher Sicht beleuchtet. Hierbei wird insbesondere auf die nötigen Maßnahmen zur Erreichung einer Routenfreigabe im Rahmen des Gesetzes zum autonomen Fahren, dem sog. Level-4-Gesetz eingegangen und aufgezeigt, welche Voraussetzungen für die Zulassung und den Betrieb autonomer Fahrzeuge notwendig sind. Grundsätzlich muss festgehalten werden, dass sich die Zulassungsbedingungen und rechtlichen Anforderungen an autonome Shuttles nach wie vor wandeln.

Für die Zulassung von Kraftfahrzeugen nach der Verordnung zur Genehmigung und zum Betrieb von Kraftfahrzeugen in festgelegten Betriebsbereichen (AFGBV), ist die Fahrzeug-Zulassungsverordnung nach Maßgabe der folgenden Absätze anzuwenden.

Die Zulassung der Fahrzeug-Zulassungsverordnung setzt voraus:

1. eine gültige Betriebserlaubnis für ein Kraftfahrzeug mit autonomer Fahrfunktion
2. eine gültige Genehmigung eines festgelegten Betriebsbereichs
3. das Bestehen einer dem Pflichtversicherungsgesetz entsprechenden Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung.

Im Rahmen des Gesetzes zum autonomen Fahren ist jetzt die Notwendigkeit einer ständigen Person, die im Fahrzeug zugegen sein muss, um die Systeme zu beaufsichtigen, entfallen. Bei dem eingesetzten Shuttle übernimmt jetzt die Technische Aufsicht die Überwachungsfunktion, deren Rolle im Rahmen der AFGBV neu geschaffen wurde.

Das Gesetz zum autonomen Fahren, sowie seine Bedeutung und Auswirkungen für das autonome Fahren wird im weiteren Verlauf dieses Kapitels beschrieben.

Deutschland hat im Mai 2021 mit einer Änderung des Straßenverkehrsgesetzes die rechtlichen Grundlagen für den Betrieb von autonomen Fahrzeugen in festgelegten Betriebsbereichen im öffentlichen Gelände geschaffen. Die zugehörige Autonome-Fahrzeug-Genehmigungs- und Betriebsverordnung (AFGBV) knüpft dabei an die StVG-Novelle 2021 an.

Die wichtigsten Punkte der AFGBV, die am 20.05.22 im Bundesrat verabschiedet wurden und am 30.06.22 in Kraft getreten sind, werden im Folgenden zusammengefasst:

- Der Hersteller eines Kraftfahrzeuges mit autonomer Fahrfunktion hat ein Sicherheitskonzept aufzustellen und die Sicherheit gegenüber dem Kraftfahrt-Bundesamt nachzuweisen.
- Der Halter oder Betreiber des Fahrzeugs hat sicherzustellen, dass nach einem morgendlichen Erststart eine erweiterte Abfahrtskontrolle erfolgt. Dabei werden insbesondere die sicherheitsrelevanten Bauteile auf ihre Funktionen überprüft.
- Der Halter oder Betreiber des Fahrzeugs hat sicherzustellen, dass bei Arbeiten am Fahrzeug (z.B. Abfahrtskontrolle, Service, Wartung, etc.) ausschließlich geeignete Personen eingesetzt werden.

Für den regulären Betrieb der Fahrzeuge ist entsprechend dem Gesetz zum autonomen Fahren geeignetes technisches Personal erforderlich, welches die Systeme überwacht und für einen sicheren Betrieb verantwortlich ist.

Hier sind lt. der AFGBV nachfolgende Rollen vorgesehen (Stand 07/2023):

Technische Aufsicht: Eingesetzte natürliche Person, die zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben nach §1f Abs. 2 des Straßenverkehrsgesetzes geeignet sein muss. Die Technische Aufsicht beaufsichtigt die Funktionalität des Systems oder delegiert diese. Falls die Funktionalität nicht der Soll-Funktionalität entspricht, ergreift die Technische Aufsicht entsprechende Maßnahmen. Die Aufgaben der Technischen Aufsicht umfassen außerdem die Sicherstellung einer korrekt durchgeführten Kontrolle im Rahmen des morgendlichen Systemstarts.

Die als Technische Aufsicht eingesetzte natürliche Person darf sich mit Zustimmung des Halters zur Erfüllung ihrer Pflichten weiterer geeigneter natürlicher Personen bedienen, die über mindestens drei Jahre Berufserfahrung im Bereich des Verkehrs- oder Kraftfahrzeugwesens verfügen. Zudem müssen diese Personen einmal jährlich an den AD-Fahrfunktionen geschult werden, darunter versteht man beispielsweise Themen wie die Manöverfreigabe oder Fahrzeugüberwachung.

Durchführung der technischen und organisatorischen Maßnahmen: die dafür verantwortlichen Personen sind ausgebildete Kraftfahrzeugmechaniker mit Meistertitel. Diese Personen führen täglich vor Betriebsbeginn eine erweiterte Abfahrtskontrolle durch, tragen Sorge dafür, dass die Reparatur- und Wartungsintervalle eingehalten werden und veranlassen alle 90 Tage eine Gesamtprüfung inklusive der Dokumentationspflichten.

Des Weiteren wird Personal für Arbeiten benötigt, die vor oder nach Ende des regulären Betriebs stattfinden. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um entsprechend qualifiziertes Servicepersonal sowie Reinigungskräfte. Die technische Entwicklung des Shuttles basiert auf der Grundlage der gesetzlichen Vorgaben.

Im Personenbeförderungsgesetz (PBefG) wird die entgeltliche oder geschäftsmäßige Beförderung von Personen geregelt. Dies trifft auch auf die Personenbeförderung durch automatisierten Shuttleverkehr zu. Hierbei wird grundsätzlich zwischen Personenkraftwagen (Beförderung von nicht mehr als neun Personen - einschließlich Fahrer) sowie Kraftomnibussen (mehr als neun Personen - einschließlich Fahrer) unterschieden. Die Kapazität des Shuttles (in jeglicher Ausprägung) bedarf somit der Einstufung als Kraftomnibus. Im Gesetzestext wird der Linienverkehr dabei als ständige Verbindung zwischen bestimmten Ausgangs- und Endpunkten beschrieben, auf der Fahrgäste an bestimmten Haltestellen ein- und aussteigen können. Da dies nicht voraussetzt, dass ein Fahrplan mit bestimmten Abfahrts- und Ankunftszeiten besteht oder Zwischenhaltestellen eingerichtet sind, fällt der Betrieb von autonomen Shuttles (auch im On-Demand-Betrieb) unter diese Regelung. Entsprechend muss für den Betrieb eine Genehmigung des Fahrbetriebes nach §42 des PBefG erfolgen. Die Zulassung der Fahrzeuge ist an einen bestimmten Betriebsbereich gebunden.

2.5 Das Ökosystem „Autonomes Fahren“

Im Rahmen des autonomen Fahrens werden zukünftig neue Aufgaben und Herausforderungen in der Umsetzung entstehen. Der autonome ÖPNV-Betrieb ist komplex und muss von allen Beteiligten gemeinsam erlernt und weiterentwickelt werden. Insbesondere das Zusammenspiel diverser Komponenten und Partner ist für den autonomen Betrieb notwendig, da gerade Softwarebestandteile eine immer wichtigere Rolle einnehmen werden.

In der nachstehenden Grafik ist beispielhaft das Ökosystem des autonomen Fahrens dargestellt. Neben dem Fahrzeug, welches mit einem Selbstfahrssystem sowie einer Innenraumüberwachung ausgestattet sein wird, ist vor allem die Software entscheidend für

einen reibungslosen Ablauf. Hier steht die Steuerungsplattform für mobile Anwendungen (MaaS) sowie die Betriebssoftware der Fahrzeuge im Fokus.

Darüber hinaus wird auch der Betrieb neue Aufgaben gegenüber dem heutigen Standard bekommen. Eine technische Aufsicht wird die Fahrzeuge aus einer Leitstelle heraus überwachen, ein Fieldteam wird bei notwendigen Eingriffen direkt zum Fahrzeugort fahren und vor Ort eingreifen. Zudem ist eine tägliche Abfahrtskontrolle der Fahrzeuge vor dem Betriebsstart notwendig, die einen sicheren Betrieb sicherstellt. Auch im Bereich Werkstatt & Service (siehe auch 5.3) wird es neue Modelle und Entwicklungen geben.

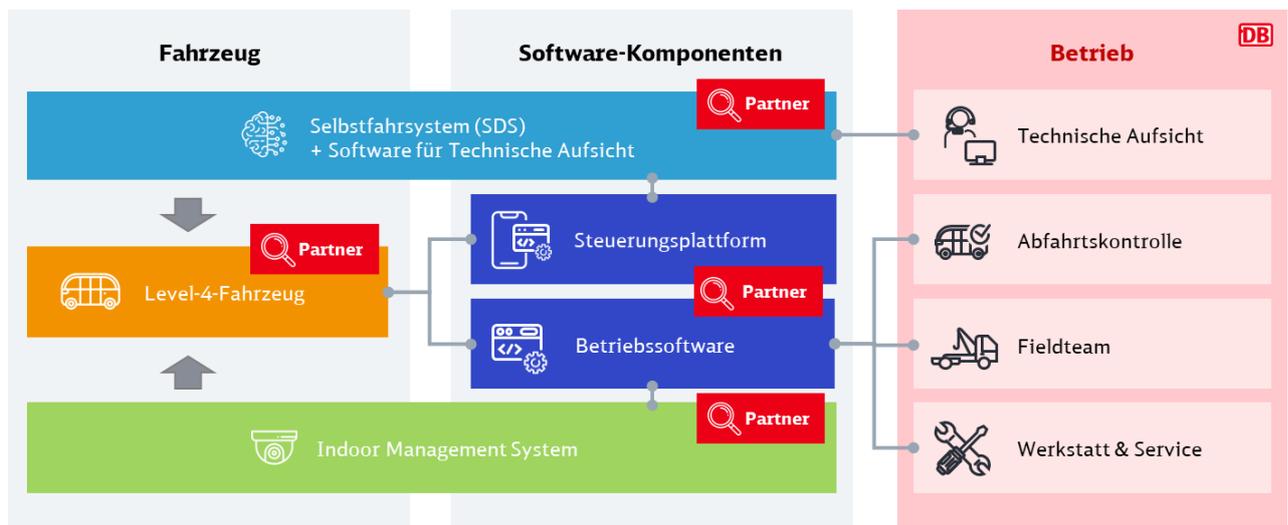


Abbildung 3: Ökosystem autonomes Fahren

2.6 Herstellerübersicht

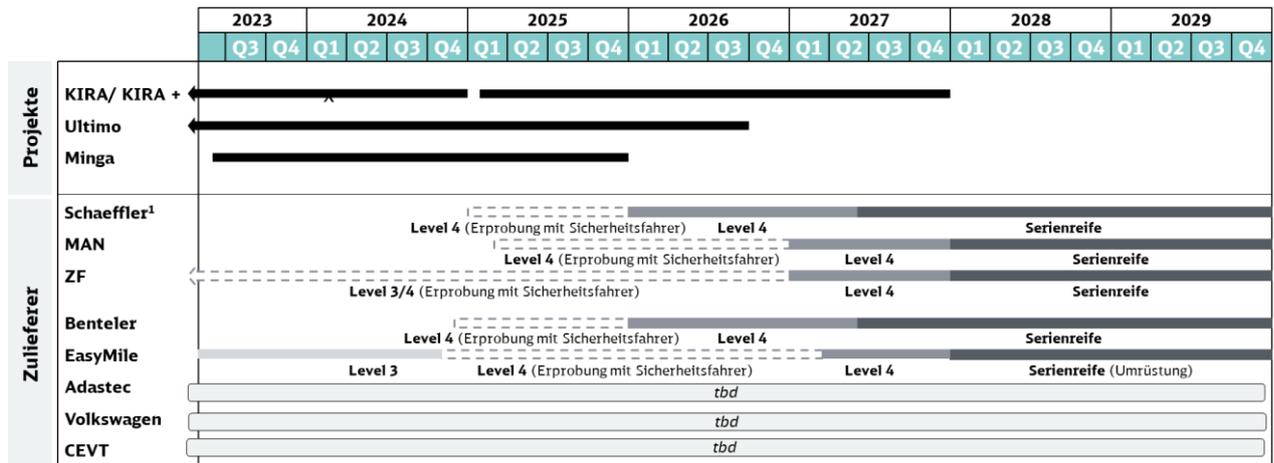
Der Fahrzeugmarkt autonomer Shuttlebusse befindet sich gerade vor einem großen Wandel. Etablierte Shuttlehersteller wie EasyMile oder Navya bekommen zusehend Konkurrenz von anderen Herstellern, auch aus dem deutschen Raum. Hier sind beispielsweise Holon, Schaeffler und Volkswagen oder auch ZF zu nennen.

Der nachstehenden Tabelle kann eine aktuelle Übersicht über die zukünftigen Hersteller entnommen werden. Diese enthält neben technischen Daten auch eine grobe Übersicht über die Fahrzeuginhalte.

Hersteller	EasyMile	Navya	ZF	(Waymo)	CEVT	Holon	Schaeffler/VDL	Volkswagen
Fahrzeugname	EZ 10	EVO NEXT	TBA	Jaguar I-Pace	n.a.	Holon Mover	Schaeffler Mover	ID BUZZ AD
SDS-Hersteller	EasyMile	YoGoKo für V2X	ZF	Waymo	Mobileye	Mobileye	Mobileye	Mobileye4
Sitzplätze	6	8	14 + 8	5	4-6	10 + 5	10 + Rollstuhl	4
Vmax	20 km/h	20 km/h	80 km/h	(180 km/h)	(140 km/h)	60+ km/h	60+ km/h	60+ km/h
Reichweite	ca. 100 km	ca. 100 km	200 km	470 km	n.a.	290 km	n.a.	n.a.
Barrierefreiheit	Ja, elektr. Rampe	Ja, elektr. Rampe	Ja, elektr. Rampe	nein	nein	Ja, elektr. Rampe	Ja, elektr. Rampe	nein

Die Fahrzeuge unterscheiden sich insbesondere in der Größe und Ausrichtung. Dies wird am Ende auch Auswirkungen auf die jeweils gewählte Einsatzart haben. Für klassische Linienverkehre sind etwa die Fahrzeuge von ZF oder Schaeffler/VDL geeignet, da diese sowohl über eine Fahrgastkapazität von 10 Personen und mehr ausgelegt sind und zudem zusätzlich über eine Rampe barrierefrei mit Rollator oder Rollstuhl begehbar sind. Kleinere Fahrzeuggrößen, wie etwa von VW oder CEVT mit rund 4-6 Sitzplätzen sind daher auf den Betrieb in flexiblen Bedienformen ausgelegt.

Zudem werden nachstehend noch die Entwicklungszeiten für die entsprechenden Zulieferer sowie drei aktuelle große Projekte im deutschen Raum dargestellt, um eine Übersicht über die Entwicklung der nächsten Jahre zu erhalten.



3 Streckenauswahl

In den folgenden Kapiteln werden die beiden betrachteten Streckenabschnitte genauer beleuchtet. Neben dem Blick auf den Streckenverlauf wurde auch ein Fahrplanentwurf erstellt.

3.1 Streckenverlauf Norden – Norddeich

Das Hauptziel besteht darin, eine möglichst abgrenzende Streckenführung zu identifizieren, die die Bedürfnisse der Gemeinschaft in dem Ort Norden / Norddeich erfüllt. Die Strecke erstreckt sich über eine Gesamtlänge von etwa 15,5 km. Bei der Auswahl und Bewertung der Strecke wurden einige wichtige Faktoren berücksichtigt:

- **Abgrenzende Streckenführung:** Es wird angestrebt, eine Strecke zu wählen, die möglichst abseits der bestehenden Verkehrswege, insbesondere der Buslinie 412 verläuft. Dies ermöglicht es, neue Gebiete zu erschließen und eine größtmögliche Erreichbarkeit für die Bewohner der genannten Vororte zu gewährleisten. Die Bewertung der bestehenden Straßeninfrastruktur, Verkehrsflüsse und eventueller Auswirkungen auf den Verkehr werden bei der Streckenauswahl einbezogen.
- **Nordsee-Express Norden-Norddeich:** Bei der Streckenauswahl ist es wichtig, potenzielle Auswirkungen auf den Nordsee-Express (im Gebiet des Campingplatzes) zu berücksichtigen. Es sollte vermieden werden, dass die geplante Strecke eine Beeinträchtigung für die Fahrgäste des Nordsee-Express darstellt. Eine alternative Streckenführung, die die beiden Dienste optimal ergänzt und mögliche Überschneidungen minimiert, sollte in Betracht gezogen werden.
- **Halt „Norden, östliche Innenstadt“:** Dieser Halt stellt mit dem Beginn der Fußgängerzone und der Einbeziehung der östlichen Innenstadt in Norden einen wichtigen Teil des Streckenverlaufes dar und hilft, die Route um einen weiteren wichtigen Nachfrageaspekt zu ergänzen.

Bei der Bewertung der Streckenauswahl wurden auch andere Faktoren wie Einwohnerzahl und -dichte, geografische Gegebenheiten, potenzielle Verkehrsstaus und Integration in das bestehende Verkehrsnetz berücksichtigt.

Die endgültige Auswahl der Strecke sollte auf einer umfassenden Bewertung aller relevanten Faktoren basieren. Es ist wichtig sicherzustellen, dass die gewählte Strecke effizient, praktikabel und für die Gemeinschaft von Vorteil ist. Eine enge Zusammenarbeit mit relevanten Interessengruppen wie dem Nordsee-Express-Betreiber ist empfehlenswert, um eine optimale Lösung zu finden, die die Bedürfnisse aller Beteiligten berücksichtigt.

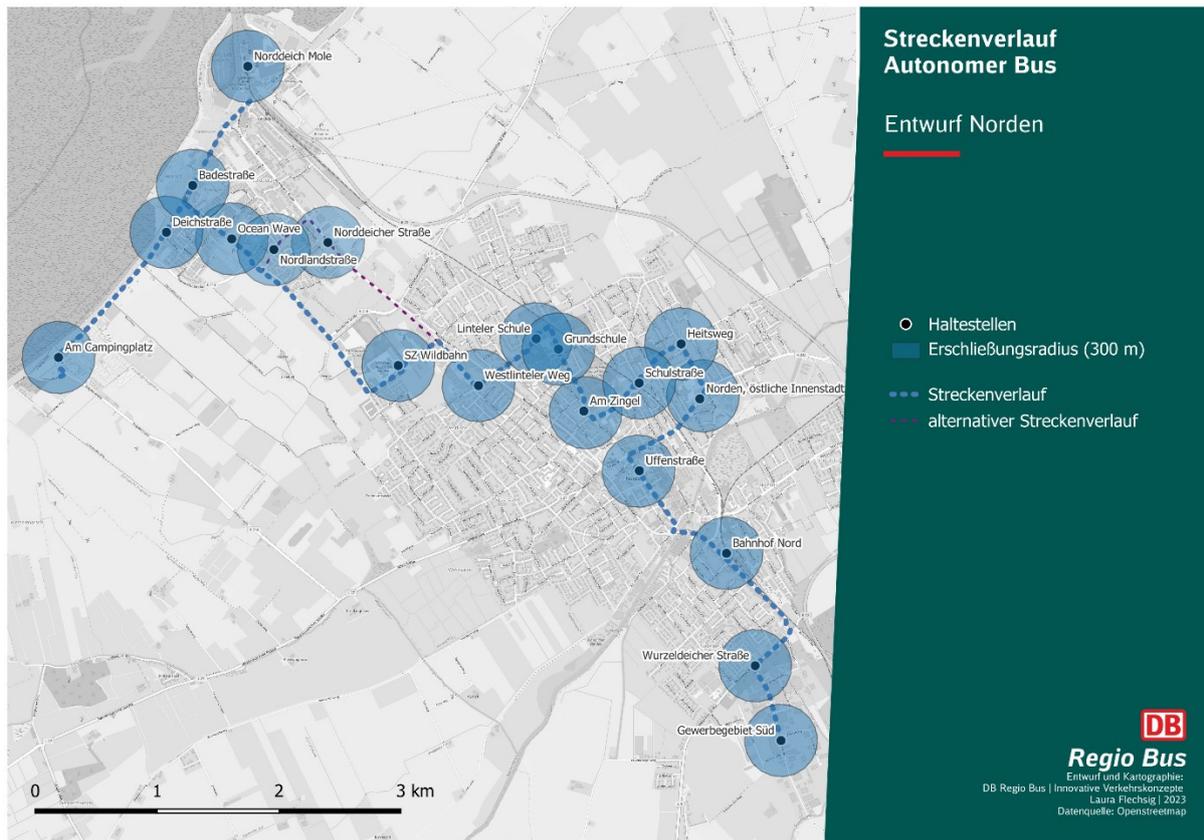


Abbildung 4: Entwurf Streckenverlauf Norden-Norddeich

Der Fahrplänenentwurf wurde auf eine Taktung von 60 Minuten ausgelegt und für die Bedienung mit einem Fahrzeug konzipiert. Sollte zusätzlich auch die Strecke des Nordsee-Express bedient werden, müsste auf ein zusätzliches Fahrzeug zurückgegriffen werden. Die Bedienzeiten wurden zunächst auf 08-20 Uhr festgelegt. Dem Fahrplänenentwurf im Anhang kann die mögliche Taktung entnommen werden.

Für die finale Festlegung des Streckenentwurfes ist es zudem notwendig, weitere Partner mit in die Routenplanung einzubinden. Dies umfasst beispielsweise die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr oder das betroffene Stadtplanungsamt.

3.2 Streckenverlauf Schillig

Der Fokus liegt auf einem Pendelverkehr mit einer Gesamtstrecke von etwa 22,12 km. Die Strecke soll die Vororte Wilhelmshavens, mit den Ortschaften Sengwarden, Hooksiel, Horumersiel und Schillig miteinander verbinden und wichtige Punkte entlang des Weges bedienen.

Die folgenden Routenstationen sind in der Reihenfolge vorgesehen:

1. Albrechtstraße
2. Kniprodestraße
3. Klein Ramina
4. Sengwarden
5. Alter Hafen
6. Friesenstraße
7. Campingplatz
8. Am Binnentief
9. Am Hafen
10. Bäderstraße
11. Crildumersiel
12. St. Joostergraben
13. Hohenstiefersiel
14. Andelweg
15. Schillig

Bei der Auswahl und Bewertung der Strecke müssen verschiedene Aspekte berücksichtigt werden, darunter:

- **Die Landstraße:** Die Strecke sollte vorzugsweise über Landstraßen verlaufen, um eine effiziente und sichere Fahrt zu gewährleisten. Die vorhandene Infrastruktur und Verkehrsbedingungen entlang der Landstraßen sollten sorgfältig bewertet werden.
- **Die Geschwindigkeit:** Die optimale Geschwindigkeit des Shuttles muss berücksichtigt werden, um eine effiziente Verbindung zwischen den einzelnen Stationen zu gewährleisten. Die Verkehrssituation, Straßenzustand und geltende Geschwindigkeitsbegrenzungen sollten bei der Auswahl der Strecke berücksichtigt werden.
- **Die Routenstationen:** Die geplanten Routenstationen wurden basierend auf der Bedeutung und der erwarteten Nachfrage entlang der Strecke ausgewählt. Die Standorte wurden als wichtige Knotenpunkte identifiziert, die in das Shuttle-Netzwerk integriert werden sollen.

Bei der Bewertung der Strecke sollten verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, wie beispielsweise die Einwohnerzahl und -dichte der Wohngebiete, potenzielle Verkehrsstaus, geografische Gegebenheiten, Zugänglichkeit für die Fahrgäste und die Integration des Shuttles in das bestehende Verkehrsnetz.

Die endgültige Auswahl der Strecke sollte auf einer umfassenden Bewertung dieser Faktoren basieren, um sicherzustellen, dass die gewählte Strecke die Anforderungen an Effizienz, Zugänglichkeit und Kundennutzen erfüllt.

Die Streckenauswahl und -bewertung sind entscheidende Schritte bei der Planung und Umsetzung einer autonomen Shuttle-Strecke im Raum Schillig. Eine sorgfältige Analyse aller relevanten Aspekte wird dazu beitragen, eine optimale und machbare Lösung zu identifizieren, die den Bedürfnissen der Gemeinschaft gerecht wird.

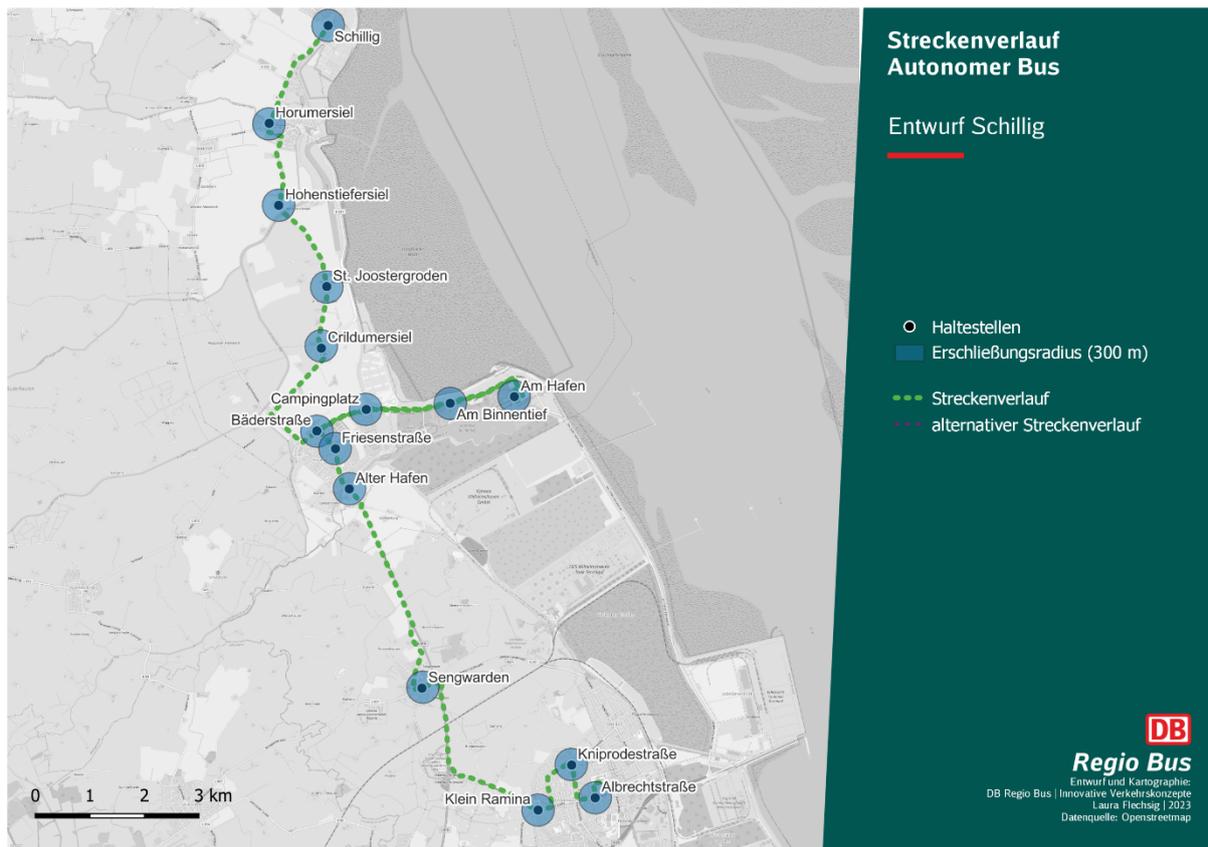


Abbildung 5: Entwurf Streckenverlauf Schillig

Der Fahrplanentwurf wurde auf eine Taktung von 2 Stunden ausgelegt und für die Bedienung mit einem Fahrzeug konzipiert. Die Bedienzeiten wurden zunächst auf 08-21 Uhr festgelegt. Dem Fahrplanentwurf im Anhang kann die mögliche Taktung entnommen werden.

Für die finale Festlegung des Streckenentwurfes ist es zudem notwendig, weitere Partner mit in die Routenplanung einzubinden. Dies umfasst beispielsweise die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr oder das betroffene Stadtplanungsamt.

4 Mobilitätsplattform: Wohin-Du-Willst-App

Um die neu geschaffenen Mobilitätslösungen bestmöglich zu integrieren und einen einfachen Zugriff zu gewährleisten, wurden in anderen Pilotprojekten bereits Erweiterungen zum autonomen Fahren in Mobilitätsplattformen wie die Wohin-Du-Willst-App integriert. Die WDW-App (Wohin-Du-Willst) wurde als Ergänzung zum DB Navigator entwickelt und deckt die Mobilitätsanfragen mit Fokus auf den regionalen und ländlichen Raum ab. Die App wird in der Abteilung innovative Verkehrskonzepte weiterentwickelt.

Die WDW-App bietet die Möglichkeit eine regionsbezogene Individualisierung der Benutzeroberfläche vorzunehmen und somit alle Mobilitätslösungen der Region zu integrieren. Zudem ist die WDW-App bereits die Buchungsplattform für alle bestehenden autonomen Projekte. Mittels der WDW-App lassen sich On-Demand Lösungen darstellen, also auch eine Buchung des Shuttles auf Abruf. Den nachstehenden Grafiken kann der Buchungsablauf des

Pilotprojektes in Bad Birnbach entnommen werden. Ein detaillierter Ablauf ist dem Anhang zu entnehmen.

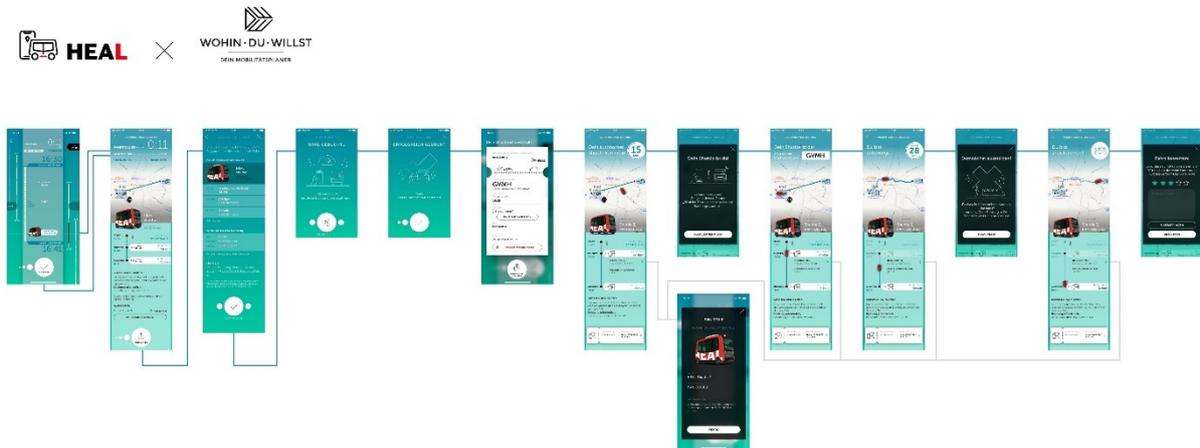


Abbildung 6: Buchungsverlauf Wohin-Du-Willst

5 Betriebskonzept

Im Rahmen der Erstellung der Studie wurden Gespräche mit allen Projektpartnern geführt, um ein Betriebskonzept für den Einsatz autonomer Shuttlebusse zu erarbeiten. Bislang ist der Abschluss hierzu nicht abschließend möglich, da die Konstellationen am Ende stark von den Bedingungen eines möglichen Fördertopfes abhängen. Insbesondere die Rolle des Betreibers wird sich je nach Fördermöglichkeiten verschieben. Dies betrifft sowohl die Beschaffung der Fahrzeuge als auch die Durchführung des Fahrgastbetriebes.

Ein abschließendes Konzept kann daher erst nach der Veröffentlichung und Genehmigung eines passenden Fördertopfes final festgelegt werden. Um die bereits erwähnten Vorteile der Elektromobilität optimal zu nutzen, empfiehlt sich die Implementierung eines bedarfsorientierten Verkehrssystems, bzw. eines On-Demand-Verkehrssystems.

Während herkömmliche Linienverkehre einem regelmäßigen und vordefinierten Fahrplan auf bestimmten Strecken oder Linien im ÖPNV-Netz folgen, bietet der Bedarfsverkehr im Gegensatz dazu einen flexibleren Ansatz. Hier wird der Transport auf Anfrage oder nach Bedarf durchgeführt, anstatt nach einem starren Fahrplan. Bedarfsverkehr wird oft in weniger frequentierten Gebieten oder Regionen eingesetzt, in denen es schwierig ist, einen regelmäßigen Fahrplan aufrechtzuerhalten. Passagiere können in der Regel im Voraus reservieren oder den Bedarfsverkehrsdienst anrufen, um abgeholt und zu ihrem Ziel gebracht zu werden. Dieser Verkehrstyp kann Sammeltaxen, Anrufbusse oder Mikrotransit-Systeme umfassen und ermöglicht eine individuellere Bedienung.

Insbesondere im Sektor des bedarfsorientierten Verkehrs mit Shuttlebussen kann die DB-Regio-Straße auf eine umfassende Expertise zurückblicken, die durch erfolgreiche Projekte wie HEAL und SMO sowie laufende Initiativen wie ULTIMO erweitert wird.

5.1 Depot/Fahrzeugunterstellung

Das Depot beinhaltet alle zum Betrieb erforderlichen Einrichtungen und Arbeitsplätze für die Durchführung eines autonomen Shuttlebetriebes. Im nachfolgenden Kapitel wird auf die notwendigen Details und Inhalte bei der Einreichung eines Depots eingegangen. Grundsätzlich ist die finale Ausgestaltung von der Größe der Flotte am Projektstandort sowie deren Fahrzeugart abhängig. Im Idealfall kann hierbei bereits auf bestehende Infrastruktur am Betriebshof zurückgegriffen werden.

Für einzelne Fahrzeuge oder kleinere Fahrzeugflotten ist es auch mit geringerem Infrastrukturaufwand möglich einen Regelbetrieb zu starten. Bei der Zusammenarbeit mit einem bestehenden Werkstattnetz ist am Abstellort des Fahrzeugs lediglich die Möglichkeit zur Stromversorgung des Fahrzeugs vorzuhalten. Hier würde bereits eine Wallbox mit beispielsweise 22kW-Ladeleistung ausreichend für den Regelbetrieb sein.

Die folgende Grobbeschreibung stellt den Aufbau einer Werkstatt/Depot für autonom fahrende Shuttle mit Leitstand und elektrischem Ladesystem:

- **Diagnoseplatz:** Fehlersuche, Fahrzeugvermessung, Kalibrierung der AD Komponenten
- **Serviceplatz inkl. Hebebühne:** Klassische Reparatur und Servicetätigkeiten (z.B. Achse, Lenkung, etc.) routinemäßige Wartungen/Inspektionen am Shuttle
- **Reparaturplatz:** Flexibler Arbeitsplatz. Tätigkeiten am Shuttle welche längere Zeit in Anspruch nehmen und/oder Platz erfordern wie z.B. an Karosserie, Türen, Scheiben, Softwareupdates, etc.
- **Waschplatz:** Je nach Flottengröße ggf. Investition eine separate Waschstraße sinnvoll
- **Lager für Ersatzteillager / Ausrüstung**
- **Abstellraum**
- **Technikraum:** Installierte Technik: Shuttle-Ladesystem/Infrastruktur
- **Sozialräume**
 - WC/Umkleide/ggf. Dusche Mann/Frau getrennt
 - Teeküche inkl. Pausenraum mit Sitzgelegenheit
- **Büro/Leitstand mit Besprechungszimmer**
 - Vorschlag: Raumteilung mit flexiblen Wänden zum Öffnen/Schließen
- **Leitstand:** 2 Arbeitsplätze
- **Besprechungszimmer** inkl. einem weiteren Arbeitsplatz

Werkstattausrüstung

- Scherenhebebühne mit Radfreiheber: Shuttle Länge= 7m; Tragkraft \geq 5 t
- Ölabscheider (zu prüfen)
- Equipment zur Kalibrierung der AD-Komponenten
- Leitstand-Equipment
- Ladeinfrastruktur zzgl. AC Ladestation pro Shuttle zzgl. eine Ladestation für den Sicherheitsplatz. Leistung: 11 bzw. 22 kW. System und Hersteller sind noch nicht beschlossen; Projektierung in Zusammenarbeit mit dem Netzbetreiber/Energieversorger empfehlenswert.

Technische Gebäudeanschlüsse und Ausstattung

- Elektro (exkl. Shuttle Ladetechnik)
 - Stromanschluss 3-Phasen, 400V, 50Hz
 - Stromanschluss 230V AC
 - Stromanschluss 36 kW
- Wasser- und Abwasseranschluss
- Telefon- und Internetanbindung
- LAN-Anbindung
- Klimaanlage (Leitstand/Büro)
- Heizungskonzept unter Berücksichtigung des aktuellen Gebäudeenergiegesetzes ehem. Energieeinsparverordnung (EnEV).

Die im Rahmen der Studie behandelten Streckenverläufe in Norden sowie Schilling werden zumindest zu Beginn voraussichtlich über eine kleinere Fahrzeugflotte von lediglich 1-2 Fahrzeugen verfügen. Bei kleineren Fahrzeugflotten ist es zunächst wirtschaftlich sinnvoller, lediglich eine Unterstellung mit Garage und Ladeinfrastruktur zu schaffen und Aktivitäten wie die Wartung oder Reparatur der Fahrzeuge in einer größeren Niederlassung durchführen zu lassen. Die Fahrzeuge können hierfür mit einem Anhänger oder per Überführungsfahrt zur nächstgelegenen Werkstatt transportiert werden.

Im Zuge der Elektrifizierung der Fahrzeugflotte im klassischen Busbetrieb wird in der nächsten Zeit unter anderem die Werkstatt der WEB in Oldenburg entsprechend umgerüstet. Dies stellt eine Möglichkeit dar, die in Punkt 5.3 notwendigen Wartungsarbeiten an einem bereits bestehenden Niederlassungsstandort durchführen zu können, ohne größere Investitionsmaßnahmen an den beiden Projektstandorten durchzuführen.

Darüber hinaus gäbe es auch Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Werkstätten oder Verkehrsunternehmern. Hier kommt etwa die Kreisbahn GmbH mit ihrem Werkstattstandort in Aurich in Frage.

5.2 Ladeinfrastruktur

Die Errichtung und der Betrieb einer für den autonomen Fahrzeugbetrieb ausgerichteten Ladeinfrastruktur ist für einen reibungslosen Einsatz unerlässlich. Hierbei wird grob zwischen zwei möglichen Ladekonzepten für den Fahrzeugbetrieb unterschieden.

Der verbreitetste Standard ist die Depotladung der Fahrzeuge. Dies bedeutet, dass die Fahrzeuge lediglich im Depot aufgeladen werden, beispielsweise in den Nachtstunden, wenn kein Fahrzeugbetrieb vorgesehen ist. Zudem kann darüber hinaus eine Zwischenladung der Fahrzeuge entlang der Route vorgesehen werden. Dies würde dazu beitragen, dass die Fahrzeuge prinzipiell ohne Einschränkungen 24/7 in Betrieb sein können.

Nachstehend wird im Detail auf die Bausteine und Hardware der Ladeinfrastruktur eingegangen.

Bausteine für das Ladeinfrastruktur-Konzept:

1. **Standortauswahl:** Identifikation des geeigneten Standorts für die Ladestationen. Berücksichtigung der geplanten Busstrecken, bereits bestehender Busdepots und der erwarteten Nachfrage.
2. **Ladestationstypen:** Festlegung der Ladestationsarten, z.B. Schnellladestationen für Zwischenladungen entlang der Route oder Depotladestationen für Übernachtladung.
3. **Ladeleistung:** Ermittlung der Ladeleistung der Elektrobusse, abhängig von Batteriekapazitäten und Fahrplänen.
4. **Netzanschluss:** Planung des notwendigen Netzanschlusses und der Stromversorgung für die Ladestationen.
5. **Ladeinfrastruktur-Management:** Implementierung eines Ladeinfrastruktur-Management-System, um den Ladevorgang zu steuern, zu überwachen und abzurechnen.
6. **Barrierefreiheit und Sicherheit:** Barrierefreie Gestaltung der Ladestationen und Berücksichtigung von Sicherheitsaspekten wie Not-Aus-Schaltern oder Zugangskontrollen.
7. **Umweltauswirkungen:** z.B. Integration erneuerbarer Energien und Reduzierung von Emissionen.
8. **Kostenkalkulation:** Kosten für die Implementierung der Ladeinfrastruktur, einschließlich Hardware, Installation und Betrieb

Die notwendige Hardware für eine Elektrobuss-Ladeinfrastruktur kann je nach den spezifischen Anforderungen und den gewählten Ladestationstypen variieren. Anbei sind jedoch einige der grundlegenden Hardwarekomponenten aufgeführt, die in einer solchen Infrastruktur typischerweise benötigt werden:

1. **Ladestationen:** Dies sind die zentralen Hardwarekomponenten, die zum Aufladen der Elektrobusse verwendet werden. Die Auswahl der Ladestationen hängt von der Ladeleistung, der Art der Busse und den betrieblichen Anforderungen ab. Es gibt verschiedene Arten von Ladestationen, darunter Schnellladestationen, Depotladestationen und langsamer ladende AC-Ladestationen.
2. **Verteilerschränke und Schutzeinrichtungen:** Verteilerschränke dienen zur Stromverteilung und -steuerung. Sie enthalten oft Sicherheitseinrichtungen wie Schutzschalter, Leistungsschutzschalter und Fehlerstromschutzschalter, um die Sicherheit der Ladeinfrastruktur zu gewährleisten.
3. **Stromversorgung und Netzanschluss:** Ein stabiler Netzanschluss und eine ausreichende Stromversorgung sind unerlässlich. Dies kann die Installation von Transformatorstationen oder Netzausbaumaßnahmen erfordern, um die benötigte Leistung bereitzustellen.
4. **Management- und Kontrollsysteme:** Diese Systeme ermöglichen die Überwachung und Steuerung der Ladestationen. Sie sind für das Management der Ladevorgänge, die Abrechnung und das Fernmanagement der Ladestationen wichtig.
5. **Zugangskontrollsysteme:** Um unbefugten Zugriff auf die Ladestationen zu verhindern, können Zugangskontrollsysteme wie Schlüsselkarten, PIN-Codes oder RFID-Karten erforderlich sein.
6. **Not-Aus-Schalter und Sicherheitseinrichtungen:** Not-Aus-Schalter und andere Sicherheitseinrichtungen sollten in der Nähe der Ladestationen installiert sein, um im Notfall den Ladevorgang zu stoppen und die Sicherheit der Benutzer zu gewährleisten.
7. **Überwachungseinrichtungen:** Kameras und Sensoren können zur Überwachung der Ladestationen und ihrer Umgebung verwendet werden, um Sicherheit und Betriebseffizienz zu gewährleisten.
8. **Abrechnungssysteme:** Wenn Sie Ladegebühren erheben möchten, benötigen Sie ein Abrechnungssystem, das die Nutzung der Ladestationen erfasst und Rechnungen erstellt.



Abbildung 7: Alpitronic Hypercharger
400kW Ladeleistung

Die genaue Konfiguration und die Anzahl der benötigten Komponenten hängen von verschiedenen Faktoren ab, einschließlich der Größe der (autonomen) Elektrobussflotte, der geografischen Verteilung der Ladestationen und der Ladeanforderungen der Busse.

5.3 Service & Wartung

Die Service- und Wartungsarbeiten können im Rahmen verschiedener Betreuungsstufen der Hersteller durchgeführt werden. Die Hersteller verstehen sich dabei häufig nicht nur als solche, sondern je nach gewähltem Servicekonzept auch als Partner für den gesamten Lebenszyklus des Autonomen Transportsystems. Über deutschlandweite Servicenetze bieten diese das gesamte Spektrum an Aftersales-Dienstleistungen an. Es wird zumeist eine umfassende Betreuung bis hin zum "Full-Service"-Wartungsvertrag ermöglicht. Dabei kann der Kunde grob zwischen drei verschiedenen Wartungspaketen auswählen. Diese drei verschiedenen Servicepakete werden im Anschluss kurz erläutert.

Im Basispaket stellt der Hersteller Ersatzteile und Dienstleistungen auf Nachfrage zur Verfügung. Die Bestellung erfolgt wahlweise über einen Online-Helpdesk oder per Telefon und

eine schnelle Lieferung der Teile wird über die nächstgelegene Service-Niederlassung sichergestellt. Für Servicearbeiten durch Mitarbeiter des Herstellers gilt ein fester Stundensatz. Darüber hinaus können Trainings zur Schulung des eigenen Personals gebucht werden.

Die „Comfort-Option“ bietet ein umfassendes Service-Paket, welches aufbauend auf den Inhalten des Basispakets weitere Leistungen beinhaltet. Im Vergleich zum Basispaket ist hier eine vorbeugende Instandhaltung gemäß eines Wartungsplans inkludiert, wodurch regelmäßige Inspektionen der Shuttles, sowie ein aktueller Softwarestand sichergestellt werden können. Zusätzlich werden hier auch noch nach Ende der Gewährleistung Fehlerbehebungen durchgeführt. Die im Comfort-Paket inkludierte Instandhaltung umfasst alle präventiven Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft des Systems/Fahrzeugs, z. B. die Wartung von Komponenten oder den Austausch von verschlissenen Teilen. Die Instandsetzung umfasst Tätigkeiten, um das System nach Störungen, z.B. durch Unfall, Vandalismus oder Defekt, wieder betriebsbereit zu machen.

Das Premium-Paket bietet alle Service-Leistungen des Comfort-Pakets und inkludiert zusätzlich einen Überholungsservice mit mobilen Technikern und einem Notdienst. Mit diesem Paket stellt der Kunde außerdem sicher, dass seine Shuttles immer auf dem neuesten Entwicklungsstand sind und profitiert so von Verbesserungen in der Entwicklung. Darüber hinaus können in diesem Paket Garantien bezüglich der Systemverfügbarkeit vereinbart werden. Letztgenannte Option ist erst nach einer erfolgreichen Inbetriebnahme und Validierung buchbar.

Autonome Transportsysteme fordern bei Wartung und Betrieb neues Know-How vom Personal in den Werkstätten bis hin zur Leitstelle. Es werden daher eigens entwickelte, praxisnahe Schulungen zu diesen neuen Berufsbildern entstehen und angeboten werden. Das Trainingskonzept wird sechs Themenbereiche umfassen:

- Grundlagen des ATS-Systems und der Umgebung (Täglicher Betrieb, Kontrollen, etc.).
- Basistraining Hochvolt (inklusive elektrotechnische Grundlagen).
- Basistraining Wartung und Instandhaltung.
- Diagnose und Fehlersuche (vor Ort und Ferndiagnose).
- „Technische Aufsicht“-Trainings sowie jährliche Schulung der AD-Funktionen (Betrieb, Überwachung, Passagierinteraktion).
- Training für Umwelt, Gesundheit und Sicherheit (EHS).

Die inhaltliche Ausgestaltung der Schulungen wird in den kommenden Jahren weiterentwickelt werden.

6 Zeitplan

		Jahr 2025												Jahr 2026												Jahr 2027											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AP	1	Projektleitung, Koordination und Öffentlichkeitsarbeit																																			
UAP	1.1	Projektkoordination																																			
UAP	1.2	Öffentlichkeitsarbeit																																			
UAP	1.3	Koordination Testregionen																																			
AP	2	Operativer Betrieb																																			
UAP	2.1	Anschaffung Fahrzeuge																																			
UAP	2.2	Auswahl und Festlegung der Kernrouten																																			
UAP	2.3	Planung und Umsetzung der Infrastrukturmaßnahmen																																			
UAP	2.4	Installation der Ladeinfrastruktur																																			
UAP	2.4	Zulassungsprozess und Genehmigungen																																			
UAP	2.5	Inbetriebnahme / Testbetrieb																																			
AP	3	Betrieb																																			
UAP	3.1	Schulung Personal																																			
UAP	3.2	Betrieb																																			

Der Arbeitsplan ist in drei Teilpakete zu je vier bis fünf Arbeitspaketen aufgeteilt. Zu Beginn der Projektlaufzeit stehen vor allem die Vorbereitungen zur Implementierung des operativen Betriebs der automatisierten Shuttles. Dies bedeutet, dass die Kernrouten festgelegt und zugelassen sowie die Fahrzeuge angeschafft werden müssen. Darüber hinaus werden in dieser Phase auch die benötigten Infrastrukturmaßnahmen ermittelt und mit deren Umsetzung begonnen. Vor Aufnahme des Shuttle-Betriebes muss Personal geschult und die Wartung gewährleistet werden. Mit Beginn des zweiten Jahres wird ein Testbetrieb initiiert, welcher dann in den Regelbetrieb übergeht.

6.1 Umsetzungsverlauf

6.1.1 Wann startet die Umsetzung?

Die Umsetzung beginnt in Absprache mit dem Kunden nach dem vereinbarten Zeitplan (Entwurf siehe Kapitel 6). Die Umsetzungsschritte sind auf oberster Ebene Installation, Test und Validierung, Dauertest, Freigabe gefolgt vom Start of operation (SoO). In der Installationsphase werden die Teilsysteme installiert, um diese anschließend zu testen und zu validieren. Während der Erprobung wird der Betrieb entsprechend den Betriebsanforderungen durchgeführt, ohne jedoch Passagiere öffentlich zu transportieren. Wenn dies erfolgt, kann das System von den relevanten Stakeholdern freigegeben werden.

6.1.2 Teststart

Die Tests starten, sobald die ersten Teilsysteme installiert worden sind. Tests werden auf den Teilsystemen und auf Gesamtsystemebene durchgeführt. Das Testprozedere wird im Testplan definiert und dokumentiert. Nachdem ein Teilsystem (z.B. Ladeinheit) installiert wurde, wird diese erst als eigenständige Einheit getestet, um anschließend in das Gesamtsystem eingebunden zu werden. Danach wird das Gesamtsystem als Ganzes getestet. Während des Site Acceptance Tests (SAT) wird das Gesamtsystem gegen die Kunden- und Sicherheitsanforderungen getestet. Im Projekt werden nur projektspezifische Tests durchgeführt. Das Standardprodukt wird auf der Plattform getestet. Am Ende der Testphase wird der Safety Case finalisiert.

6.1.3 Betriebsstart

Der Betriebsstart kann erfolgen, sobald die Freigabe des Systems erfolgt ist und alle Trainings von technischer Aufsicht und Wartungspersonal stattgefunden haben. Während des Betriebs wird das System durch Wartungsleistungen, basierend auf den vertraglichen Vereinbarungen, begleitet. Im Betrieb wird Feedback vom Kunden eingeholt und zur Verbesserung des Systems verwendet. Es ist möglich über Software Updates Verbesserungen während des Betriebs einzuspielen.

7 Kostenschätzung

Projekte im Bereich des autonomen Fahrens stellen eine vielversprechende Zukunftstechnologie dar, die sowohl auf Landes- als auch auf Bundesebene großes Interesse und Aufmerksamkeit auf sich zieht. Die Projektpartner haben daher umfangreiche Gespräche mit verschiedenen Fördermittelgebern geführt, um Möglichkeiten zur finanziellen Unterstützung ihres Vorhabens zu erörtern. Hierbei wurden sowohl Fördermittel auf Landes- als auch auf Bundesebene in Betracht gezogen.

Leider zeigt sich jedoch, dass die derzeitige Förderlandschaft keine geeigneten Möglichkeiten bietet, das Projekt angemessen zu unterstützen. Ein grundsätzliches Problem besteht darin, dass nach Ablauf des Förderzeitraums keine Unterstützung für die Betriebskosten gewährt wird. Die Technologie des autonomen Fahrens befindet sich noch in einem frühen Entwicklungsstadium und trotz des großen Potenzials für die Zukunft sind die derzeitigen Betriebskosten noch vergleichsweise hoch. Der anhaltende Bedarf an Betriebspersonal und die noch begrenzte Verfügbarkeit autonomer Fahrzeuge führen zu höheren Kosten im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugflotten.

Ein Lösungsansatz wäre eine Förderkulisse, die auch die Betriebskosten nach dem Projektende abdeckt, zumindest bis die Technologie ausgereift ist und einen wirtschaftlichen Betrieb ermöglicht. Hierbei könnten beispielsweise Übergangszeiträume oder eine schrittweise Reduktion der Fördermittel vorgesehen werden, um den Projektpartnern eine längerfristige Perspektive zu bieten.

Insgesamt zeigt die Problematik der fehlenden Förderung von Betriebskosten nach Projektende deutlich, dass die Förderlandschaft in Deutschland an die besonderen Herausforderungen von zukunftsweisenden Technologien wie dem autonomen Fahren angepasst werden muss, um deren langfristigen Erfolg zu gewährleisten. Nur durch eine zielgerichtete und umfassende Förderung können wir die Chancen dieser vielversprechenden Technologie nutzen und einen wichtigen Beitrag zur Mobilität der Zukunft leisten.

Zu Ermittlung der Gesamtkostenschätzung wurden die Kosten nach den Positionen Investitions- und Betriebskosten ermittelt. Gegenläufige Einnahmen (z.B. Fahrkartenverkauf, Werbemaßnahmen am oder im Shuttle) sind bislang nicht berücksichtigt.

Der nachstehenden Kostenschätzung stellt eine beispielhafte Aufteilung für ein Projektgebiet mit 2 Fahrzeugen dar, welches nach dem Zeitplan in Kapitel 6 umgesetzt wird. Eine detaillierte Kostenübersicht kann dem Anhang entnommen werden.

Gesamtüberblick Kostenschätzung Ostfriesland					
Jahr	2023	2024	2025	2026	
Shuttle im Einsatz	0	0	1	2	
Kostenposition					Gesamt
Betriebskosten	- €	15.000,00 €	265.000,00 €	295.500,00 €	575.500,00 €
Projektkoordination	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	50.000,00 €	200.000,00 €
Fahrzeug Anschaffung & Infrastruktur	50.000,00 €	300.000,00 €	650.000,00 €	350.000,00 €	1.350.000,00 €
					Gesamtkosten
					2.125.500,00 €

Abbildung 8: Kostenschätzung Ostfriesland

Darauf aufbauend kann auf Basis der Ausgestaltung der vergangenen Förderperioden auch der entsprechende Eigenanteil für ein mögliches Projekt im beschriebenen Projektgebiet ermittelt werden. In den zurückliegenden Förderperioden konnte im Durchschnitt von folgenden Fördersätzen ausgegangen werden:

- **Aufgabenträger/Kommunen:** Relativ hoher Fördersatz zwischen 60 und 90 Prozent Förderquote. Ein Eigenanteil des Antragstellers war jedoch immer erforderlich.
- **Forschungseinrichtungen/Universitäten:** Förderquote grundsätzlich 100 Prozent.
- **Industrieunternehmen:** Im Wesentlichen abhängig von der Betriebsgröße (z.B. Großunternehmen oder KMU). Die Förderquote lag hier im Bereich zwischen 40 und 70 Prozent.

Eine finale Ausgestaltung der jeweiligen Eigenanteile ist dabei erst mit der konkreten Förderrichtlinie möglich. Gerade die Zuteilung, beispielsweise der fahrzeugbezogenen Kosten oder der Ladeinfrastruktur, wurde in vergangenen Projekten sehr unterschiedlich gelöst. Hierbei ist zu beachten, dass Teile der Kosten für den Betrieb der Fahrzeuge in der Regel nicht oder nur teilweise förderfähig sind. Dies betrifft etwa die Mitarbeiter in Leitstellen, Sicherheitsoperator oder auch Kostenpositionen wie Strom oder Fahrzeugreinigung.

Orientiert man sich am letzten Aufruf der Förderrichtlinie *“Modellprojekte zur Stärkung des öffentlichen Personennahverkehrs” vom 12. Januar 2021* (Dritter Förderaufruf vom 11. Mai 2023), war für die Kommunen und Aufgabenträger eine maximale Förderquote von 80% zu erreichen. Zusätzlich war über Landesförderung und einen separaten Förderantrag eine Förderung von bis zu 15 Prozent on top möglich.

Angenommen, die Fahrzeuge und notwendige Infrastruktur würden im Rahmen des Testbetriebes vom Aufgabenträger bzw. der Kommune angeschafft, wäre bei den geschätzten Kosten von 1.350.000 € eine maximale Fördersumme von 1.000.000 € als Bundesförderung sowie 200.000 € als Landesförderung möglich. Die ausstehende Summe von ca. 70.000 € muss über den Projektzeitraum als Eigenmittel eingebracht werden.

Gleiches gilt für die Projektkoordination, welche im Rahmen der Förderung als Unterauftrag des Aufgabenträgers bzw. der Kommune förderfähig sind. Entsprechend sind von den erwarteten 200.000 € rund 160.000 € im Rahmen der Bundesförderung und bis zu 30.000 € als zusätzliche Landesförderung möglich. Dies entspricht somit einer Eigenleistung an der Projektkoordination von ca. 10.000 € am Beispiel der vorliegenden Studie.

Wie bereits geschrieben, sind die anfallenden Betriebskosten jedoch nicht komplett anrechenbar. Kosten für Fahrpersonal beispielsweise sind im Rahmen der Förderrichtlinien nicht förderfähig. Das bedeutet, dass die ca. 575.000 Euro, die über 4 Jahre Projektlaufzeit anfallen, fast vollständig komplett durch Eigenmittel des Projektteams gedeckt werden müssen. Je nach Ausgestaltung des Projektes fallen diese Kosten in der Folge beim Betreiber (Industriepartner) oder dem Aufgabenträger/der Kommune an.

Somit muss nach aktuellem Stand bei einer Projektlaufzeit von 4 Jahren und dem Einsatz von 2 Fahrzeugen mit Gesamtkosten nach Abzug der Förderung von rund 650.000 € gerechnet werden. Dies entspricht jährlichen Kosten von ca. 162.500 € für das Gesamtprojekt, die aus den Eigenmitteln der beteiligten Partner gestemmt werden müssen.

8 Handlungsempfehlung / Fazit

Autonomes Fahren hat in Zukunft ein sehr großes Potenzial, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig trotz des drohenden Fahrermangels einen Beitrag zur Stärkung der Verkehrswende zu leisten. Trotz der Vorteile gibt es noch technische, rechtliche und letztlich auch ethische Herausforderungen und Risiken im Zusammenhang mit autonomen Fahrzeugen. Diese werden derzeit im Rahmen von Forschungs- und Förderprojekten bearbeitet und sukzessive gelöst. Die Akzeptanz autonomer Fahrzeuge ist dabei ein wichtiger Faktor für die Einführung.

Gleichzeitig ist die Zusammenarbeit zwischen Automobilherstellern, Technologieunternehmen und Behörden von entscheidender Bedeutung, um die Entwicklung und Einführung autonomer Fahrzeuge voranzutreiben. Die Einführung von Pilotprojekten und speziellen Testgebieten für autonomes Fahren kann dazu beitragen, Erfahrungen zu sammeln und Lösungen für praktische Herausforderungen zu finden. Die Technologie und die Vorschriften für das autonome Fahren entwickeln sich jedoch ständig weiter. Es ist wichtig, die Entwicklungen zu beobachten und die Handlungsempfehlungen entsprechend anzupassen.

Im Rahmen der Studie wurden zwei Pilotstandorte identifiziert. Diese eignen sich, um die Technologie des autonomen Fahrens auch im ländlichen Raum zu etablieren und entsprechende Vorteile für den ÖPNV zu schaffen. Aufgabe der WEB und aller weiteren Projektpartner ist es nun, regelmäßig Kontakt zu Fördergebern aufzunehmen und die Verfügbarkeit von Fördermitteln zu prüfen. Dies ist notwendig, um insbesondere die Anschub- und Investitionsfinanzierung für die Fahrzeugbeschaffung sicherstellen zu können. Es wird derzeit davon ausgegangen, dass in regelmäßigen Abständen neue Fördermöglichkeiten für die bearbeiteten Themen zur Verfügung gestellt werden.

Die finale Ausgestaltung der beiden Projektstandorte hängt am Ende somit stark von der finalen Flottengröße und der jeweiligen Förderkulisse ab. Sowohl die Strecke in Norden - Norddeich als auch in Schillig bieten gute Möglichkeiten, die autonome Zukunft des ÖPNV zu erproben. Die notwendige Technik wird zeitnah zur Verfügung stehen, um dies mit Fahrzeugen unterschiedlicher Größe und Fahrgastkapazität zu ermöglichen.

Anhang

Fahrplanentwurf Norden-Norddeich, Kapitel 3.1:

Haltestellen				
Gewerbegebiet Süd	08:00	09:00		19:00
Wurzeldeicherstraße	08:02	09:02		19:02
Bahnhof Nord	08:05	09:05		19:05
Uffenstraße	08:07	09:07		19:07
Norden, östl. Innenstadt	08:10	09:10		19:10
Heitsweg	08:11	09:11		19:11
Schulstraße	08:12	09:12		19:12
Am Zingel	08:13	09:13		19:13
Grundschule	08:15	09:15		19:15
Linteler Schule	08:16	09:16	...	19:16
Westlinteler Weg	08:18	09:18		19:18
SZ Wildbahn	08:20	09:20		19:20
Ocean Wave	08:25	09:25		19:25
Badestraße	08:26	09:26		19:26
Norddeich Mole	08:29	09:29		19:29
<i>Deichstraße</i>	<i>08:33</i>	<i>09:33</i>		<i>19:33</i>
<i>Am Campingplatz</i>	<i>08:34</i>	<i>09:34</i>		<i>19:34</i>
<i>Deichstraße</i>	<i>08:35</i>	<i>09:35</i>		<i>19:35</i>
<i>Badestraße</i>	<i>08:36</i>	<i>09:36</i>		<i>19:36</i>
<i>Norddeich Mole</i>	<i>08:38</i>	<i>09:38</i>		<i>19:38</i>
Norddeich Mole	08:30	09:30		19:30
Badestraße	08:33	09:33		19:33
Ocean Wave	08:34	09:34		19:34
SZ Wildbahn	08:39	09:39		19:39
Westlinteler Weg	08:41	09:41		19:41
Linteler Schule	08:43	09:43		19:43
Grundschule	08:44	09:44		19:44
Am Zingel	08:46	09:46	...	19:46
Schulstraße	08:47	09:47		19:47
Heitsweg	08:48	09:48		19:48
Krankenhaus	08:49	09:49		19:49
Uffenstraße	08:52	09:52		19:52
Bahnhof Nord	08:54	09:54		19:54
Wurzeldeicherstraße	08:57	09:57		19:57
Gewerbegebiet Süd	08:59	09:59		19:59

Fahrplangentwurf Linie 121 (Schillig), Kapitel 3.2:

Haltestellen				
Albrechtstraße	08:00	10:00		19:00
Kniprodestraße	08:01	10:01		19:01
Klein Ramina	08:04	10:04		19:04
Sengwarden	08:10	10:10		19:10
Alter Hafen	08:15	10:15		19:15
Friesenstraße	08:22	10:22		19:22
Campingplatz	08:25	10:25		19:25
Am Binnentief	08:27	10:27	...	19:27
Am Hafen	08:30	10:30		19:30
Bäderstraße	08:36	10:36		19:36
Crildumersiel	08:40	10:40		19:40
St. Joostergraben	08:42	10:42		19:42
Hohenstiefersiel	08:46	10:46		19:46
Andelweg	08:52	10:52		19:52
Schillig	08:55	10:55		19:55
Schillig	09:00	11:00		20:00
Andelweg	09:03	11:03		20:03
Hohenstiefersiel	09:09	11:09		20:09
St. Joostergraben	09:13	11:13		20:13
Crildumersiel	09:15	11:15		20:15
Bäderstraße	09:19	11:19		20:19
Am Hafen	09:25	11:25		20:25
Am Binnentief	09:28	11:28	...	20:28
Campingplatz	09:30	11:30		20:30
Friesenstraße	09:33	11:33		20:33
Alter Hafen	09:40	11:40		20:40
Sengwarden	09:45	11:45		20:45
Klein Ramina	09:51	11:51		20:51
Kniprodestraße	09:54	11:54		20:54
Albrechtstraße	09:55	11:55		20:55

VON DER BUCHUNG BIS ZUM ZIEL – SO EINFACH GEHT'S:



1. Zuerst passende Verbindung suchen und Fahrt auswählen.



2. Anschließend bekommst du die Verbindungs-Details und kannst deinen HEAL-Bus buchen.



3. Melde dich mit deiner BahnID an oder registriere dich, um fortzufahren.

4. Angaben ein letztes Mal überprüfen und Buchung anfragen.



5. Perfekt! Deine Fahrt ist jetzt gebucht.

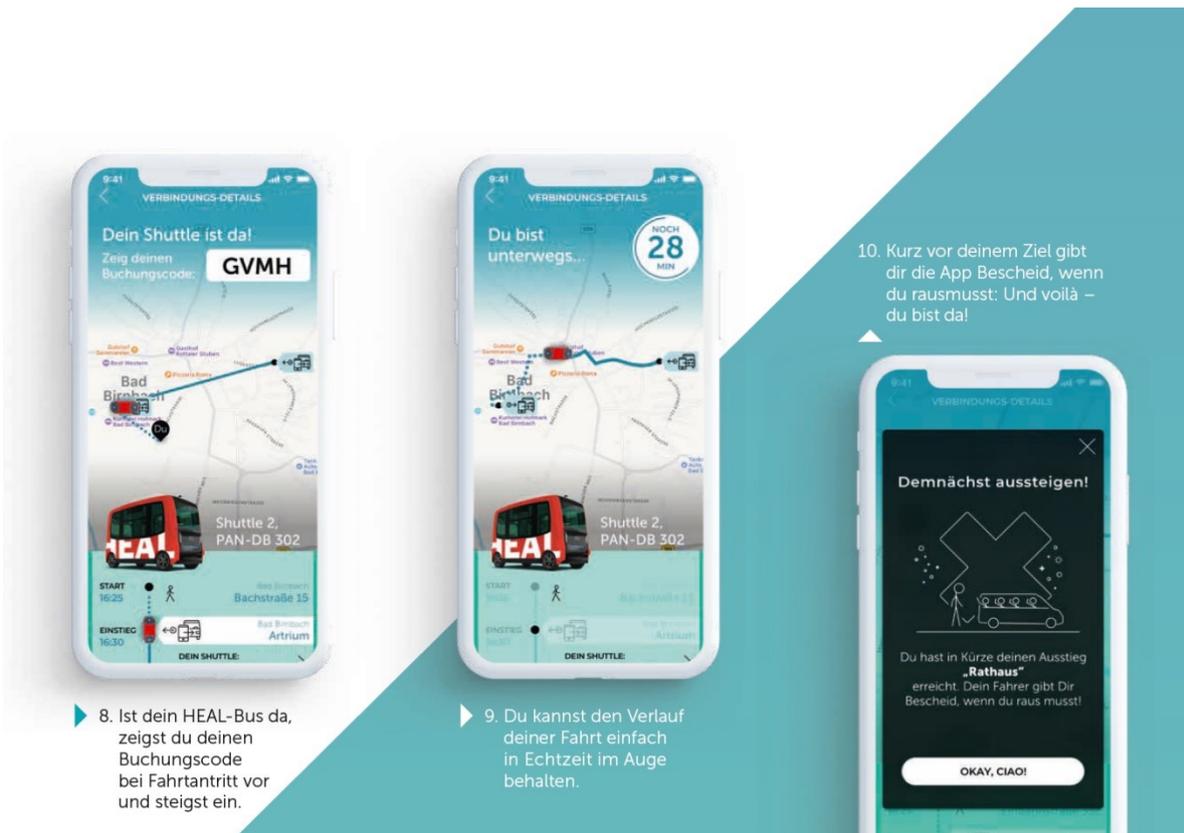


6. Du erhältst eine Übersicht mit allen Buchungsdetails.



7. Vor der Fahrt wirst du rechtzeitig benachrichtigt.





Detaillierte Kostenabschätzung, Kapitel 7:

Jahr	2024	2025	2026	
Shuttle im Einsatz	0	1	2	
Kostenposition				Gesamt
Stromkosten	- €	5.000,00 €	100.000,00 €	105.000,00 €
Gehalt Operatoren	- €	95.000,00 €		95.000,00 €
Gehalt Betriebsleiter	15.000,00 €	20.000,00 €	20.000,00 €	55.000,00 €
Versicherung	- €	1.500,00 €	3.000,00 €	4.500,00 €
Kleinere Wartungsarbeiten	- €	6.000,00 €	12.500,00 €	18.500,00 €
Gesamtprüfung und HU Fahrzeuge (pro Jahr)	- €	5.000,00 €	10.000,00 €	15.000,00 €
SDS-Lizenz + Instandhaltung	- €	14.000,00 €	27.500,00 €	41.500,00 €
Lizenz AD-DRT-Plattform (ioki)	- €	12.000,00 €	24.500,00 €	36.500,00 €
Lizenz Betriebssoftware	- €	50.000,00 €	10.000,00 €	60.000,00 €
Technische Aufsicht	- €	21.000,00 €	41.500,00 €	62.500,00 €
Incident Support und Field Service	- €	15.000,00 €	6.000,00 €	21.000,00 €
Dokumentenmanger	- €	1.000,00 €	1.500,00 €	2.500,00 €
KFZ Meister	- €	16.500,00 €	33.000,00 €	49.500,00 €
Schulung technische Aufsicht (je Person)	- €	3.000,00 €	6.000,00 €	9.000,00 €
Gesamtkosten	15.000,00 €	265.000,00 €	295.500,00 €	575.500,00 €