



Handreichung für Verkehrsbetriebe zur Einführung von grenzüberschreitenden automatisierten ÖPNV-Verbindungen

auf Basis der Erkenntnisse aus dem Projekt TERMINAL

Note d'orientation sur l'introduction de connexions transfrontalières automatisées pour les entreprises de transport

Sur la base des résultats du projet TERMINAL

Gefördert durch/financé par

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	4
Zielsetzungen im Projekt TERMINAL	5
Auswahl eines automatisierten Shuttlebusses	6
Infrastrukturbezogene Rahmenbedingungen	9
Straßeninfrastruktur	9
Digitale Infrastruktur	11
Ladeinfrastruktur	12
Sicherheitsbezogene Rahmenbedingungen	13
Schulung der Sicherheitsfahrer/ technischen Aufsicht	13
Cybersicherheit der drahtlosen Fahrzeugkommunikation	13
Rechtliche Rahmenbedingungen	15
In Deutschland	15
In Frankreich	17
In Luxemburg	19
Mögliche Anwendungen und Nutzungsindikatoren	20
Potenzialanalyse – Potenzialindikatoren	22
Flächenanalyse	22
Nutzungsintentionsanalyse	22
Potentialindikatoren	23
Hinweise für die Implementierung	24
Zeitfaktor	24
Kostenfaktor	24
Zu ergreifende Maßnahmen	25
Zusammenfassung	26
Danksagung	27

Vorwort

Mobilität ist eines der vorrangigen Themen für eine nachhaltige wirtschaftliche Entwicklung in der Großregion (GR). Mit 11,5 Millionen Einwohnern und beinahe 250.000 Grenzgängern, mit der überwiegenden Mehrheit (197.000) allein in der Zielregion Luxemburg, weist die GR die höchste Anzahl an Grenzgängern in der EU auf¹. Als Resultat verbringen viele Fahrer zahlreiche Wartestunden in Staus.



Abbildung 1: Stau in Luxemburg-Stadt

Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, reicht es nicht allein aus, Autobahnen mit zusätzlichen Spuren auszubauen und damit den Individualverkehr weiter zu fördern. Stattdessen sind traditionelle öffentliche Mobilitätskonzepte zu überdenken und mit zukunftsweisenden und innovativen Technologien zu kombinieren, um den ÖPNV wettbewerbsfähig und attraktiv zu gestalten und künftig zu sichern.

Automatisierte Shuttles, als vollelektrische Fahrzeuge leise und lokal frei von CO₂-Emissionen, vereinen die technologischen Entwicklungen der E-Mobilität, der Digitalisierung und der Automatisierung. Gleichzeitig bieten sie eine Antwort auf die gesellschaftlichen Veränderungen, insbesondere hinsichtlich der Bereitschaft, Gegenstände und auch Dienstleistungen zu teilen (Sharing Economy). Einsatzgebiete und -szenarien für automatisierte Shuttles sind seit der letzten Dekade in der Erprobung und

adressieren Fragen, wie bestehende Linienverkehre zukünftig automatisiert durchgeführt und durch Zubringerdienste ergänzt werden können. Zahlreiche Pilotprojekte, die europa- sowie weltweit seit 2015 ins Leben gerufen wurden, zeigen, dass automatisierter ÖPNV eine vollkommen neue Möglichkeit bieten kann, künftig mobil zu sein.

Für die ÖV-Branche ist es folglich notwendig, sich frühzeitig mit diesen Entwicklungen auseinanderzusetzen, um die Chancen von autonomen Fahrzeugen zu nutzen und deren Risiken entgegenzuwirken. Um die vielfältigen Herausforderungen (teil-)automatisierter Mobilitätsdienstleistungen in der praktischen Umsetzung zu erforschen, wurde im Zeitraum von 2019 bis 2022 das INTERREG-Projekt TERMINAL von fünf Partnern in der GR durchgeführt. Diese Handreichung fasst zentrale Ergebnisse des Projektes zusammen.

¹ Quelle: IBA/OIE Newsletter Mai 2020

Zielsetzungen im Projekt TERMINAL

Das TERMINAL Projekt verfolgte das Ziel innovative und nachhaltige Mobilitätslösungen zu entwickeln, um die tagtägliche Mobilität von Grenzgängern in der GR zu verbessern.



Abbildung 2: TERMINAL Automatisiertes Shuttle beim Grenzübergang Überherrn -Creutzwald

Dabei sollten erstens die Möglichkeiten automatisierter, straßengebundener Transportmittel im grenzüberschreitenden Pendlerverkehr (Shuttleservice für Berufspendler zwischen Creutzwald [F] und Überherrn [D]) sowie zweitens ein Mobilitäts- on Demand-Konzept zwischen Thionville [F] und Luxemburg Stadt [L] untersucht und deren sukzessiver Einsatz in einem Pilotvorhaben vorbereitet werden.

Durch die Integration von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen in existierende ÖPNV-Angebote – in Form von Zubringerdiensten oder On-Demand-Mobilitätservices - eröffnen sich Potenziale zur Angebotsverbesserung/-flexibilisierung, zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zur Reduzierung der mobilitätsbedingten Emissionen. Darüber hinaus könnte die Umsetzung automatisierter grenzüberschreitender Verkehrsmodelle zur Stärkung der Großregion als Innovations- und Wirtschaftsstandort beitragen.

Die Integration automatisierter grenzüberschreitender Linien im ÖPNV-Angebot erfordert zunächst eine Analyse der multiplen Herausforderungen, die mit dem Einsatz automatisierter Fahrzeuge einhergehen und im Kontext des TERMINAL-Projekts zusätzliche Aspekte rechtlicher Natur beinhaltet. Für einen funktionierenden Pilotbetrieb müssen genehmigungsrechtliche Fragen, technische Herausforderungen hinsichtlich der Infrastruktur und des einzusetzenden Fahrzeugs ebenso wie die Akzeptanz der Dienstleistung durch die Nutzer untersucht werden, um letztlich die effiziente Einbindung automatisierter Fahrzeuge in einem multi-modalen grenzüberschreitenden Verkehrssystem zu ermöglichen.

TERMINAL als erstes grenzüberschreitendes Projekt für automatisiertes Fahren im ländlichen Raum ist jedoch auf einige rechtliche und technische Herausforderungen gestoßen, so dass letztendlich kein automatisierter Shuttlebus sondern ein Tesla

Model X als Versuchsfahrzeug ausgewählt wurde, um die lange Teststrecke teilautomatisiert bedienen zu können. Das Mobilität-on-Demand-Angebot konnte mangels eines trinationalen Konsenses für den Genehmigungsprozess lediglich in Luxemburg getestet werden.

Auswahl eines automatisierten Shuttlebusses

Zur Einschätzung des aktuellen Stands der Technik und den Systemgrenzen aktueller hochautomatisierter Shuttlebusse, wurde eine Marktanalyse durchgeführt. Die technische Analyse basiert daher auf den identifizierten Shuttlebusmodellen.

Bei den derzeit auf dem Markt verfügbaren Fahrzeugmodellen sind zwei verschiedene Funktionsweisen zu unterscheiden: Fahrt auf einer **virtuellen Schiene** (Fahrzeug folgt starr der vorgegebenen GPS-Linie) und Fahrt in einem vordefinierten bzw. **virtuellen Fahrkorridor** (Bereich innerhalb der Fahrbahnmarkierung, in dem das Fahrzeug eigenständig handlungsfähig ist). Beide Prinzipien haben gemein, dass den Fahrzeugen ein fest definierter Rahmen für ihre Bewegungen innerhalb des Verkehrsraums vorgegeben wird. Das bedeutet, die zu fahrende Strecke wird detailliert ausgemessen. Es werden alle notwendigen GPS Koordinaten ermittelt und in einer eigens für die Fahrstrecke hochgenauen digitalen Karte im Fahrzeug gespeichert. Das Fahrzeug orientiert sich während der Fahrt zum einen an den **präzisen GPS-Punkten** und zum anderen an den sogenannten Landmarken. Landmarken sind Fahrbahnmarkierungen und Leitpfosten, damit die Sensorik (Lidar, Radar etc.) ein Umgebungsmodell erstellen kann. Die Fahrt innerhalb eines virtuellen Fahrkorridors gewinnt dabei immer mehr an Bedeutung, da

Auf Basis der gewonnenen Erfahrungen wird mit dieser Handreichung den Verkehrsbetrieben in der Großregion ein systematischer Überblick über die zu berücksichtigenden Aspekte bei der Planung automatisierter Verkehrsangebote im grenzüberschreitenden Kontext zur Verfügung gestellt.

sie eine dynamische Hindernisbewältigung ermöglicht.



Abbildung 3: Im Projekt TERMINAL zusätzlich angebrachte Straßenmarkierung zur Lokalisierung des Fahrzeugs

Die Navigation erfolgt mittels einprogrammierter GPS-Koordinaten, die die zuvor definierte Strecke abbilden (virtuelle Schiene). Hierzu wird ein differentielles GPS (DGPS) oder RTK System (Real Time Kinematic) verwendet, welche eine hochpräzise Lokalisierung bis zu 1cm Abweichung zulässt.

Zusammengefasst sei ausdrücklich erwähnt, dass die aktuell auf dem Markt verfügbaren Shuttlebusse nur dort fahren können, wo zuvor ein Fahrweg definiert wurde. Hindernissen wird nur ausgewichen, sofern dem Fahrzeug dies innerhalb bestimmter Grenzen erlaubt wurde. Hinsichtlich der digitalen Schiene bedeutet dies, dass das

Fahrzeug starr seiner festgelegten Route folgt und Hindernisse sehr selten bis nie umfahren wird. Nähert das Fahrzeug sich bspw. einem dynamischen Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Pkw o.Ä.) wird es im entsprechenden Maß seine Geschwindigkeit verringern.

Einen Überblick über die technischen Daten der Shuttlebusse kann der Tabelle 1 entnommen werden. Der amerikanische Hersteller Local Motors hat am 14.01.2022 verkündet seine Geschäfte einzustellen und wurde nicht mehr aufgeführt.

Tabelle 1: Technische Daten der Shuttlebusse- Teil 1²

Fahrzeug	HFM Busbee	ZF 2getthere	e.GO Mover
Firmensitz	Deutschland	NL- Deutschland	Deutschland
Antrieb	Elektrisch	elektrisch	elektrisch
Generation	k.A.	GRT3	k.A.
SAE Level	k.A.	3+ (dedizierte Spur)	k.A.
Lokalisierung	Sensortechnologie (Kamera, Lidar und Radar)	im Fahrbahnbelag verbautes Magnetsystem	Sensortechnologie (Kamera, Lidar, Radar)
Ladevorgang	konduktiv	konduktiv	konduktiv
Plätze	6 - 7 Sitze + Fahrer	8 Sitze, 14 Stehplätze	10 Sitze, 5 Stehplätze
Rampe	Ja, elektrisch	k.A.	k.A.
Länge	4,10 m – 6,50 m	6,044 m	4,94 m
Breite	2,00 m		2,01 m
Höhe	2,10 m	2,784 m	2,55 m
Wenderadius	5,50 m	15 m	5,50 m
Leergewicht	1.050 kg (Motionboard!)	4.500 kg	2.100 kg
Gesamtgewicht	3.500 kg	6.650 kg	3.500 kg
Maximale Geschwindigkeit	Tech. möglich: 100 km/h Manuell: 50 km/h Hochautom.: 25 km/h	Hochautom.: 40 km/h (nicht auf öffentlichen Straßen)	Manuell: 60 km/h Hochautom.: 25 km/h
Reichweite ca.	150 km / 10 h	k.A.	10 h
Max. Steigung	10 - 18 %	k.A.	k.A.
Ladezeit	22kw (AC/DC) / min. 1h	Schnellladen CCS2	4,5 h
Kapazität	20 kWh	36,8 kWh	60 kWh
Betriebstemperatur	k.A.	k.A.	k.A.

² Herstellerangaben – Stand 07/2022

Tabelle 1: Technische Daten der Shuttlebusse- Teil 2³

Fahrzeug	Navya Arma	EasyMile EZ10
Firmensitz	Frankreich	Frankreich
Antrieb	elektrisch	elektrisch
Generation	k.A.	Gen 3b
SAE Level	4(technische Aufsicht)	4 (technische Aufsicht)
Lokalisierung	Sensortechnologie (Kamera, Lidar, Radar)	Sensortechnologie (Kamera, Lidar, Radar)
Ladevorgang	induktiv und konduktiv	konduktiv
Plätze	11 Sitze, 4 Stehplätze	6 Sitze, 4 Stehplätze
Rampe	Ja, manuell	Ja, elektrisch
Länge	4,75 m	4,02 m
Breite	2,11 m	2,00 m
Höhe	2,50 m	2,87 m
Wenderadius	< 4,50 m	5,50 m
Leergewicht	2.400 kg	2.030 kg
Gesamtgewicht	3.450 kg	3.030 kg
Maximale Geschwindigkeit	Hochautom.: 25 km/h	Hochautom.: 20 km/h
Reichweite ca.	130 km / 9 h	8 h – max. 10 h
Max. Steigung	12 %	15 %
Ladezeit	8 h – 3,6kW 4 h – 7,2kW	6 h – 5,7kW
Kapazität	33 kWh	30,72 kWh
Betriebstemperatur	-10°C bis +40°C	-15 °C bis + 35°C

Nach Rücksprache mit allen gezeigten Herstellern, war nur ein Hersteller zur Begutachtung der Strecke bereit. Es stellte sich im Nachhinein heraus, dass es sich bei den Angaben in der Tabelle 1 um rein theoretische

oder technische Mögliche Angaben handelt. In bestehenden Integrationen der Fahrzeuge sind diese mit einer Höchstgeschwindigkeit von ca. 20km/h unterwegs.

³ Herstellerangaben – Stand 07/2022

Infrastrukturbezogene Rahmenbedingungen

Straßeninfrastruktur

Nicht jede Straße eignet sich für die Nutzung automatisierter Fahrzeuge. Bei der Planung einer Strecke für den Betrieb autonomer Shuttlebusse sind dementsprechend verschiedene Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Diese ergeben sich aus dem **Straßenraum**, den **äußeren Einflüssen**, den **Fahrzeugeigenschaften** und der **Fahrzeugtechnik** zur Fahrt mit einem Fahrzeug im öffentlichen Straßenraum (vgl. Abbildung 4).

Aus den genannten Einflussfaktoren ergeben sich Systemgrenzen beim Einsatz autonomer Shuttlebusse, die sich in **räumlich-technische**, **funktional-technische** und **rechtliche Systemgrenzen** unterscheiden lassen. Diese beeinflussen, wo und in welcher Form eine virtuelle Schiene bzw. ein virtueller Fahrkorridor geplant und befahren werden kann.



Abbildung 4: Einflussfaktoren auf den Betrieb autonomer Shuttlebusse⁴

Räumlich-technische Systemgrenzen

Ein automatisiertes Fahrzeug hat einen bestimmten Raumbedarf, der mit den

Fahrzeugabmessungen und dem Straßenraum zusammenhängt, damit es sich im Verkehr, auch in Begegnung mit anderen Verkehrsteilnehmern sicher bewegen kann.

⁴ Rentschler, Christoph; Herrmann, Leonie; Kurth, Detlef; Manz, Wilko; Rumberg, Martin (2020): Technische und rechtliche Systemgrenzen in der Routenplanung autonomer Shuttlebusse. In: Heike Proff (Hg.): Neue Dimensionen der Mobilität: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 319–331

Lichtraumprofile, Verkehrsraum, Bewegungsspielraum und Schleppkurve bilden räumlich technische Systemgrenzen. Darüber hinaus können zu lange Steigungs- bzw. Gefälle Strecken zu einer Überhitzung des elektrischen Antriebs und damit zu einer ungeplanten Unterbrechung des Fahrzeugbetriebs führen.

Daraus lassen sich **mindestens freizuhaltenen Fahrbahnbreiten und -höhen** ableiten (siehe Abbildung 5).

Diese räumlich-technische Grenzen werden für autonome Shuttlebusse langfristig bestehen bleiben, da eine Verringerung der Fahrzeugabmessungen oder eine Vergrößerung des Straßenraums nicht zu erwarten sind.

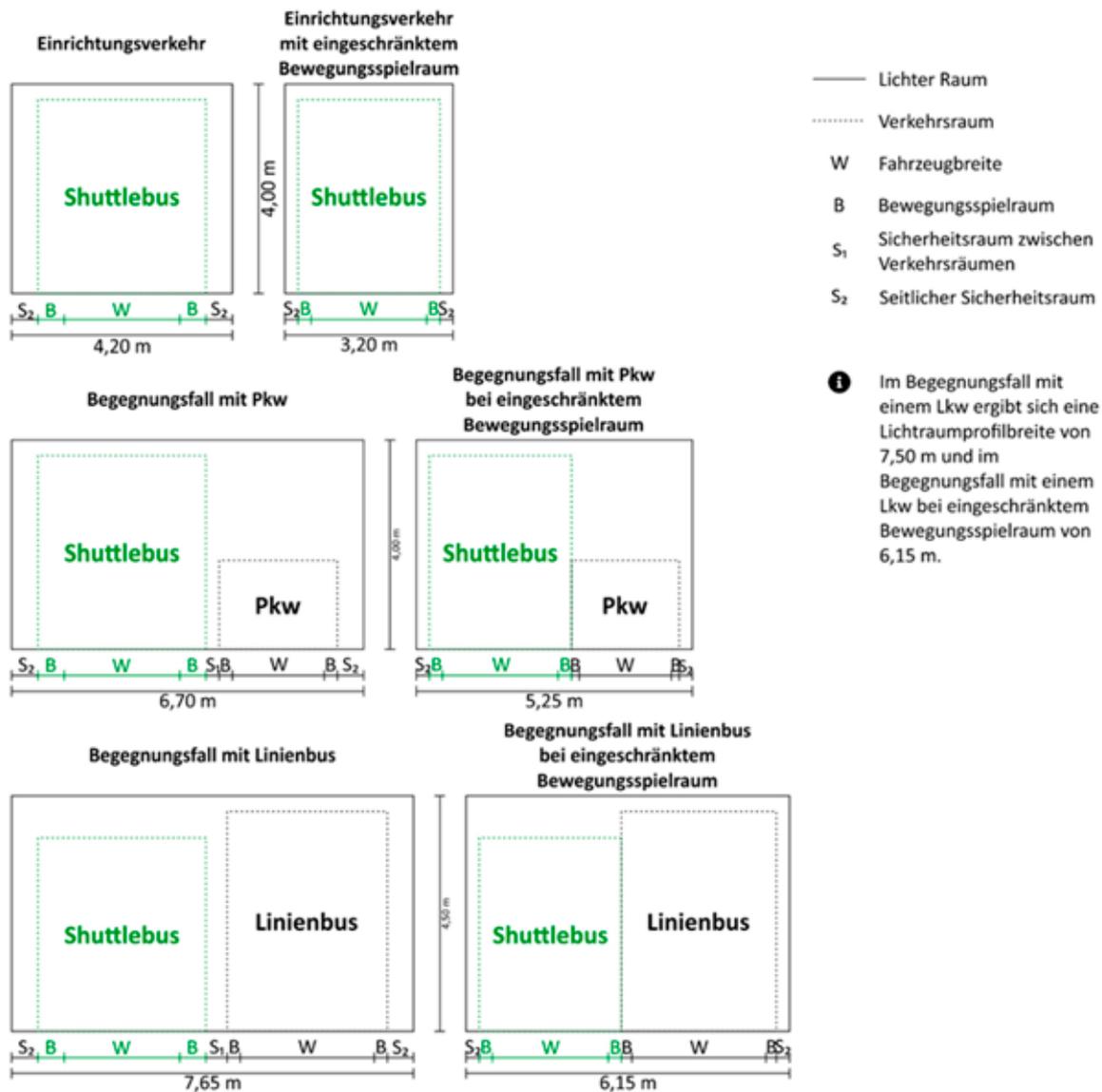


Abbildung 5: Lichtraumprofile eines autonomen Shuttlebusses⁵

⁵ Rentschler, Christoph; Herrmann, Leonie; Kurth, Detlef; Manz, Wilko; Rumberg, Martin (2020): Technische und rechtliche Systemgrenzen in der Routenplanung autonomer Shuttlebusse. In: Heike Proff (Hg.): Neue Dimensionen der Mobilität: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 319–331

Funktional-technische Systemgrenzen

Für eine autonome Fahrweise ist eine uneingeschränkte Orientierung und Umfeldwahrnehmung durch das System notwendig. Der Sensorfusion, d.h. das Überlagern der Daten verschiedener Sensoren und die Errechnung eines Gesamtbildes, kommt damit eine große Bedeutung zu. Aufgrund der oben genannten Systemgrenzen führen **enge Straßen, beidseitiges Parken im Straßenraum, Gegenverkehr, Ein- und Ausfahrten sowie der fehlende Sicherheitsabstand bei Überholmanövern zu Not-Halten.** Kreuzungssituationen, Fußgängerüberwege oder ähnliches können gegenwärtig nicht eigenständig befahren werden.

Bei engen Straßenräumen sollte für den Einsatz autonomer Shuttlebusse eine

Einbahnregelung sowie eine Geschwindigkeitsanpassung vorgenommen werden, um zusätzliche Gefahren durch den Gegenverkehr zu minimieren. Das Parken sollte so geordnet werden, dass das autonome Fahrzeug keinen zusätzlichen Hindernissen ausgeliefert ist. Bei einer Neuordnung des ruhenden Verkehrs sollten den Anwohnern alternative Parkplatzflächen in unmittelbarer Nähe zur Verfügung gestellt werden. Störungen der Sensoren durch fehlende oder ungenaue GNSS- bzw. GPS-Signale können durch das zusätzliche Anbringen von Antennen im Straßenraum verhindert oder zumindest verringert werden.

Angesichts der rapiden technischen Entwicklung in den letzten Jahren ist absehbar, dass funktional-technische Systemgrenzen langfristig keine Relevanz mehr haben werden.

Digitale Infrastruktur

Um das autonome Fahren zu ermöglichen, muss neben der Sensorik eine digitale Infrastruktur vorhanden sein. Diese beinhaltet, eine detaillierte **digitale Kartographie**, ein **flächendeckendes Mobilfunknetzwerk** sowie ein **präzises Positionierungssystem** (z.B. GALILEO und/oder GPS). Typischerweise enthalten diese **Karten 3D Information** über die Straßenumgebung, wie zum Beispiel die Höhe der Bürgersteige und Gebäude, die Breite der Straßen, sowie sehr detaillierte Informationen über Knotenpunkte, Straßenbeschilderung und Verkehrsregeln (z.B. Tempolimit). Die **Schwierigkeit** liegt darin, diese Daten zu erheben und zu verwalten damit sie immer **auf dem aktuellen Stand** sind. Diese Daten sind eine wichtige Voraussetzung damit sich autonome Fahrzeuge in ihrer Umgebung zurechtfinden und um sichere Trajektorien zu berechnen. Um diese Daten in nahezu Echtzeit

dem Fahrzeug zur Verfügung zu stellen ist ein flächendeckendes und schnelles Mobilfunknetzwerk eine Voraussetzung. Neue Technologien wie z.B. 5G werden dazu beitragen diese Informationen schnell und sicher an die Fahrzeuge zu übertragen. Alle Tests die im Rahmen des Projekts in der Großregion durchgeführt worden sind, konnten auf eine ausreichende Netzabdeckung mit 4G zurückgreifen. Falls die Netzabdeckung nicht vorhanden sein sollte, kann die digitale Kartographie alternativ auch im Fahrzeug gespeichert werden.

Wie bereits beschrieben, basiert der Fahrbetrieb auf einprogrammierten GPS Koordinaten. Ein Differential GPS oder RTK Dienst (Real Time Kinematic), welche eine **hochpräzise Lokalisierung** bis zu 1cm Abweichung zulassen, wird daher zwingend

benötigt. Die jeweilige eingesetzte Technologie ist ebenfalls herstellerabhängig. Als Empfehlung der Hersteller sei das **NRTK-Abonnement von Leica Geosystems** (<https://leica-geosystems.com/>) erwähnt. Der **Bezug des Dienstes muss durch das Transportunternehmen erfolgen** und wird nicht vom Shuttlebushersteller übernommen.

Ladeinfrastruktur

Alle analysierten autonomen Shuttlebusse nutzen einen batterieelektrischen Antrieb. Bei der Entscheidung zur Implementierung einer automatisierten Shuttlebuslinie sollte von daher die vorhandene (private und öffentliche) Ladeinfrastruktur bzw. die Notwendigkeit neue Ladesäulen zur Bedienung der Strecke zu installieren, überprüft werden.

Aktuell dürfen automatisierte Fahrzeuge lediglich auf Strecken fahren, die im Rahmen der erteilten Ausnahmegenehmigung zugelassen wurden. Demzufolge muss sich der Standort der nächstgelegenen Ladestation zwingend notwendig in unmittelbarer Nähe zur Testroute befinden, da entsprechend der rechtlichen Rahmenbedingungen die Fahrt dorthin ebenfalls zugelassen werden muss.

Ladepunkt und Garage sind nicht örtlich gebunden, dies wird jedoch der Einfachheit halber empfohlen. Insbesondere im ländlichen Raum, sichert eine eigene

Ladeinfrastruktur die notwendige Verfügbarkeit der Ladesäule und damit eine zuverlässige Ladung.

Ein 230V Stromanschluss, 3 oder 1 Phasig - Typ2 Mennekes - ab 7,4kW – (wie in der Abbildung 6) wird benötigt um den Shuttlebus zu laden.



Abbildung 6: Ladestation

Sicherheitsbezogene Rahmenbedingungen

Schulung der Sicherheitsfahrer/ technischen Aufsicht

Die Rahmenbedingungen aktueller Ausnahmegenehmigungen sehen vor, dass ein hochautomatisiertes System dauerhaft überwacht werden muss und die manuelle Übernahme durch den Menschen in einer angemessenen Reaktionszeit vorgenommen werden kann.

Beim Einsatz von automatisierten Fahrzeugen, in welchen der **Sicherheitsfahrer noch an Bord** ist, muss dieser durch den Hersteller im Umgang mit dem System geschult werden.

Die **kostenpflichtige Schulung ist herstellerspezifisch**. In den meisten Fällen ist eine Trainerausbildung durch den Hersteller

möglich, damit der Kunde eigenständig weitere Operatoren ausbilden kann.

Im Fall eines ferngesteuerten automatisierten Fahrzeugs muss die technische Aufsicht neben der herstellerspezifischen Schulung ihre Eignung für diese Rolle nachweisen. Eine fundierte technische tertiäre Ausbildung ist dafür bspw. in Deutschland erforderlich (siehe §14 der neuen Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kfz mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion vom 24. Juni 2022 für Details)⁶.

Cybersicherheit der drahtlosen Fahrzeugkommunikation

Die Cybersicherheit von autonomen Fahrzeugen beruht auf einem zuverlässigen und sicheren Datenaustausch zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen am Straßenrand wie Ampeln. Das drahtlose Kommunikationssystem wird gemeinhin als V2X (Vehicle-to-everything) bezeichnet.

Die Hersteller sind verpflichtet, Kommunikationshardware und -systeme zu verwenden, die gegen mögliche Cyberangriffe resistent sind. Insbesondere durch die Einhaltung der geltenden IEEE⁷- oder ETSI-Standards⁸, die sich auf die PKI (Public Key Infrastructure) stützen, um die Cybersicherheit durch Authentifizierung und

die Privatsphäre durch die Verwendung zeitlich begrenzter pseudonymer Zertifikate zu gewährleisten.

Im Rahmen des TERMINAL-Projekts wurde eine weitergehende Studie zu verschiedenen Angriffsarten (Funkstörung, Änderung des Fahrzeugtyps, Erfassung und Wiederholung von Nachrichten) in einem Szenario der Kommunikation zwischen dem automatisierten Shuttle und Verkehrsampeln durchgeführt

⁶https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/008-verordnung-automatisierte-autonome-fahrfunktion.pdf?__blob=publicationFile; aufgerufen am 11.07.22

⁷IEEE 1609.2.1-2020, IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Certificate Management Interfaces for End Entities, <https://standards.ieee.org/ieee/1609.2.1/10172/>

⁸ ETSI TS 102 940 V2.1.1 (2021-07), Intelligent Transport Systems (ITS); Security; ITS communications security architecture and security management; Release 2.

ETSI TS 103 097 V2.1.1 (2021-10). Intelligent Transport Systems (ITS); Security; Security header and certificate formats; Release 2

(Abbildung 7). Die Studie hat die Robustheit der PKI-Architektur des ETSI gezeigt.

Es wird daher empfohlen, bei der Anschaffung von Shuttles und Straßeninfrastruktur darauf zu achten, dass die Hersteller diese Cybersicherheitsmaßnahmen in Übereinstimmung mit den ETSI-Standards in Europa implementiert haben.

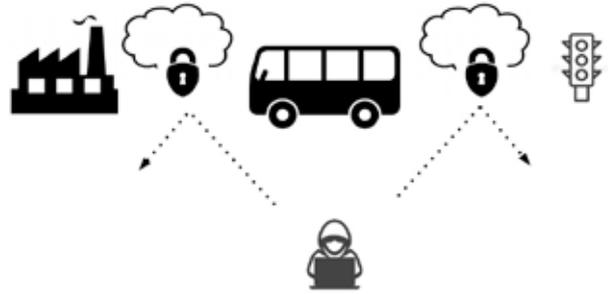


Abbildung 7: Nutzung der PKI Infrastruktur, um sich vor Cyberangriffen zu schützen

Rechtliche Rahmenbedingungen

Eine einheitliches, länderübergreifendes Genehmigungsverfahren zum Zulassungsprozess liegt im Digitalen Testfeld D-F-L noch nicht vor, sodass für die Straßenzulassung von automatisierten Fahrzeugen im grenzüberschreitenden Raum weiterhin die rechtlichen Rahmenbedingungen der jeweiligen betroffenen Länder gelten und für

die Erprobung sowie den Betrieb von Fahrzeugen mit automatisierten Funktionen separate Anträge je Versuchsland gestellt werden müssen.⁹



Geltendes Recht bis zum 31.12.2022 „für Erprobungen von Fahrzeugen mit automatisierten Fahrfunktionen“

Erprobungen automatisierter Fahrfunktionen sind grundsätzlich überall in Deutschland möglich. Regelungen zu Erprobungsfahrten finden sich in den straßenverkehrsrechtlichen

Vorschriften, insbesondere in der Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO). Die nachfolgende Tabelle führt die zuständigen Stellen im Saarland auf:

Schritte	Zuständige Behörde	Kontakt
Erteilung der Genehmigung (Betriebserlaubnis)	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz (MUKMAV)	Referat F/3 „Oberste Straßenverkehrsbehörde“ referat_F3@umwelt.saarland.de
Genehmigung der Fahrstrecke	MUKMAV (für Landes- und Bundesstraßen)	Referat F/5 „Oberste Straßenbaubehörde“: referat_F5@umwelt.saarland.de
	Autobahn GmbH (für Autobahnen)	Niederlassung West, Bahnhofsplatz 1, 56410 Montabaur, Telefon: +492602924-0
Zulassung	Zulassungsstelle des Landkreises Merzig-Wadern	Straßenverkehrs- und Kreisordnungsbehörde strassenverkehr@merzig-wadern.de / +49 6861 / 80 300
Erteilung der Genehmigung zur Personenbeförderung	MUKMAV	Referat F/6 „PBefG-Genehmigungsbehörde, ÖPNV Förderung“: referat_F6@umwelt.saarland.de.

⁹ Details zur rechtlichen Grundlage sind im Konkreten Ergebnis 78302_Prozessbeschreibung Genehmigung auf der Projekt Internetseite zu finden (<https://terminal-interreg.eu>)



Geltendes Recht ab 2023 „für den Betrieb von Fahrzeugen mit automatisierten Fahrfunktionen“

Mit dem Gesetz zur Änderung des Straßenverkehrsgesetzes und des Pflichtversicherungsgesetzes – Gesetz zum autonomen Fahren vom 12.07.2021 (BGBl. Teil I, S. 3108, ausgegeben am 27.07.2021) sind die grundlegenden Voraussetzungen geschaffen worden, um autonomes Fahren auf öffentlichen Straßen in Deutschland zu ermöglichen.

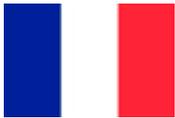
Die Verordnung zur Regelung des Betriebs von Kraftfahrzeugen mit automatisierter und autonomer Fahrfunktion und zu Änderungen straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften (AFGBV) vom 24.06.2022 ist am 01.07. 2022 in Kraft getreten. Sie regelt die Erteilung von Betriebserlaubnissen, die Genehmigung festgelegter Betriebsbereiche, die Zulassung

von Kraftfahrzeugen mit autonomer Fahrfunktion, die Marktüberwachung sowie die Anforderungen und Pflichten für den Hersteller, Halter und die Technische Aufsicht.

Der vollständige Text ist aufrufbar über den folgenden Link:

<https://www.buzer.de/AFGBV.html>

Der genaue Prozess befindet sich noch in der Abstimmung zwischen den Landes- und Bundesbehörden (Stand Q3, 2022). Es ist von daher vorgesehen, dass die bisherige Rechtslage in einer Übergangsfrist bis zum 31.12.2022 Anwendung finden soll. Auf bereits bestehende Zulassungen und laufende Projekte haben die Regelungen der AFGBV grundsätzlich keine Auswirkung.



Geltendes Recht für „Erprobungen von Fahrzeugen mit automatisierten Fahrfunktionen“

In Frankreich muss der Antragsteller, unabhängig davon, ob das Fahrzeug unter eine Typgenehmigung fällt oder nicht, einen Antrag auf Genehmigung von Erprobungen auf dem französischen Streckenabschnitt

stellen, der an das **Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires** (Ministerium für den ökologischen Übergang und den Zusammenhalt der Gebiete) zu richten ist.

Schritte	Zuständige Behörde	Kontakt
Antrag auf Genehmigung der Erprobung¹⁰	Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires UND Ministère de l'intérieur Délégation à la sécurité routière (DSR) ODER	vdptc@developpement-durable.gouv.fr; UND vdptc@interieur.gouv.fr https://www.demarches-simplifiees.fr/commencer/autorisationexperimentation-vdptc
Technische Genehmigung des Fahrzeugs	DGEC/SCEE (Service du Climat de l'Efficacité Énergétique) SD6 Sous-direction de la sécurité et des émissions de véhicules / 6A Bureau réglementation technique et homologation des véhicules	Pierre.bazzucchi@developpement-durable.gouv.fr Adjoint au chef de bureau de la réglementation technique et de l'homologation des véhicules
Genehmigung zur Personenbeförderung	Mobilitätsorganisatoren In Ausnahmefällen : DREAL Grand Est	Vom Mobilitätsdienst betroffenen Stadt- oder Gemeindeverbände rtr.st.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr
Internationale Genehmigung für grenzüberschreitende Linienverkehrsdienste¹¹	DREAL Grand Est Pôle Régulation du Transport Routier (RTR)	Lignes-internationales.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

¹⁰ Die erforderlichen Antragsunterlagen können dem Erlass vom 26. Mai 2021 unter https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2021/5/26/TRER2108356A/jo/texteJORF_n°0143_du_22_juin_2021 entnommen werden.

¹¹ Für nicht in FR ansässigen Antragsteller

Der **Antrag** kann auch online¹² gestellt werden. Dieser besteht aus verschiedenen Elementen zum Erfassen aller Erprobungsbedingungen und muss **in französischer Sprache** eingereicht werden:

- **Schreiben des Antragstellers** an den Generaldirektor

- **Fragebogen mit allen Einzelheiten des Tests** (wer, wann, wo, zu welchem Zweck, welche Fahrzeuge, Art des Personen- und Gütertransports, allgemeine technische Informationen über die Fahrzeuge, Sicherheitsfahrer, zusätzliche Ausrüstungen für die Infrastruktur, Cybersicherheitsmaßnahmen, usw.)

- **Einseitige Zusammenfassung des Tests**, die von der Verwaltung an die lokalen Behörden verteilt wird

- **Liste der betroffenen Straßen** und Name der für die Straßen zuständigen Stelle

- **Aufteilung der Straßen:**

Bezieht sich der Genehmigungsantrag für einen Test auf eine vordefinierte Strecke, muss die Strecke oder die Gesamtheit der Fahrspuren, auf die sich der Antrag bezieht, in

Abschnitte unterteilt werden, die hinsichtlich der Gefährlichkeit der befürchteten Verkehrereignisse (d.h. der Kollisionsgefahr) homogen sind. Diese Abschnitte werden schematisch durch drei Dimensionen definiert:

- die Geometrie des Fahrstreifens selbst;

- die Gestaltung des Verkehrsraums;

- die an diesen Fahrstreifen angrenzenden Bereiche, die potenziell Kollisionsrisiken bergen.

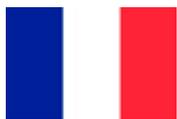
- **Art der zu prüfenden Fahrmanöver**

- **Versicherungsnachweis** für den Test und/oder die Fahrzeuge

- **Risikoanalyse** des Tests

- **Technische Daten des Fahrzeugs**, mit Frontansicht, Oberseite und Seiten des Fahrzeugs, Innenansichten des Fahrzeugs. An dem Fahrzeug vorgenommene Änderungen, Architekturdatei (funktionell und technisch) der Bordsysteme, Konnektivität und Überwachung (falls zutreffend)

Die Überprüfung des Antrags kann bis zu zehn Monate in Anspruch nehmen.



Geltendes Recht für den „Einsatz von Fahrzeugen mit automatisierten Fahrfunktionen“

Das Dekret Nr. 2021-873 vom 29. Juni 2021 legt die Bedingungen für den **Einsatz von automatisierten Fahrzeugen und Straßentransportsystemen** fest.

Ein vorläufiges Sicherheitsdossier muss unter der Verantwortung des Organizers des

Dienstes erstellt und von einer qualifizierten Stelle überprüft werden.

Die Präzisierung der Rollen zwischen bewerteten und bewertenden Stellen wird Gegenstand weiterer Arbeiten sein.

¹²<https://www.demarches-simplifiees.fr/commencer/autorisationexperimentation-vdptc>

Geltendes Recht für Erprobungen/den Einsatz von Fahrzeugen mit automatisierten Fahrfunktionen

Das Genehmigungsverfahren wird im folgenden Diagramm beschrieben. Im Rahmen einer experimentellen Zulassung eines typgenehmigten Fahrzeugs mit experimentellen Komponenten (Fall II), wie es bei dem Fahrzeug der Universität Luxemburg, das im zweiten Use Case (Mobility-on-demand) in Luxemburg der Fall ist, erteilt das Ministerium für Mobilität und öffentliche Arbeiten eine zeitlich begrenzte

Genehmigung, die die Möglichkeit bietet, autonome Fahrsysteme auf bestimmten, zuvor festgelegten öffentlichen Straßen zu testen. Diese Genehmigung wird auf der Grundlage eines gründlichen technischen Gutachtens über die Komponenten, die dem Auto hinzugefügt werden, sowie eines Fahrsicherheitstrainings durch einen technischen Dienst (ATEEL, Luxcontrol oder TÜV-Rheinland) erteilt.

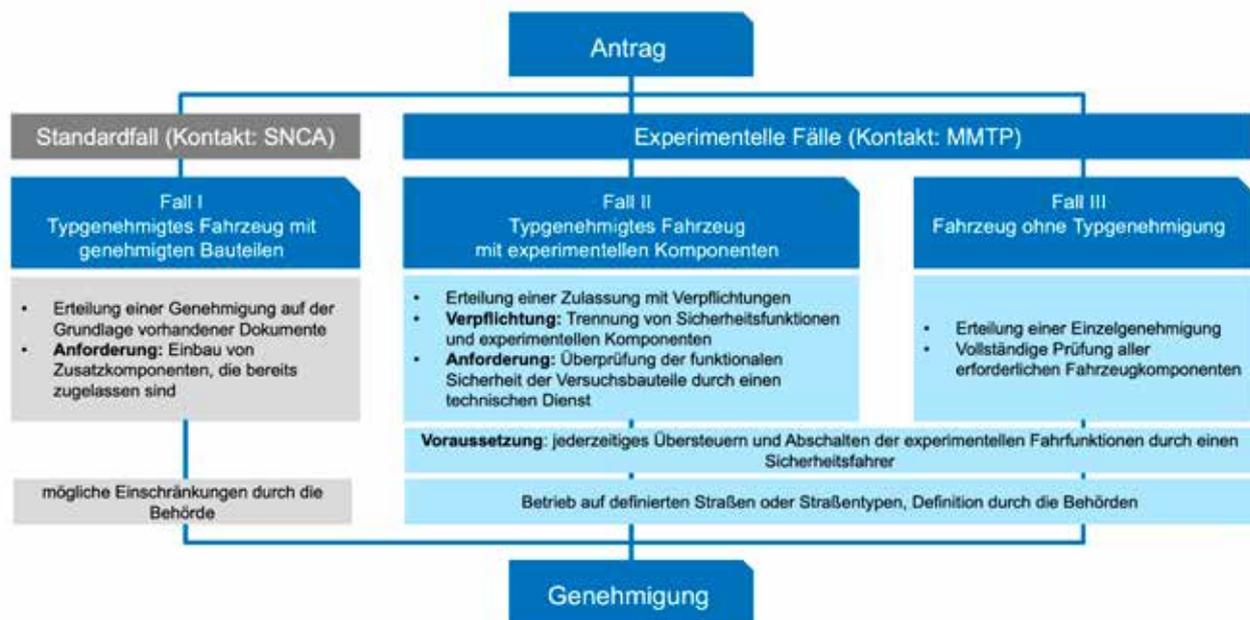


Abbildung 8: Genehmigungsverfahren

Schritte	Zuständige Behörde	Kontakt
Antrag auf Genehmigung der Erprobung	Ministerium für Mobilität und öffentliche Arbeiten (MMTP) (+352) 247-82478	Pol PHILIPPE Direction de la Technique Automobile pol.philippe@tr.etat.lu (+352) 247 84958
Genehmigung der Fahrstrecke		
Ertelung Zulassung	Société Nationale de Circulation Automobile » (SNCA) (+352) 26 626 - 400 info@snca.lu	Nico SCHMITT Service Immatriculation (+ 352) 26 626 400 nico.schmitt@snca.lu

Mögliche Anwendungen und Nutzungsindikatoren

In den nachfolgenden Abbildungen werden ausgewählte Ergebnisse aus repräsentativen Umfragen mit den Themen des automatisierten Fahrens und automatisierter Mobilitätsdienstleistungen aufgezeigt. Die Ergebnisse verdeutlichen die aktuelle Akzeptanz und Nutzungsintention von Personen aus der Großregion gegenüber dem automatisierten Fahren und automatisierter Mobilitätsdienstleistungen¹³. Zudem werden präferierte Angebotskenngößen aufgezeigt, welche für eine erfolgreiche Implementierung einer automatisierten Mobilitätsdienstleistung möglichst realisiert werden sollten.

Ergebnisse aus repräsentativen Umfragen in der Großregion*



64% der Befragten begrüßen (eher/sehr) den TERMINAL Testbetrieb¹.

Akzeptanz¹: Automatisierte Shuttlebusse werden besonders mit Leistungssteigerung und Verbesserung des ÖPNV und regionalen Imagevorteilen in Verbindung gebracht.



Nutzungsintention¹:



- 65% mit hoher Bereitschaft automatisierte Shuttles künftig zu nutzen (trotz mehrheitlich MIV-Nutzer),
- 53% anstelle des eigenen Pkw, wenn Geschwindigkeit vergleichbar mit der von herkömmlichen Bussen,
- 80% bei On-Demand Dienst.

Pooling²: Die Nutzungsintention (60%) bei einer Fahrtenbündelung ist nur marginal geringer als bei einer Fahrt ohne Pooling (63%). Dabei haben Fahrtzeitverlängerung von bis zu fünf Minuten keinen negativen Einfluss auf die Nutzungsintention.



Derzeit **Präsenz eines Fahrbegleiters** im Fahrzeug **bevorzugt¹** bzw. mit der Option einen Fahrbegleiter für die jeweilige Fahrt zu buchen².

Substitution VM²: Vor allem Wege des MIV würden durch die Nutzung von automatisierten Shuttles substituiert werden.



¹³ Eine wissenschaftliche Aufbereitung und Auswertung der Nutzerevaluation ist in Bousonville T., Rösler I., Vogt J., Wolniak N.: Performance and acceptance of a partially automated shuttle service for commuters using a Tesla Model X, ZRIP 2022 The Science and Development of Transport, Šibenik, Transportation Research Procedia forthcoming zu finden.



Nutzungszwecke¹: 82 % für **alle Arten von Strecken**, die sonst mit dem Bus zurückzulegen werden.

Hauptwegezwecke²: Vor allem für

- Freizeitwecke,
- Arbeitswege,
- Wege im Zusammenhang mit Gesundheit.

Dabei würde ein Großteil der Befragten den kompletten Weg mit einem solchen Shuttle zurücklegen.

Wartezeit²: Wartezeiten von **< 15 Minuten** bis zur Abholung haben nur einen geringen Einfluss auf die Nutzungsintention. Ab einer Wartezeit von >15 Minuten sinkt die Nutzungsintensität stark.



Buchung² per App über das Smartphone präferiert.

Die **Möglichkeit zur Reservierung²** von Fahrten wird als sehr wichtige Option für die Nutzung automatisierter Shuttles angesehen.



Abholpunkt²: Der exakte Abholpunkt sollte vor allem als virtuelle Haltestelle (App) dargestellt werden, bauliche Haltestellen spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle. Zudem sollte sich der angegebene Abholpunkt **weniger als 100 m vom Buchungsstandort** entfernt befinden.

Zahlungsbereitschaft: 75% der Befragten wünschen sich einen Preis unter 0,82 €/km. (On-Demand Dienst)²
Automatisierte Fahrt mit dem Tesla Model X: ca. 4,60 € für 12km Strecke (0,38 €/km)³.



¹* Umfrage zum Mobilitätsverhalten und Einstellungen zu automatisierten Shuttles (n= 797 Teilnehmer*innen)

² Workshops (n= 289 Teilnehmer*innen) zu innovativen Mobilitätsservices mit Schülern/Studenten/Berufstätigen/Rentner/mobilitätseingeschränkten Personen;

³ Passagierumfrage (n=67 Teilnehmer*innen)

Potenzialanalyse - Potenzialindikatoren

In welchem Maß Potenzial für die Einführung eines automatisierten Mobilitätsangebots besteht, kann anhand verschiedener Indikatoren regionsspezifisch abgeschätzt werden. Die im TERMINAL-Projekt durchgeführte Potenzialanalyse basiert auf einer Flächen- sowie Nutzungsintentionsanalyse. Die im Rahmen dieser Analysen berücksichtigten Potenzialindikatoren, werden im Folgenden kurz erläutert.

Flächenanalyse

Die Flächenanalyse unterteilt sich in die regionsspezifische Untersuchung der Siedlungs- und Gewerbestrukturen und einer Bestandsaufnahme des öffentlichen Verkehrsangebots. Als Gewerbegebiet ausgewiesene Flächen stellen Standorte dar, die Pendlerverkehr generieren. Verknüpft man diese Standorte mit den umliegenden Siedlungen ergeben sich Wegeverbindungen, die regelmäßig von Pendlerströmen frequentiert werden.

Potenzial für automatisierte Angebote besteht insbesondere in Regionen, die über ein lückenhaftes Bus- und Zugliniennetz verfügen, beziehungsweise deren Fahrangebot zeitlich nicht auf die Bedarfe potentieller Nutzer abgestimmt ist. Zu prüfen ist hierbei, ob Fahrten früh genug vor und nach geltenden Arbeitszeiten angeboten werden und ob ausreichend Zeit für Umstiege bleibt. Auch ist zu prüfen, ob das öffentliche Verkehrsangebot durchgängig an Werktagen verfügbar ist oder ob es wie bei Schulbussen zu saisonalen Einschränkungen kommt. Ähnliche Aspekte bedingen natürlich auch weitere Wegezwecke.

Die gegenüber dem Ist-Zustand resultierende Reisezeitersparnis bei Einführung eines automatisierten Angebots ist einer der Hauptindikatoren für die Abschätzung des

Potenzials. Insofern für Pendler mit der Nutzung des öffentlichen Verkehrsangebots keine signifikante Reisezeitverlängerung gegenüber dem motorisierten Individualverkehr verbunden ist, wirkt dieses Angebot attraktiv. Automatisierte Mobilitätsangebote, die Lücken im Liniennetz schließen und als Zubringer fungieren, ergänzen das öffentliche Verkehrsangebot und tragen wesentlich zu dessen Attraktivitätssteigerung bei. Grenznahe und grenzüberschreitende Korridore, in denen sich durch automatisierte Angebote wesentliche Reisezeitverkürzungen ergeben können als Potenzialräume ausgewiesen werden.

Nutzungsintentionsanalyse

Die Indikatoren, welche in einer Nutzungsintentionsanalyse untersucht werden, geben Aufschluss über die **Akzeptanz der Nutzer gegenüber neuartigen Mobilitätsangeboten**. Werden diese Ergebnisse mit den soziodemographischen Daten der Untersuchungsräume in Relation gesetzt, lassen sich in Kombination mit den Indikatoren der Flächenanalyse spezifische Korridore ausweisen, welche sich für die Einführung eines automatisierten Mobilitätsangebots anbieten.

Potenzialindikatoren

- Siedlungs- und Gewerbestrukturen
 - Pendlerverkehrsaufkommen
 - Öffentliches Verkehrsangebot
 - Liniennetzdichte
 - Fahrangebot
 - Reisezeitersparnis gegenüber bisherigen Transportmitteln
 - Abgleich der Nutzungsintention mit sozio-demographischen Regionsdaten
-

Hinweise für die Implementierung

Die Entscheidung für die Implementierung automatisierten grenzüberschreitenden ÖPNV-Verbindungen geht mit Überprüfung zahlreicher Kriterien unterschiedlicher Natur einher. Aus der im Rahmen des Projektes TERMINAL durchgeführten multidimensionalen Analyse lassen sich einige Hinweise ableiten, die zur Entscheidungsfindung beitragen können.

Zeitfaktor

Die Entscheidung für den Betrieb einer grenzüberschreitenden automatisierten Linie muss gut überlegt sein, da die **Strecke**, die für eine automatisierte Linie in Frage kommt, **geprüft** und das **Fahrzeug**, das für diese Route am besten geeignet ist, **ausgewählt** werden muss. Die **Zusammenstellung der erforderlichen Dokumente zum Antrag der notwendigen Genehmigungen** ist nicht zu unterschätzen und die Antragsprüfung selbst bis hin zum **Erlangen der**

Zulassung/Betriebserlaubnis nach einem positiv ausgefallenen technischen Gutachten kann **bis zu acht Monate** in Anspruch nehmen. Darüber hinaus könnten Anpassungen an die Infrastruktur (z.B. Straßenmarkierung oder Schilder bzw. Infrastruktursensorik) notwendig sein und müssen zeitlich auch in der Planung einfließen. Die neue Gesetzgebung sollte den Prozess vereinfachen und beschleunigen, dennoch bleibt eine gewisse **Vorplanungsphase von ca. 15 Monate** derzeit realistisch.

Kostenfaktor

Bei den aktuellen **automatisierten Shuttlebussen** handelt es sich **um Kleinserienfertigungen**. Demzufolge sind die Anschaffungskosten sehr hoch (Stand Juni 2022 – Größenordnung von ca. 300 T€).

Für die **operative Implementierung des Dienstes** müssen weitere Kosten (im fünfstelligen Bereich) berücksichtigt werden:

- **Gutachten der Strecke** (hängt von der Länge und Komplexität der Strecke ab)
- **Technisches Gutachten für die Zulassung** (bis zum 31.12.2022, danach vom Hersteller getragen)
- **Schulung der Sicherheitsfahrer/technischer Aufsicht**
- **Schulung der Kfz-Mechaniker zur Wartung von E-Fahrzeugen**
- Kosten für **Ladeinfrastruktur**

- Kosten für sichere **Abstellmöglichkeit der Fahrzeuge** (Schutz gegen Vandalismus an Sensoren)
- Kosten für **Fahrzeug-Software** (Lizenz und Updates)
- **Wartungskosten** (Kalibrierung der Sensoren)
- u.U. **Personalkosten für Technische Aufsicht** (hohe technische Anforderungen)
- u.U. **Bereitstellung und Einrichtung von Räumlichkeiten** sowie informationstechnischen Systemen für die Wahrnehmung der Pflichten der Technischen Aufsicht.

Solange ein Sicherheitsfahrer notwendig ist, bietet ein automatisiertes Shuttle keine Kostenersparnis. Diese ergibt sich erst ab Level 4 (hoch automatisiert) und einem entsprechend günstigen Verhältnis von Anzahl beaufsichtigter Fahrzeuge pro technische Aufsicht

Zu ergreifende Maßnahmen

Unterstützende Maßnahmen für das automatisierte Fahren sind u.U. zu ergreifen und sollten ggfs. mit den Mobilitäts-Aufgabenträgern der gesamten Großregion diskutiert werden.

Innerbetriebliche Maßnahmen

Sensibilisierung des Personals

Personalschulung als „Sicherheitsfahrer“

Investitionsplanung (Fahrzeugflotte, Wartung, Ladeinfrastruktur, Leitzentrale)

Künftige Personalplanung (technische Aufsicht für teleoperiertes Fahren)

Infrastrukturelle Maßnahmen

Kreuzungen mit -Kommunikations-
technologie ausstatten

Ladeinfrastruktur planen

Grünpflanz-Beschnitt planen

Parkverbote in bestimmten
Bereichen / alternative
Parkplatzflächen

Verkehrliche Maßnahmen

Bei engen Straßen über
Einbahnregelung nachdenken
Anpassung der Geschwindigkeit

Kooperationen

Grenzüberschreitende
Zusammenarbeit mit anderen
Verkehrsbetreibern

Öffentlichkeitsarbeit

Bürgerdialoge zur Erhöhung der
Nutzungsbereitschaft und
Definition konkreter Bedürfnisse für
On-Demand-Dienste

Zusammenfassung

Die multidimensionale Analyse im Vorfeld der Implementierung des Pilotbetriebs hat die Herausforderungen offengelegt, die mit dem Einsatz von automatisierten Fahrzeugen verbunden sind.

Eine **geeignete Strecke** zu definieren und ein passendes Gefäß auszuwählen erfordert eine **detaillierte technische Analyse**. Auch die notwendigen Schritte bei den involvierten Behörden für den Antrag einer **Ausnahmegenehmigung** sind **mit hohem Arbeits- und Zeitaufwand** verbunden.

Die **derzeit auf dem Markt erhältlichen automatisierten Shuttlebusse** wurden in zahlreichen Pilotprojekten bei einer maximalen Geschwindigkeit von 23 km/h eingesetzt. Diese technischen (und Sicherheits-) **Grenzen** limitieren den Einsatz solcher Shuttlebusse im ländlichen Raum auf spezifische Anwendungsfälle.

Die Durchführung des Pilotbetriebs mit einem teil-automatisierten Tesla Model X hat dennoch relevante Erkenntnisse für die Konzeption von neuen öffentlichen Mobilitätsangeboten ergeben. Die Nutzerakzeptanz während und nach der Erprobung zeugt von der grundsätzlichen Bereitschaft der Fahrgäste, ein Fahrzeug mit anderen Personen zu teilen. Wichtige Faktoren für die Nutzung sind dabei die **Schnelligkeit** und die **Flexibilität des Mobilitätsdienstes**. **On-Demand-Mobilitätsservices** stellen somit eine **vielversprechende** Alternative dar.

Auf dieser Grundlage erscheint der mögliche Einsatz von (hoch-)automatisierten Shuttlebussen als **Zubringer** zu existierenden ÖPNV-Linien im ländlichen Raum weiterhin als ein relevantes Forschungs- und Erprobungsfeld, um innovative Mobilitätsformen als Alternative zur PKW-basierten Individualmobilität voranzutreiben.

Danksagung

Das TERMINAL Projekt wurde durch den Europäischen Fond für Regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Das gesamte Konsortium möchte sich bei dem Programm INTERREG Großregion bedanken, ohne welches das Projekt nicht hätte starten können.

Darüber hinaus möchten wir uns auch bei dem Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr des Saarlandes (jetzt Umweltministerium) bedanken, das das Projekt kofinanziert hat und als operativer Partner große Unterstützung bei der Betrachtung der infrastrukturellen und rechtlichen Bedingungen zum Ausnahmegenehmigungsprozess geleistet hat.

Unser Dank gilt auch der Gemeinde Überherrn und dem Gemeindeverband Warndt (CCW), insbesondere der Bürgermeisterin Frau Yliniva-Hoffmann und dem Präsident der CCW, Jean-Paul Dastilung sowie dem Referenten für Bauen und Umwelt, Herrn Rainer Schneider und dem Referenten für Wirtschaftsentwicklung, Herrn Michael Fuchs, die uns bei der gesamten Kommunikation des Projektes, der Gestaltung des Bürgerdialogs, der praktischen Umsetzung der Testfahrten und der Organisation der finalen Veranstaltung stets zur Seite gestanden sind.

Wir möchten uns auch bei den Kreisverkehrsbetrieben Saarlouis (KVS GmbH) und Voyages Emile Weber (VEW) für ihre finanzielle und technische Unterstützung bedanken, indem sie für die Vorbereitung des Tests einen passenden Bus (VEW) und für die Realisierung des Testbetriebs fünf Fahrbegleiter und einen Abstellort für das Fahrzeug frei zur Verfügung gestellt haben (KVS GmbH).

Zusätzlich möchten wir uns bei unseren weiteren strategischen Partnern bedanken, insbesondere bei Dr. Neff vom Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Landwirtschaft und Weinbau Rheinland-Pfalz (MWVLW) für den Erfahrungsaustausch mit anderen und vergleichbaren Projektvorhaben, die durch das Ministerium gefördert werden; bei Herrn Antoine Montonen und Herrn Etienne Chermette der Direction Régionale Environnement Aménagement Logement Grand-Est (DREAL) für ihre unterstützende Rolle als Bindeglied zu den nationalen französischen Behörden zu allen rechtlichen Fragen; die DGITM für die Aktualisierung der geltenden Regeln; bei Herrn Eric Langlais vom Département Moselle für seine Hilfe bei der Auswahl und Evaluation des Streckenverlaufs, Frau Feunteun-Schmidt und Herrn Frédéric Marsal vom IBA und Frau Galliou vom Eurodistrict Saar Moselle für die Lieferung von Daten zu Pendlerströmen und Verkehrszahlen.



Projektimpressionen / Impressions du projet



Schengen, 04/2019: Offizielle Eröffnung des DFL-Testfeldes / Inauguration officielle du site expérimental DFL



SnT-Team mit dem Doppeldecker von Voyages Emile Weber, der die Sammlung von technischen Daten ermöglichte/ Equipe du SnT devant le bus à impériale de Voyages Emile Weber qui a permis la collecte de données techniques



Workshops mit verschiedenen Zielgruppen zum Erfassen der Anforderungen an automatisierte On-Demand Angebote / Ateliers avec différents groupes cibles pour la collecte des attentes envers des offres autorisées à la demande

Projektimpressionen / Impressions du projet



Gewerbegebiet im Häsfeld-Überherrn:
Ein regelmäßiger Nutzer des automatisierten Shuttles/
zone industrielle „Im Häsfeld“-Überherrn: un usager régulier
de la navette autonome



Überherrn: Tag der offenen Tür/ Journée portes ouvertes



Fahrt im automatisierten Modus bei
hoher Geschwindigkeit /
Trajet en mode automatisé à grande
vitesse

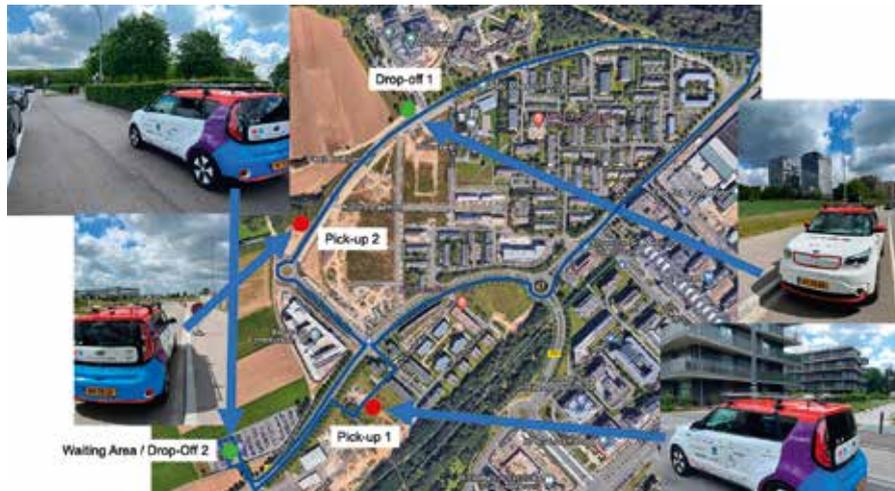
Creutzwald: Erste Sammelstelle am Busbahnhof /
Premier point de collecte à la gare routière



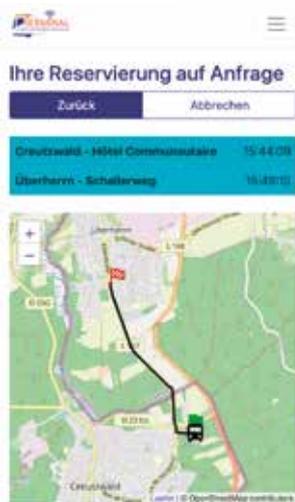
Projektimpressionen / Impressions du projet



Automatisierte Mobilität on Demand: Demo in Luxemburg-Kirchberg/
 Mobilité à la demande automatisée: démonstration au Luxembourg-Kirchberg



Automatisierte Mobilität on Demand: Demostrecke/
 Mobilité à la demande automatisée: Itinéraire de la démonstration



Web-App für die Reservierung einer Fahrt/
 Application web pour la réservation d'un trajet



**Version
française**

Sommaire	
Préface	2
Objectifs du projet TERMINAL	3
Sélection des navettes automatisées	4
Conditions requises relatives à l'infrastructure	7
Infrastructure routière	7
Infrastructure numérique	9
Infrastructure de recharge	10
Conditions requises relatives à la sécurité	11
Formation des conducteurs de sécurité/ du superviseur technique	11
Cyber sécurité de la communication sans fil véhiculaire	11
Conditions légales requises	13
En Allemagne	13
En France	15
Au Luxembourg	17
Applications possibles et indicateurs d'utilisation	18
Analyse de potentiel – Indicateurs de potentiel	20
Analyse de la zone géographique	20
Analyse de l'intention d'utilisation	20
Indicateurs de potentiel	21
Conseils pour la mise en œuvre	22
Facteur temps	22
Facteur coûts	22
Mesures à prendre	23
Conclusion	24
Remerciements	25

Préface

La mobilité est l'un des thèmes prioritaires pour le développement économique durable dans la Grande Région (GR). Avec 11,5 millions d'habitants et près de 250.000 frontaliers, dont la grande majorité (197.000) en direction du Luxembourg, la GR compte le plus grand nombre de frontaliers de l'UE. En conséquence, de nombreux conducteurs passent de nombreuses heures dans les embouteillages.



Figure1: Bouchon à Luxembourg-ville

Pour résoudre ce problème, il ne suffit pas d'élargir les autoroutes avec des voies supplémentaires et d'encourager ainsi le transport individuel. Il faut plutôt repenser les concepts traditionnels de mobilité publique et les combiner avec des technologies innovantes et tournées vers l'avenir, afin de rendre les transports publics compétitifs et attrayants et de les garantir à l'avenir.

Les navettes automatisées, des véhicules entièrement électriques et donc silencieux et sans émissions de CO₂, combinent les développements technologiques liés à l'électromobilité, la numérisation et l'automatisation. En même temps, elles offrent une réponse aux changements sociaux, en particulier en ce qui concerne la volonté de partager des objets et des services (économie du partage). Les domaines et les scénarios d'utilisation des navettes automatisées sont à l'essai depuis la dernière

décennie et abordent la question de savoir comment des lignes de transport existantes peuvent être automatisées à l'avenir et complétées par des services de desserte. De nombreux projets pilotes lancés en Europe et dans le monde depuis 2015 montrent que les transports publics automatisés peuvent offrir une toute nouvelle possibilité de mobilité à l'avenir.

Pour le secteur des transports publics, il est donc nécessaire de se pencher à temps sur ces développements afin d'exploiter les opportunités offertes par les véhicules autonomes et de contrer leurs risques. Le projet INTERREG TERMINAL a été mené par cinq partenaires de la GR entre 2019 et 2022 afin d'explorer les nombreux défis posés par les services de mobilité (partiellement) automatisés dans leur mise en œuvre pratique. Ce guide résume les principaux résultats du projet.

Objectifs du projet TERMINAL

Le projet TERMINAL avait pour objectif de développer des solutions de mobilité innovantes et durables afin d'améliorer la mobilité quotidienne des travailleurs frontaliers dans la GR.



Figure 2: Navette automatisée TERMINAL au passage de la frontière Überherrn -Creutzwald

Il s'agissait d'étudier tout d'abord les possibilités offertes par les moyens de transport routier automatisés dans le cadre du trafic transfrontalier (service de navettes pour les transfrontaliers entre Creutzwald [F] et Überherrn [D]) et dans un deuxième temps un concept de mobilité à la demande entre Thionville [F] et Luxembourg ville [L] et de préparer leur mise en place successive dans le cadre d'un projet pilote.

L'intégration de véhicules automatisés et connectés dans les offres de transport public existantes - sous la forme de services de navettes ou de services de mobilité à la demande - ouvre des potentiels d'amélioration/de flexibilisation de l'offre, d'amélioration de la sécurité routière et de réduction des émissions liées à la mobilité. En outre, la mise en œuvre de modèles de transport transfrontaliers automatisés pourrait contribuer à renforcer la Grande Région en tant que site économique et pôle d'innovation.

L'intégration de lignes transfrontalières automatisées dans l'offre de transport public nécessite tout d'abord une analyse des multiples défis liés à l'utilisation de véhicules automatisés et, dans le contexte du projet TERMINAL, des aspects supplémentaires de nature juridique.

Pour que l'expérimentation pilote fonctionne, il faut examiner les questions d'autorisation, les défis techniques concernant l'infrastructure et le véhicule à utiliser, ainsi que l'acceptation du service par les utilisateurs, afin de permettre une intégration efficace des véhicules automatisés dans un système de transport transfrontalier multimodal.

TERMINAL, en tant que premier projet transfrontalier de conduite automatisée en zone rurale, s'est toutefois heurté à quelques défis juridiques et techniques, de sorte qu'il a finalement fallu choisir non pas une navette automatisée mais une Tesla Model X comme véhicule d'essai afin de pouvoir desservir le long trajet expérimental de manière

partiellement automatisée. L'offre de mobilité à la demande n'a pu être testée qu'au Luxembourg, faute d'un consensus trinational pour le processus d'autorisation.

Sur la base de l'expérience acquise, ce guide met à la disposition des entreprises de transport de la Grande Région un aperçu systématique détaillé des aspects à prendre en compte lors de la planification d'offres de

transport automatisées dans un contexte transfrontalier.

Sur la base des expériences acquises, ce guide met à la disposition des entreprises de transport de la Grande Région un aperçu systématique des aspects à prendre en compte lors de la planification d'offres de transport automatisées dans un contexte transfrontalier.

Sélection des navettes automatisées

Afin d'évaluer l'état actuel de la technique et les limites du système des navettes hautement automatisées actuelles, une analyse de marché a été réalisée. L'analyse technique se base donc sur les modèles de navettes identifiés.

Parmi les modèles de véhicules actuellement disponibles sur le marché, il faut distinguer deux modes de fonctionnement différents : La conduite sur un **rail virtuel** (le véhicule suit de manière rigide la ligne prédéfinie) et la conduite dans un **couloir de circulation prédéfini ou virtuel** (zone à l'intérieur du marquage de la chaussée dans laquelle le véhicule est capable d'agir de manière autonome). Les deux principes ont en commun le fait que les véhicules se voient imposer un cadre fixe pour leurs déplacements au sein de l'espace de circulation. Cela signifie que l'itinéraire à parcourir est mesuré en détail. Toutes les coordonnées GPS nécessaires sont déterminées et enregistrées dans le véhicule sur une carte numérique de haute précision spécialement conçue pour le trajet. Pendant le trajet, le véhicule s'oriente d'une part sur **les points GPS précis** et d'autre part sur ce que l'on appelle les **points de repère**. Les points de repère sont des marquages sur la chaussée et des poteaux de guidage, afin que les capteurs (lidar, radar, etc.) puissent créer un modèle de l'environnement.



Figure 3: Marquage au sol supplémentaire pour la localisation du véhicule réalisé pour le projet TERMINAL

La conduite à l'intérieur d'un corridor de circulation virtuel prend de plus en plus d'importance dans ce contexte, car elle permet une gestion dynamique des obstacles.

La navigation s'effectue au moyen de coordonnées GPS programmées qui reproduisent le trajet défini au préalable (rail virtuel). Pour ce faire, on utilise un système GPS différentiel (DGPS) ou RTK (Real Time Kinematic), qui permet une localisation très précise avec un écart pouvant aller jusqu'à 1 cm.

En résumé, il convient de mentionner expressément que les navettes actuellement disponibles sur le marché ne peuvent circuler que là où une trajectoire a été définie au préalable. Les obstacles ne sont évités que si

le véhicule a été autorisé à le faire dans certaines limites. En ce qui concerne le rail virtuel, cela signifie que le véhicule suit de manière rigide l'itinéraire défini et qu'il contourne très rarement, voire jamais, les obstacles. Si le véhicule s'approche par exemple d'un usager de la route dynamique

(piéton, voiture ou autre), il réduit sa vitesse en conséquence.

Le tableau 1 donne un aperçu des caractéristiques techniques des navettes. Le fabricant américain Local Motors a annoncé le 14.01.2022 qu'il cessait ses activités et n'est plus mentionné.

Tableau 1: Données techniques des navettes autonomes - partie 1¹⁴

Véhicule	HFM Busbee	ZF 2getthere	e.GO Mover
Siège social	Allemagne	NL- Allemagne	Allemagne
Moteur	Electrique	Electrique	Electrique
Génération	NC	GRT3	NC
SAE Level	NC	3+ (voie séparée)	NC
Localisation	Technologie de capteurs (caméra, lidar et radar)	Syst. magnétique intégré au revêtement de la chaussée	Technologie de capteurs (caméra, lidar et radar)
Chargement	Par conduction	Par conduction	Par conduction
Places	6 - 7 sièges + conducteur	8 sièges, 14 debout	10 sièges, 5 debout
Rampe	Oui, électrique	NC.	NC
Longueur	4,10 m – 6,50 m	6,044 m	4,94 m
Largeur	2,00 m		2,01 m
Hauteur	2,10 m	2,784 m	2,55 m
Rayon de braquage	5,50 m	15 m	5,50 m
Poids à vide	1.050 kg (Motion-board!)	4.500 kg	2.100 kg
Poids total	3.500 kg	6.650 kg	3.500 kg
Vitesse maximale	Tech. possible 100 km/h Manuel: 50 km/h Automatisé: 25 km/h	Automatisé: 40 km/h (pas sur voies publiques)	Manuel: 60 km/h Automatisé: 25 km/h
Autonomie environ.	150 km / 10 h	NC	10 h
Dénivelé max.	10 - 18 %	NC..	NC.
Temps de charge	22kw (AC/DC) / min. 1h	Charge rapide CCS2	4,5 h
Capacité	20 kWh	36,8 kWh	60 kWh
Température de fonctionnement	NC	NC	NC

¹⁴ Données des fabricants – Etat 07/2022

Tableau 1: Données techniques des navettes autonomes – partie 2¹⁵

Véhicule	Navya Arma	EasyMile EZ10
Siège social	France	France
Moteur	Electrique	Electrique
Génération		Gen 3b
SAE Level	4 (superviseur technique)	4 (superviseur technique)
Localisation	Technologie de capteurs (caméra, lidar et radar)	Technologie de capteurs (caméra, lidar et radar)
Chargement	Induction et conduction	Par conduction
Places	11 sièges, 4 debout	6 sièges, 4 debout
Rampe	Oui, manuelle	Oui, électrique
Longueur	4,75 m	4,02 m
Largeur	2,11 m	2,00 m
Hauteur	2,50 m	2,87 m
Rayon de braquage	< 4,50 m	5,50 m
Poids à vide	2.400 kg	2.030 kg
Poids total	3.450 kg	3.030 kg
Vitesse maximale	Automatisé: 25 km/h	Automatisé: 20 km/h
Autonomie environ.	130 km / 9 h	8 h – max. 10 h
Dénivelé max.	12 %	15 %
Temps de charge	8 h – 3,6kW 4 h – 7,2kW	6 h – 5,7kW
Capacité	33 kWh	30,72 kWh
Température de fonctionnement	-10°C à +40°C	-15 °C à + 35°C

Après avoir consulté tous les fabricants présentés, un seul d'entre eux a accepté d'examiner l'itinéraire. Il s'est avéré par la suite que les in-

dications figurant dans le tableau 1 sont purement théoriques ou techniques. Dans les intégrations existantes des véhicules, ceux-ci circulent à une vitesse maximale d'environ 20km/h.

¹⁵ Données des fabricants – Etat 07/2022

Conditions requises relatives à l'infrastructure

Infrastructure routière

Toutes les routes ne se prêtent pas à l'utilisation de véhicules automatisés. Lors de la planification d'un itinéraire pour l'exploitation de navettes autonomes, il faut donc tenir compte de différents facteurs d'influence. Ceux-ci résultent de **l'espace routier**, des **influences exogènes**, des **caractéristiques du véhicule** et de la **technique de conduite** d'un véhicule sur la voie publique (cf. figure 4).

Les facteurs d'influence cités permettent de définir les limites du système lors de l'utilisation de navettes autonomes, que l'on peut distinguer en **limites spatiales et techniques**, en **limites fonctionnelles** et en **limites juridiques**. Celles-ci influencent où et sous quelle forme un rail virtuel ou un couloir de circulation virtuel peut être planifié et utilisé.

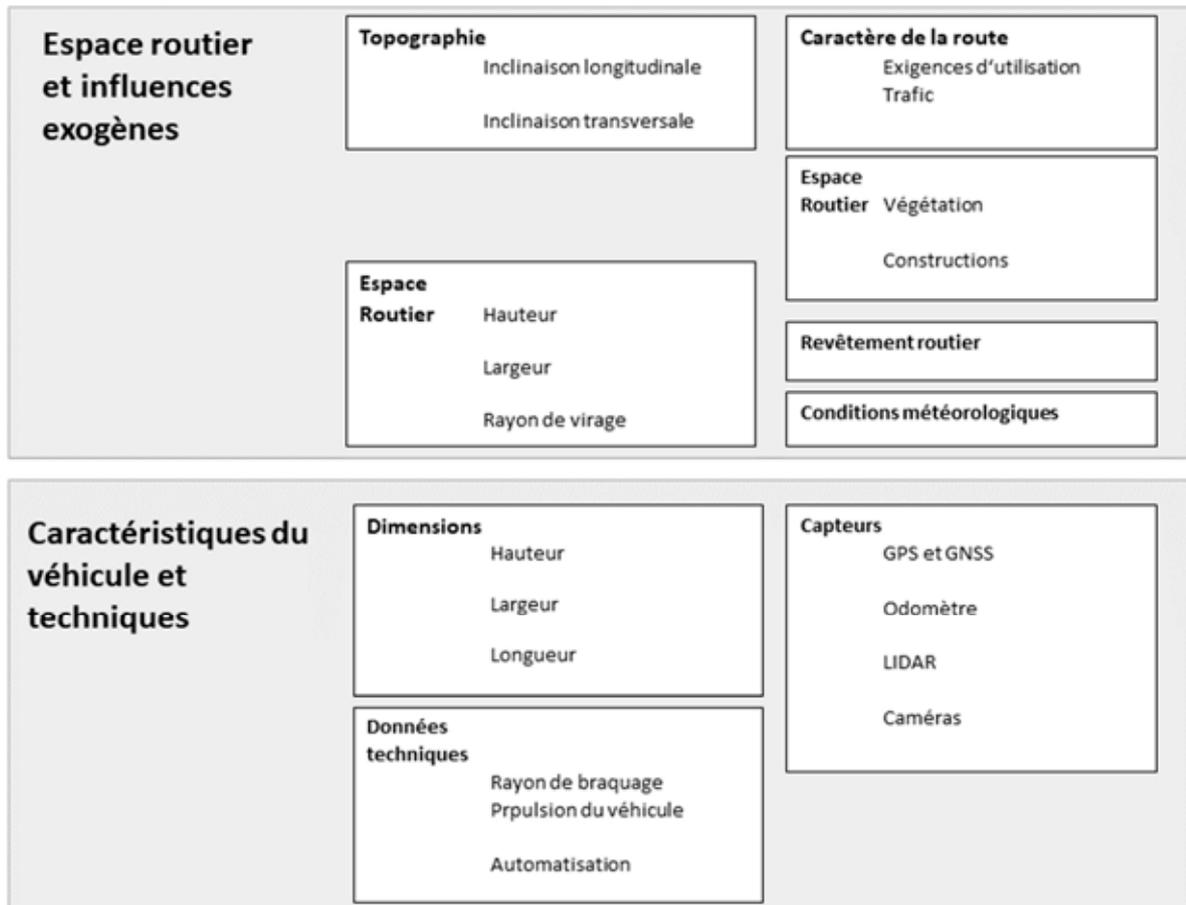


Figure 4: Facteurs d'influence sur le fonctionnement des navettes autonomes¹⁶

¹⁶ Rentschler, Christoph; Herrmann, Leonie; Kurth, Detlef; Manz, Wilko; Rumberg, Martin (2020): Technische und rechtliche Systemgrenzen in der Routenplanung autonomer Shuttlebusse. In: Heike Proff (Hg.): Neue Dimensionen der Mobilität: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, p. 319–331

Limites spatiales et-techniques du système

Un véhicule automatisé a besoin d'un espace déterminé, lié aux dimensions du véhicule et à l'espace routier, pour pouvoir se déplacer en toute sécurité dans le trafic, y compris en cas de rencontre avec d'autres usagers de la route. Le gabarit, l'espace de circulation, l'espace de mouvement et l'épure de giration constituent des **limites techniques du système dans l'espace**. En outre, des montées ou des descentes trop longues peuvent entraîner une surchauffe du moteur électrique et donc une interruption imprévue du fonctionnement du véhicule.

On peut en déduire **les largeurs et hauteurs minimales de voies** à maintenir libres (voir figure 5).

Ces limites spatiales et techniques resteront variables à long terme pour les navettes autonomes, car il ne faut pas s'attendre à une réduction des dimensions des véhicules ou à une augmentation de l'espace routier.

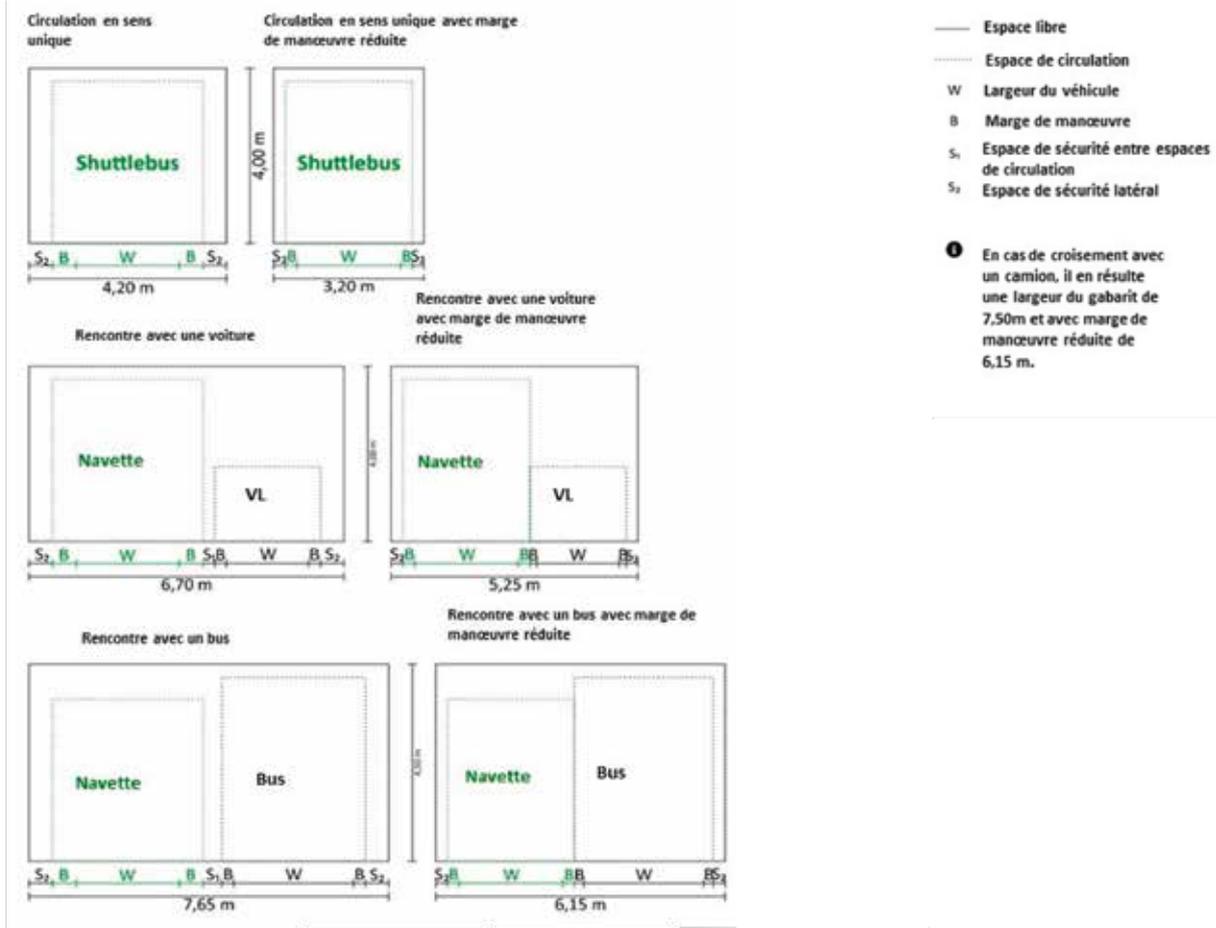


Figure 5 : Gabarits d'une navette autonome¹⁷

¹⁷ Rentschler, Christoph; Herrmann, Leonie; Kurth, Detlef; Manz, Wilko; Rumberg, Martin (2020): Technische und rechtliche Systemgrenzen in der Routenplanung autonomer Shuttlebusse. In: Heike Proff (Hg.): Neue Dimensionen der Mobilität: Technische und betriebswirtschaftliche Aspekte. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 319–331

Limites fonctionnelles et techniques du système

Pour une conduite autonome, le système doit pouvoir s'orienter et percevoir son environnement sans restriction. La fusion des capteurs, c'est-à-dire la superposition des données de différents capteurs et le calcul d'une image globale, revêt donc une grande importance. En raison des limites du système mentionnées ci-dessus, les **rues étroites**, le **stationnement bilatéral dans l'espace routier**, la **circulation en sens inverse**, les **entrées et les sorties** ainsi que le **manque de distance de sécurité lors des manœuvres de dépassement** entraînent **des arrêts d'urgence**. Les situations d'intersection, les passages piétons ou autres ne peuvent pas être franchis de manière autonome à l'heure actuelle.

Dans les rues étroites, les navettes autonomes devraient être mises en sens unique et leur

vitesse adaptée afin de minimiser les risques supplémentaires liés à la circulation en sens inverse. Le stationnement devrait être organisé de manière à ce que le véhicule autonome ne soit pas confronté à des obstacles supplémentaires. En cas de réorganisation du trafic de stationnement, il convient de mettre à la disposition des riverains des surfaces de stationnement alternatives à proximité immédiate. Les perturbations des capteurs dues à l'absence ou à l'imprécision des signaux GNSS ou GPS peuvent être évitées ou du moins réduites par l'installation d'antennes supplémentaires dans la rue.

Compte tenu de l'évolution rapide de la technique au cours des dernières années, il est prévisible que les limites fonctionnelles et techniques des systèmes ne seront plus pertinentes à long terme.

Infrastructure numérique

Pour que la conduite autonome soit possible, une infrastructure numérique doit être disponible en plus des capteurs. Celle-ci comprend une **cartographie numérique** détaillée, un **réseau de téléphonie mobile** couvrant l'ensemble du territoire et un **système de positionnement** précis (par ex. GALILEO et/ou GPS). Typiquement, ces données contiennent des **informations 3D** sur l'environnement routier, telles que la hauteur des trottoirs et des bâtiments, la largeur des routes, ainsi que des informations très détaillées sur les carrefours, la signalisation routière et les règles de circulation (par exemple, la limite de vitesse). La **difficulté** réside dans la collecte et la gestion de ces **données** afin qu'elles soient **toujours à jour**. Ces données sont une condition préalable importante pour que les véhicules autonomes

puissent s'orienter dans leur environnement et calculer des trajectoires sûres. Pour mettre ces données à la disposition du véhicule en temps quasi réel, il est indispensable de disposer d'un réseau de téléphonie mobile rapide couvrant l'ensemble du territoire. Les nouvelles technologies telles que la 5G permettront de transmettre ces informations aux véhicules rapidement et en toute sécurité. Tous les tests réalisés dans le cadre du projet dans la Grande Région ont pu s'appuyer sur une couverture réseau suffisante en 4G. Si la couverture réseau n'est pas disponible, la cartographie numérique peut également être stockée dans le véhicule.

Comme décrit précédemment, la conduite est basée sur des coordonnées GPS programmées. Un GPS différentiel ou un

service RTK (Real Time Kinematic), qui permettent une **localisation très précise** avec un écart pouvant aller jusqu'à 1 cm, sont donc impérativement nécessaires. La technologie utilisée dépend également du fabricant. Parmi les recommandations des fabricants, on peut

citer **l'abonnement NRTK de Leica Geosystems** (<https://leica-geosystems.com/>). **L'achat du service doit être effectué par l'opérateur** et n'est pas pris en charge par le fabricant de navettes.

Infrastructure de recharge

Toutes les navettes autonomes analysées utilisent un système de propulsion électrique à batterie. Lors de la décision de mettre en place une ligne de navettes automatisées, il convient donc de vérifier l'infrastructure de recharge existante (privée et publique) ou la nécessité d'installer de nouvelles bornes de recharge pour desservir le trajet.

Actuellement, les véhicules automatisés ne peuvent circuler que sur les lignes autorisées dans le cadre de la dérogation accordée. Par conséquent, l'emplacement de la borne de recharge la plus proche doit impérativement se trouver à proximité immédiate de l'itinéraire, puisque le cadre juridique prévoit que le trajet doit également être autorisé.

Le point de recharge et le garage ne sont pas liés géographiquement, mais il est recommandé de les regrouper pour des raisons de simplicité. En particulier dans les zones rurales, une infrastructure de recharge dédiée assure

la disponibilité nécessaire de la borne de recharge et de ce fait une charge fiable.

Un raccordement électrique de 230V, triphasé ou monophasé - Type2 Mennekes - à partir de 7,4kW - (comme sur l'illustration 6) est nécessaire pour charger une navette.



Figure 6: Borne de recharge

Conditions requises relatives à la sécurité

Formation des conducteurs de sécurité/ du superviseur technique

Les conditions cadres des dérogations actuelles prévoient qu'un système hautement automatisé doit être surveillé en permanence et que la prise en charge manuelle par l'homme doit pouvoir se faire dans un temps de réaction raisonnable.

En cas d'utilisation de véhicules automatisés dans lesquels le **conducteur de sécurité est encore à bord**, celui-ci doit être formé à l'utilisation du système par le fabricant.

La **formation payante** est **spécifique à chaque fabricant**. Dans la plupart des cas, une formation des formateurs par le fabricant est possible afin que l'entreprise de transport puisse

former d'autres opérateurs de manière indépendante.

Dans le cas **d'un véhicule automatisé télécommandé**, le **superviseur technique** doit démontrer son aptitude à jouer ce rôle, en plus de la **formation spécifique** au fabricant. Une **formation technique tertiaire approfondie** est par ex. nécessaire en Allemagne à cet effet (voir le §14 du nouveau décret relatif à la réglementation de l'exploitation des véhicules à moteur à conduite automatisée et autonome du 24-06-2022 pour plus de détails)¹⁸.

Cyber sécurité de la communication sans fil véhiculaire

La cyber-sécurité des véhicules autonomes repose sur un échange de données fiable et sécurisé entre les véhicules et des infrastructures de bord de routes comme des feux de signalisation. Le système de communication sans fil est communément appelé V2X (Vehicle-to-everything).

Les constructeurs se doivent d'utiliser du matériel et système de communication résistant aux cyber-attaques possibles. Notamment en respectant les standards de l'IEEE ou de l'ETSI en vigueur qui reposent sur l'infrastructure à

clé publique PKI (Public key infrastructure) pour assurer la cyber sécurité par authentification et la vie privée en utilisant des certificats pseudonymes à temps limité.

Dans le cadre du projet TERMINAL, une étude plus poussée a été réalisée sur plusieurs types d'attaques (brouillage radio, modification du type de véhicule, capture et rejoue des messages) dans un scénario de la communication entre la navette automatisée et des feux de trafic (Illustration 7). L'étude a montré la robustesse de l'architecture PKI de l'ETSI.

¹⁸https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/008-verordnung-automatisierte-autonome-fahrfunktion.pdf?__blob=publicationFile, aufgerufen am 07/22

Il est donc recommandé, lors de l'acquisition des navettes et des infrastructures routières, de s'assurer que les fabricants ont bien implémenté ces mesures de cyber sécurité en conformité avec les standards ETSI en Europe.

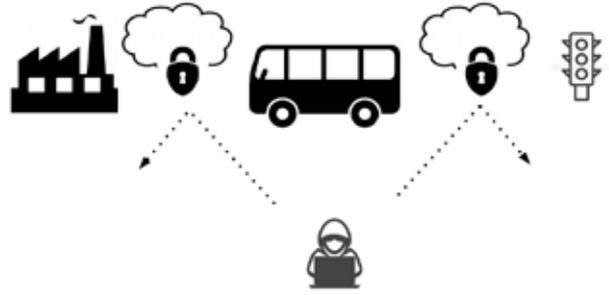


Figure 7: Utilisation de l'infrastructure PKI pour se protéger des cyberattaques

Conditions légales requises

Une procédure d'autorisation uniforme et transnationale pour le processus d'homologation n'est pas encore disponible au sein du site expérimental numérique D-F-L, de sorte que l'homologation routière des véhicules automatisés dans l'espace transfrontalier reste soumise aux conditions-cadres juridiques des pays concernés respectifs et que des demandes sé-

parées doivent être déposées par pays d'expérimentation aussi bien pour les essais que le déploiement de véhicules dotés de fonctions automatisées.¹⁹



Droit en vigueur jusqu'au 31-12-2022 pour les « expérimentations de véhicules à délégation de conduite »

Les essais de systèmes de conduite automatisés sont en principe possibles partout en Allemagne. Les règles relatives aux essais de conduite se trouvent dans les dispositions du droit de la cir-

culacion routière, en particulier dans le règlement relatif à l'admission des véhicules à la circulation routière (StVZO). Le tableau ci-dessous énumère les services compétents en Sarre :

Etapes	Autorités compétentes	Contact
Délivrance de l'autorisation (d'exploitation)	Ministerium für Umwelt, Klima, Mobilität, Agrar und Verbraucherschutz (MUKMAV)	Unité F/3 „Oberste Straßenverkehrsbehörde“ referat_F3@umwelt.saarland.de
Approbation de l'itinéraire	Oberste Straßenbaubehörde en Sarre (pour les routes nationales et fédérales)	Unité F/5 „Oberste Straßenbaubehörde“: referat_F5@umwelt.saarland.de
	Autobahn GmbH (pour les autoroutes)	Niederlassung West, Bahnhofplatz 1, 56410 Montabaur, Tél.: +49-2602924-0
Réception	Zulassungsstelle des Landkreises Merzig-Wadern	Straßenverkehrs- und Kreisordnungsbehörde strassenverkehr@merzig-wadern.de / +49 6861 / 80 300
Délivrance de l'autorisation de transport de personnes	MUKMAV	Unité F/6 „PBefG-Genehmigungsbehörde, ÖPNV Förderung“: referat_F6@umwelt.saarland.de

¹⁹ Des détails concernant le cadre juridique sont disponibles dans le livrable 78302_Description procédé homologation en consultant le site internet du projet (<https://terminal-interreg.eu>)



Droit en vigueur à partir de 2023 pour le « déploiement de véhicules à délégation de conduite »

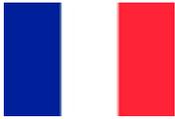
Avec la loi sur la conduite autonome du 12.07.2021 (BGBl. partie I, p. 3108, publiée le 27.07.2021) qui réforme la loi sur la circulation routière et celle de l'assurance obligatoire -, les conditions de base ont été créées pour permettre la conduite autonome sur les routes publiques en Allemagne.

L'ordonnance relative à la réglementation de l'exploitation des véhicules automobiles dotés d'une fonction de conduite automatisée et autonome et aux modifications des prescriptions du droit de la circulation routière (AFGBV) du 24-06-2022 est entrée en vigueur le 01-07-2022. Elle régleme l'octroi de permis d'exploitation, l'autorisation de zones d'ex-

ploitation définies, l'homologation de véhicules à moteur dotés d'une fonction de conduite autonome, la surveillance du marché ainsi que les exigences et les obligations pour le fabricant, le détenteur et le superviseur technique. Le texte complet peut être consulté via le lien suivant :

<https://www.buzer.de/AFGBV.html>

Le processus exact est encore en cours de coordination entre les autorités régionales et fédérales (situation au troisième trimestre 2022). Il est donc prévu que la situation juridique actuelle s'applique pendant une période transitoire jusqu'au 31.12.2022. Les dispositions de l'AFGBV n'ont en principe aucun effet sur les autorisations déjà existantes et les projets en cours.



Droit en vigueur pour les « expérimentations de véhicules à délégation de conduite »

En France, que le véhicule fasse l'objet d'une réception ou non, le demandeur doit déposer une demande d'autorisation d'expérimenta-

tion sur le tronçon français, adressée au **Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires**.

Etapes	Autorités compétentes	Contact
Demande d'autorisation d'expérimentation²⁰	Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires ET Ministère de l'intérieur Délégation à la sécurité routière (DSR) OU	vdptc@developpement-durable.gouv.fr; ET vdptc@interieur.gouv.fr https://www.demarches-simplifiees.fr/commencer/autorisationexperimentation-vdptc
Homologation du véhicule	DGEC/SCEE (Service du Climat de l'Efficacité Energétique) SD6 Sous-direction de la sécurité et des émissions de véhicules / 6A Bureau réglementation technique et homologation des véhicules	Pierre.bazzucchi@developpement-durable.gouv.fr Adjoint au chef de bureau de la réglementation technique et de l'homologation des véhicules
Délivrance de l'autorisation de transport de personnes	Autorité Organisatrice du Service Exceptionnellement : DREAL Grand Est	Communauté de communes/d'agglomération concernée par le service de transport rtr.st.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr
Autorisation internationale de service régulier transfrontalier (entreprises établies hors F)	DREAL Grand Est ; Pôle Régulation du Transport Routier (RTR)	lignes-internationales.dreal-grand-est@developpement-durable.gouv.fr

²⁰ Les documents nécessaires à la demande peuvent être consultés dans l'arrêté du 26 mai 2021 sur https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrrete/2021/5/26/TRER2108356A/jo/texteJORF_n°0143 du 22 juin 2021.

La demande peut également être effectuée par le biais de la télé-procédure²¹ spécifique.

Elle se compose de différents éléments afin d'appréhender toutes les conditions de l'essai et doit être soumise en français :

- **Lettre de la demande** au directeur général
- **Questionnaire contenant tous les détails de l'expérimentation** (qui, quand, où, à quelles fins, quels véhicules, type de système de transport entre passagers et marchandises, informations techniques générales des véhicules, conducteurs de sécurité, équipements supplémentaires de l'infrastructure, mesures de cyber sécurité, etc...)
- **Fiche de synthèse d'une page de l'expérimentation** à diffuser par l'administration aux collectivités locales
- **Liste des routes concernées** et nom de l'entité responsable de ces routes
- le **découpage des routes** :
Lorsque la demande d'autorisation d'expérimentation porte sur un itinéraire prédéfini, l'itinéraire ou l'ensemble des voies sur lequel porte la demande doit être divisé en

sections homogènes du point de vue de la criticité des événements de circulation redoutés (c'est-à-dire présentant un risque de collision). Ces sections sont définies, schématiquement, par trois dimensions :

- la géométrie de la voie de circulation elle-même ;
- l'aménagement de l'espace de circulation ;
- celles adjacentes à cette voie, qui génèrent potentiellement des risques de collisions.

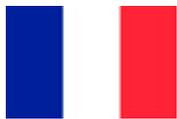
- **Type de manœuvres** à tester

- **Certificat d'assurance** pour l'expérimentation et ou pour les véhicules

- **Document d'analyse des risques** de l'expérimentation

- **Informations techniques du véhicule**, avec vue de face, dessus et côtés du véhicule, vues de l'intérieur du véhicule. Modifications apportées au véhicule, dossier d'architecture (fonctionnelle et technique) des systèmes embarqués, connectivité et supervision (si applicable).

L'examen de la demande peut prendre jusqu'à dix mois.



Droit en vigueur pour le « déploiement de véhicules à délégation de conduite »

Le décret n°2021-873 du 29 juin 2021 fixe les conditions de **déploiement des véhicules et des systèmes de transports routiers automatisés**. Un dossier préliminaire de sécurité doit être établi sous la responsabilité de l'organisateur

du service et doit être vérifié par un organisme qualifié.

La précision des rôles entre les entités évaluées et évaluatrices va encore faire l'objet de travaux.

²¹ <https://www.demarches-simplifiees.fr/commenter/autorisationexperimentation-vdptc>

Droit en vigueur pour les expérimentations/le déploiement de véhicules à délégation de conduite

La procédure d'autorisation est décrite dans le diagramme ci-dessous. Dans le cadre d'une homologation expérimentale d'un véhicule homologué avec des composants expérimentaux (cas II), comme c'est le cas pour le véhicule de l'Université du Luxembourg, dans le deuxième cas d'utilisation (Mobility-on-demand) au Luxembourg, le **Ministère de la Mobilité et des Travaux publics** délivre une autorisation tem-

poraire qui offre la possibilité de tester des systèmes de conduite autonome sur certaines routes publiques prédéfinies. Cette autorisation est délivrée sur base d'une expertise technique approfondie des composants qui seront ajoutés à la voiture et d'une formation à la sécurité de conduite par un service technique (ATEEL, Luxcontrol ou TÜV-Rheinland).

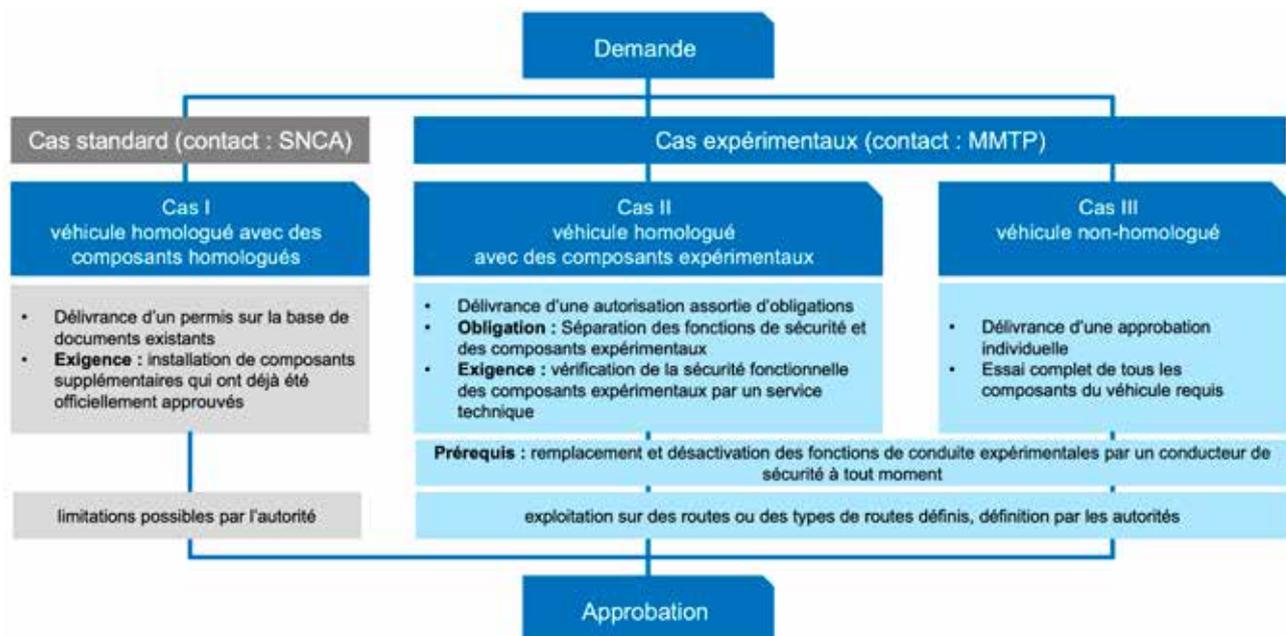


Figure 8: Procédure d'autorisation

Étapes	Autorités compétentes	Contact
Délivrance de l'autorisation d'expérimentation	Ministerium für Mobilität und öffentliche Arbeiten (MMTP) (+352) 247-82478	Pol PHILIPPE Direction de la Technique Automobile pol.philippe@tr.etat.lu (+352) 247 84958
Approbation de l'itinéraire		
Réception du véhicule	Société Nationale de Circulation Automobile » (SNCA) (+352) 26 626 - 400 info@snca.lu	Nico SCHMITT Service Immatriculation (+ 352) 26 626 400 nico.schmitt@snca.lu

Applications possibles et indicateurs d'utilisation

Les illustrations suivantes présentent une sélection de résultats d'enquêtes représentatives sur les thèmes de la conduite automatisée et des services de mobilité automatisés. Les résultats mettent en évidence l'acceptation et l'intention d'utilisation actuelles des personnes de la Grande Région vis-à-vis de la conduite automatisée et des services de mobilité automatisés²². En outre, ils montrent les paramètres d'offre préférés qui devraient être réalisés dans la mesure du possible pour une mise en œuvre réussie d'un service de mobilité automatisé.

Résultats d'enquêtes représentatives en Grande Région*.



64% des personnes interrogées saluent (plutôt/très) l'expérimentation **TERMINAL**.¹

Acceptation¹: Les navettes automatisées sont particulièrement associées à l'amélioration des performances des transports publics ainsi qu'à des avantages en termes d'image régionale



Intention d'utilisation¹:



- 65% de forte propension d'utilisation future des navettes automatisées (malgré une majorité d'utilisateurs de transport privé motorisé =TPM),
- 53% à la place de sa voiture privée à condition que la vitesse soit comparable à celle d'un bus conventionnel,
- 80% pour une offre à la demande.

Mutualisation des transports²: L'intention d'utilisation (3,68/5 points sur l'échelle de Likert) en cas de regroupement de trajets n'est que légèrement inférieure à celle d'un trajet sans regroupement (4,00/5 points). Pas d'impact négatif sur l'intention d'utilisation si le temps de trajet supplémentaire ne dépasse pas 5 minutes.



Actuellement, **préférence** pour un **accompagnateur présent**¹ dans le véhicule ou option de réserver un accompagnateur pour le trajet concerné².

Substitution du moyen de transport²: Ce sont surtout les trajets en voiture individuelle qui seraient substitués par l'utilisation de navettes automatisées.



²² Un rapport et une analyse scientifiques de l'évaluation des utilisateurs sont disponibles dans Bousonville T., Rösler I., Vogt J., Wolniak N. : Performance and acceptance of a partially automated shuttle service for commuters using a Tesla Model X, ZRIP 2022 The Science and Development of Transport, Šibenik, Transportation Research Procedia forthcoming



Usages¹ : 82% pour tous les types de trajets habituellement effectués en bus.

Motifs majeurs du trajet²: Surtout pour

- les loisirs,
- se rendre au travail,
- des trajets relatifs à la santé.

Une grande partie des personnes interrogées effectuerait le trajet complet avec une telle navette.

Temps d'attente²: Des durées d'attente de < 15 minutes avant la collecte n'ont qu'une influence minimale sur la propension d'utilisation. A compter de >15 minutes, l'intention d'utilisation diminue fortement.



Réservation² Préférence pour une application web par le biais d'un smartphone.

Pouvoir réserver ses trajets à l'avance² est perçu comme une option très importante pour l'utilisation de navettes automatisées.



Point de collecte²: Le point de collecte exact doit apparaître (dans l'application) comme un arrêt virtuel, les arrêts aménagés ne jouent qu'un rôle secondaire dans ce contexte. En outre, le point de collecte indiqué doit se situer **moins de 100 m du lieu de réservation.**

Disposition à payer: 75% des personnes interrogées souhaitent un prix inférieur à 0,82 €/km. (service à la demande)²
Trajet automatisé en Tesla Model X : environ 4,60 € pour un trajet de 12 km (0,38 €/km)³.



¹* Enquête sur les comportements de déplacements et les attitudes envers les navettes autonomes (n= 797 participant(e)s)

²)ateliers (n= 289 participant(e)s) au sujet de services de mobilité innovants avec des élèves/étudiant(e)s/personnes actives/retraité(e)s/personnes à mobilité réduite;

³)enquête auprès des passagers (n=67 participant(e)s).

Analyse de potentiel – Indicateurs de potentiel

Le potentiel d'introduction d'une offre de mobilité automatisée peut être évalué région par région à l'aide de différents indicateurs. L'analyse du potentiel réalisée dans le cadre du projet TERMINAL se base sur une analyse des surfaces et de l'intention d'utilisation. Les indicateurs de potentiel pris en compte dans le cadre de ces analyses sont brièvement expliqués ci-dessous.

Analyse de la zone géographique

L'analyse de la zone géographique se subdivise en une étude spécifique à la région des **structures résidentielles et industrielles** et un inventaire de **l'offre de transports publics**. Les zones industrielles représentent des sites qui génèrent un trafic pendulaire. En reliant ces sites aux agglomérations environnantes, on obtient des liaisons qui sont régulièrement fréquentées par des flux de navetteurs.

Le potentiel des offres automatisées est particulièrement important dans les régions où le réseau de bus et de trains est incomplet ou dont les horaires ne sont pas adaptés aux besoins des utilisateurs potentiels. Il convient de vérifier si les trajets sont proposés suffisamment tôt avant et après les heures de travail et s'il reste suffisamment de temps pour les correspondances. Il convient également de vérifier si l'offre de transports publics est disponible en permanence les jours ouvrables ou si elle est soumise à des restrictions saisonnières, comme c'est le cas pour les bus scolaires. Des aspects similaires conditionnent bien entendu d'autres motifs de déplacement.

Le **gain de temps de déplacement** résultant de l'introduction d'une offre automatisée par rapport à la situation actuelle est **l'un des principaux indicateurs pour l'évaluation du potentiel**. Dans la mesure où l'utilisation de l'offre de transport public n'entraîne pas un allongement significatif du temps de trajet pour les navetteurs par rapport au transport individuel motorisé, cette offre est attractive. Les offres de mobilité automatisées, qui comblent les lacunes du réseau de lignes et fonctionnent comme des dessertes de liaison,

complètent l'offre de transports publics et contribuent de manière significative à l'amélioration de son attractivité. Les corridors transfrontaliers et proches de la frontière, dans lesquels des offres automatisées permettent de réduire considérablement les temps de trajet, peuvent être désignés comme zones potentielles.

Analyse de l'intention d'utilisation

Les indicateurs examinés dans le cadre d'une analyse d'intention d'utilisation fournissent des informations sur **l'acceptation par les usagers des nouvelles offres de mobilité**. La mise en relation de ces résultats avec les données sociodémographiques des zones étudiées permet, en combinaison avec les indicateurs de l'analyse des surfaces, de mettre en évidence des corridors spécifiques qui se prêtent à l'introduction d'une offre de mobilité automatisée.

Indicateurs de potentiel

- Structures résidentielles et industrielles
 - Trafic pendulaire
 - Offre de transports publics
 - Densité du réseau de lignes de bus
 - Fréquence de l'offre
 - Gain de temps de déplacement par rapport aux moyens de transport actuels
 - Mise en relation de la propension d'utilisation avec les données sociodémographiques de la région
-

Conseils pour la mise en œuvre

La décision de mettre en œuvre des services de transports publics transfrontaliers automatisés implique l'examen de nombreux critères de nature différente. L'analyse multidimensionnelle réalisée dans le cadre du projet TERMINAL permet de dégager quelques pistes qui peuvent contribuer à la prise de décision.

Facteur temps

La décision d'exploiter une ligne automatisée transfrontalière doit être mûrement réfléchie, car il faut **examiner l'itinéraire** qui peut être emprunté par la ligne automatisée et **choisir le véhicule** le mieux adapté à celui-ci. Il ne faut pas sous-estimer le temps nécessaire pour rassembler les **documents requis pour les demandes d'autorisations nécessaires** et l'examen de la demande elle-même jusqu'à **l'obtention de l'autorisation/récep-**

tion du véhicule après un avis technique positif qui peut prendre jusqu'à **huit mois**. En outre, des adaptations de l'infrastructure (par ex. marquage routier ou panneaux ou capteurs d'infrastructure) peuvent être nécessaires et doivent être prises en compte dans la planification. La nouvelle législation devrait simplifier et accélérer le processus, cependant, une certaine **phase de pré-planification d'environ 15 mois** reste réaliste à l'heure actuelle.

Facteur coûts

Les **navettes automatisées actuelles** sont fabriquées en **petite série**. Par conséquent, les coûts d'acquisition sont très élevés (situation en juin 2022 - ordre de grandeur d'environ 300 k€).

Pour la **mise en œuvre opérationnelle du service**, d'autres coûts (à cinq chiffres) doivent être pris en compte :

- **Examen de l'itinéraire** (dépend de la longueur et de la complexité du parcours)
- **Expertise technique pour l'homologation** (jusqu'au 31.12.2022, ensuite à la charge du fabricant)
- **Formation des conducteurs de sécurité/du superviseur technique**
- **Formation des mécaniciens à la maintenance de véhicules électriques**
- **Coûts de l'infrastructure de recharge**
- **Coûts pour le stationnement sécurisé des véhicules** (protection contre le vandalisme

des capteurs)Coûts du **logiciel du véhicule** (licence et mises à jour)

- **Coûts de maintenance** (étalonnage des capteurs)
- Eventuellement **frais de personnel pour la surveillance technique** (exigences techniques élevées)
- Eventuellement, **mise à disposition et installation de locaux** et de systèmes informatiques pour l'exercice des fonctions de supervision technique.

Tant qu'un chauffeur de sécurité est nécessaire, une navette automatisée ne permet pas de réaliser des économies. Celle-ci n'apparaît qu'à partir du niveau 4 (hautement automatisé) et d'un ratio favorable entre le nombre de véhicules surveillés et le nombre de superviseurs techniques.

Mesures à prendre

Des mesures de soutien pour la conduite automatisée doivent éventuellement être prises et, le cas échéant, discutées avec les autorités responsables de la mobilité dans l'ensemble de la Grande Région.

Mesures opérationnelles internes

Sensibilisation du personnel
 Formation du personnel comme "opérateurs"
 Planification des investissements
 (flotte de véhicules, entretien, infrastructure de recharge, centre de contrôle)
 Planification future du personnel
 (supervision technique pour la conduite téléopérée)

Mesures infrastructurelles

Equipements des croisements avec une technologie de communication
 Planification de l'infrastructure de recharge
 Planification de l'élagage
 Interdiction de stationnement dans certains secteurs / emplacements de stationnement alternatifs

Mesures concernant la circulation

Réflexion sur une circulation à sens unique dans le cas de routes étroites
 Adaptation de la vitesse

Coopérations

Coopération transfrontalière avec d'autres opérateurs de transport

Relations publiques

Dialogues citoyens pour augmenter la propension à utiliser les navettes automatisées et définir les besoins concrets d'offres à la demande

Conclusion

L'analyse multidimensionnelle préalable à la mise en œuvre de l'opération pilote a révélé les défis liés à l'utilisation de véhicules automatisés.

La définition d'un **itinéraire approprié** et le choix d'un véhicule adapté nécessitent une **analyse technique détaillée**. Les démarches nécessaires auprès des autorités impliquées pour demander une **dérogation** nécessitent également **beaucoup de travail et de temps**.

Les **navettes automatisées actuellement disponibles sur le marché** ont été utilisées dans le cadre de nombreux projets pilotes à une vitesse maximale de 23 km/h. Ces **limites techniques** (et de sécurité) restreignent l'utilisation de telles navettes dans les zones rurales à des cas d'application spécifiques.

La réalisation de l'opération pilote avec une Tesla Model X partiellement automatisée a

néanmoins permis de tirer des enseignements pertinents pour la conception de nouvelles offres de mobilité publique. L'acceptation des utilisateurs pendant et après l'expérimentation témoigne de la volonté fondamentale des passagers de partager un véhicule avec d'autres personnes. Les facteurs importants pour l'utilisation sont ici la **rapidité** et la **flexibilité du service de mobilité**. Les **services de mobilité à la demande** représentent donc une alternative prometteuse.

Sur cette base, l'utilisation possible de navettes (hautement) automatisées pour **desservir** les lignes de transport public existantes dans les zones rurales apparaît toujours comme un champ de recherche et d'expérimentation pertinent pour promouvoir des formes de mobilité innovantes comme alternative à la mobilité individuelle basée sur la voiture.

Remerciements

Le projet TERMINAL a été subventionné par le Fonds européen de développement régional (FEDER). L'ensemble du consortium tient à remercier le programme INTERREG Grande Région, sans lequel le projet n'aurait pas pu voir le jour.

Nous souhaitons également remercier le Ministère de l'Economie, du Travail, de l'Energie et des Transports de la Sarre (aujourd'hui Ministère de l'Environnement) qui a cofinancé le projet et qui, en tant que partenaire opérationnel, a apporté un grand soutien dans la prise en compte des conditions infrastructurelles et juridiques pour le processus d'autorisation exceptionnelle.

Nous remercions également la commune de Überherrn et la Communauté de communes du Warndt (CCW), en particulier Mme Yliniva-Hoffmann, mairesse, et Jean-Paul Dastilling, président de la CCW, ainsi que M. Rainer Schneider, conseiller en charge des constructions et de l'environnement, et M. Michael Fuchs, conseiller en charge du développement économique, qui nous ont toujours soutenus dans la communication globale du projet, la mise en place du dialogue avec les citoyens, la réalisation pratique des essais et l'organisation de la manifestation finale.

Nous souhaitons également remercier les sociétés Kreisverkehrsbetriebe Saarlouis (KVS GmbH) et Voyages Emile Weber (VEW) pour leur soutien financier et technique, soit via la gracieuse mise à disposition d'un bus adapté pour la préparation du test entre la France et le Luxembourg (VEW) et celle de cinq conducteurs et d'un emplacement pour le véhicule (KVS GmbH) pendant toute l'expérimentation.

Nous souhaitons également remercier nos autres partenaires stratégiques, en particulier M. Andreas Neff du Ministère de l'Economie, des Transports, de l'Agriculture et de la Viticulture de Rhénanie-Palatinat (MWVLW) pour l'échange d'expériences avec d'autres projets comparables soutenus par le Ministère; MM. Antoine Montenon et Etienne Chermette de la Direction Régionale Environnement Aménagement Logement Grand-Est (DREAL) pour leur rôle de soutien et de liaison avec les autorités nationales françaises pour toutes les questions juridiques ; la DGITM pour la mise à jour des règles en vigueur ; M. Eric Langlais du Département de la Moselle pour son aide dans le choix et l'évaluation de l'itinéraire, Mme Feunteun-Schmidt et M. Frédéric Marsal de l'OIE et Mme Galliou de l'Eurodistrict Saar Moselle pour la fourniture de données sur les flux transfrontaliers et les chiffres de trafic.



Impressum

Herausgeber/Editeur

Projektkonsortium / consortium du projet TERMINAL

www.terminal-interreg.eu

Beitragende Institutionen/Institutions ayant contribué à la rédaction

Operative Partner des Projekts TERMINAL/Partenaires financiers du projet TERMINAL:

htw saar

Ministerium für Umwelt,
Klima, Mobilität, Agrar
und Verbraucherschutz

SAARLAND



**TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN**

uni.lu
UNIVERSITÄT
LUXEMBURG

Druck/ Impression

Kern GmbH

Auflage/Edition

30 Exemplare/30 exemplaires

Fotonachweis/Crédits photos

Cover: ©Grande Région ; Isabelle Rösler, htw saar ; S.4 ©Isabella Finzi / Editpress ; S.5 ©Brainworks ; S.6 Isabelle Rösler, htw saar ; S.12 © KVS GmbH ; S.28 Abb. 1 SnT, Abb. 2-5 Isabelle Rösler, htw saar ; S. 29 Abb. 1,2,4 Isabelle Rösler, htw saar , Abb. 3 ©TV8; S.30 Abb. 1-2 SnT ; Abb. 3-4 Loria; Rückcover: Isabelle Rösler, htw saar



Gefördert durch/ financé par

• Ministerium für Umwelt,
Klima, Mobilität, Agrar
und Verbraucherschutz

SAARLAND 