
Konzeption einer Leitstelle für einen kombinierten Personen- und Gütertransport im ÖPNV mit autonomen Shuttles und Transportrobotern

Julia Wolf*, Daniela Schneider, Sandra Tjaden, Justin Ziegenbein

Siehe AutorInnenangaben

Abstract

Das TaBuLa-LOGplus Projekt entwickelt eine Leitstelle für einen kombinierten Personen- und Gütertransport im ÖPNV mit autonomen Shuttles und Transportrobotern. Dabei werden betriebliche und gesetzliche Rahmenbedingungen von ÖPNV und Logistik sowie deren Automatisierung berücksichtigt und die Auswirkungen autonomer Fahrzeugtechnologie auf Tätigkeiten und Prozesse analysiert. Die Konzeption der Leitstelle erfolgt modular für den autonomen ÖPNV und die Logistik sowie deren Verschneidung und schließt mit der Darstellung unterschiedlicher Umsetzungsszenarien ab.

Schlagwörter / Keywords:

Autonomes Fahren, autonome Transportroboter, autonome Liefersysteme, Leitstelle, technische Aufsicht, Huckepackverkehr, ÖPNV

1. Einleitung

Die ÖPNV- und Logistikbranche stehen derzeit vor ähnlichen Herausforderungen: Viele Personen, die im Fahrdienst tätig sind, werden in den nächsten Jahren in den Ruhestand gehen. Der VDV meldet, dass bis zum Jahr 2030 jährlich etwa 4.000 bis 6.000 BusfahrerInnen wegfallen werden (VDV 2023). Die geplante Verkehrswende und die einhergehende Steigerung des ÖPNV-Angebots erfordern jedoch eine Erhöhung der Personalanzahl. In der Logistikbranche zeigt eine Studie, die der Bundesverband Paket und Expresslogistik e. V. in Auftrag gegeben hat, ein ähnliches Bild: In den nächsten zehn Jahren ist in der Branche der Kurier-, Express- und Paketdienste insgesamt mit mehr als 50.000 altersbedingt ausscheidenden Beschäftigten zu rechnen, obwohl aufgrund des Marktwachstums mehr Mitarbeitende notwendig werden (Esser und Kurte 2023).

Um dem Personalmangel entgegenzuwirken, versprechen sich Expertinnen und Experten vom Einsatz selbstfahrender bzw. autonomer Fahrzeuge die Möglichkeit, vakante Fahrpersonalstellen ausgleichen zu können, da eine Person mehrere Fahrzeuge überwachen kann. Der Einsatz kann sowohl im ÖPNV zum Personentransport als auch in der Logistik zur Auslieferung von Gütern erfolgen.

Heutzutage ist gesetzlich vorgeschrieben, dass manuelle und automatisierte Fahrzeuge im öffentlichen Straßenraum von natürlichen Personen begleitet werden müssen. Autonome Fahrzeuge (siehe Straßenverkehrsgesetz (StVG) und Autonome-Fahrzeuge-Genehmigungs-und-Betriebs-Verordnung (AFGBV)) dürfen hingegen in einem festgelegten Betriebsbereich auch ohne Begleitperson fahren, wenn sie durch eine sogenannte technische Aufsicht überwacht werden. Diese Person muss in der Lage sein, auch aus der Ferne Fahrmanöver freizugeben oder das Fahrzeug zu deaktivieren (§ 1d sowie § 1e StVG). Sie übernimmt gemeinsam mit der automatisierten Fahrfunktion im Fahrzeug die Fahraufgabe und kann sowohl betrieblich als auch systemisch in die Leitstelle eines Unternehmens integriert werden.

2. Projektvorstellung

Das Projekt TaBuLa-LOGplus ist das dritte Projekt im TaBuLa-Umfeld. Es läuft unter der Förderung des BMDV im Rahmen der Förderrichtlinie „Ein zukunfts-fähiges, nachhaltiges Mobilitätssystem durch automatisiertes Fahren und Vernetzung“ von April 2022 bis Dezember 2024 und baut auf den Erfahrungen der beiden Vorgängerprojekte auf. ProjektpartnerInnen sind die Technische Universität Hamburg mit dem Institut für Technische Logistik (ITL) und dem

Institut für Verkehrsplanung und Logistik (VPL) sowie die Interlink GmbH und die Palaimon GmbH.

Das erste TaBuLa-Projekt befasste sich 2018 bis 2021 mit der Integration eines automatisierten Shuttles in den bestehenden ÖPNV in Lauenburg/Elbe (Schleswig-Holstein). Dabei wurde ein automatisiertes Shuttle der Marke NAVYA im Mischverkehr mit Fahrgästen betrieben (Gertz et al. 2021). Darauf aufbauend kamen im zweiten Projekt (2020 bis 2022), welches den Zusatz LOG (für Logistik) erhielt, ein automatisierter Transportroboter und ein weiteres NAVYA-Shuttle hinzu. Der Transportroboter lieferte Hauspost und kleine Päckchen zwischen den Gebäuden der Stadtverwaltung aus und fuhr auf größeren Distanzen „huckepack“ in den automatisierten Shuttles mit. Wie auch im Vorgängerprojekt erfolgte der Betrieb der Shuttles im Realbetrieb mit Fahrgästen, wobei zusätzlich der Transportroboter im Fahrgastraum befördert wurde. Durch die Kombination von Personen- und Gütertransport können die Kapazitäten des angebotsgesteuerten ÖPNV besser ausgenutzt und die Effizienz erhöht werden. (Gertz et al. 2022)

Um die beiden Branchen effizient zu kombinieren und Synergien zu nutzen sowie um der Gesetzgebung zu entsprechen, wird im dritten Projekt, aufbauend auf den Erkenntnissen der Vorgängerprojekte, eine prototypische Leitstelle konzipiert und implementiert. Diese soll eine Grundlage für die effiziente Nutzung des kombinierten Personen- und Gütertransportes bilden. Es werden dazu die eigens in TaBuLa-LOG entwickelten und im aktuellen Projekt weiterentwickelten Transportroboter genutzt. Darüber hinaus kommt ein konventioneller Linienbus zum Einsatz, der vom Projektteam mit der notwendigen Technologie für die Kommunikation mit der Leitstelle ausgerüstet wird. Dies erlaubt die Untersuchung, mit welchen zusätzlichen Komponenten ein konventioneller Bus in eine kombinierte Leitstelle integriert werden kann. Die theoretische Konzeptionierung der Leitstelle erfolgt hingegen auf der Grundlage eines autonomen Shuttles, um eine zukunftsgerichtete Perspektive einzunehmen.

3. Ist-Situation in ÖPNV und Logistik

Zur Konzeptionierung einer Leitstelle wird im ersten Schritt die Ist-Situation für manuell gesteuerte Flotten in den beiden Branchen abgebildet. Dazu werden die Tätigkeiten der Disposition/Leitstelle und des Fahrdienstes in beiden Branchen für manuelle Betriebe dargelegt und anschließend auf den Einsatz

von Fahrzeugen ohne Fahrpersonal übertragen sowie die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den kombinierten Betrieb dargestellt. Zusätzlich wird der Ist-Zustand der Güterbeförderung im ÖPNV kurz dargelegt.

ÖPNV

Die Konzeptionierung erfolgt für die Personenbeförderung in erster Linie für den Linienverkehr, da dieser ein langfristiges und planbares Angebot bedient und so eine planbare Grundlage für die Gütermithnahme liefert. Der Bedarfsverkehr hingegen ist durch ein flexibleres räumliches und zeitliches Angebot geprägt. Dadurch wird eine Planung der Güterbeförderung im Voraus erschwert.

Personen werden im ÖPNV grundsätzlich durch Verkehrsunternehmen befördert. Diese fahren ein von den Aufgabenträgern bestelltes Angebot (Dorsch 2019). Die Verkehrsunternehmen bedienen dabei in der Regel vier Tätigkeitsbereiche: Betrieb, Technik, Vertrieb und Marketing sowie Verwaltung (Sluga 2022). Die Leitstelle kann dem Bereich des Betriebs zugeordnet werden, welcher in den nachfolgenden Ausführungen genauer betrachtet wird. Tabelle 1 zeigt die typischen Tätigkeiten in der Personenbeförderung aufgeteilt in Leitstelle und Fahrdienst auf.

Die entgeltliche oder geschäftsmäßige Beförderung von Personen im ÖPNV unterliegt dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG). Darin sind verschiedene Pflichten aufgezeigt, welche die Verkehrsunternehmen beachten müssen. Unter anderem die Betriebspflicht (§ 21 PBefG), welche besagt, dass ein genehmigter Betrieb zwingend aufgenommen und aufrechterhalten werden muss, sowie die Beförderungspflicht (§ 22 PBefG), welche das Verkehrsunternehmen zur Beförderung von Fahrgästen verpflichtet.

Logistik

Für die Konzeptionierung der Logistikkomponente wurde ein Kleinguttransport zugrunde gelegt, da dieser in den automatisierten Transportrobotern huckepack in den Shuttles erfolgen kann. Diese sind durch ihre begrenzte Größe nicht in der Lage größere Güter zu transportieren. Die genauen Abmaße können dabei je nach Aufbau des Transportroboters variieren.

Die in Tabelle 2 aufgezeigten relevanten transportbezogenen und dispositiven Tätigkeiten werden nachfolgend in die Bearbeitung einbezogen. Weitere Tätigkeiten sind nicht Gegenstand der Betrachtung.

Tabelle 1: Typische Tätigkeiten Personenbeförderung

Rolle	Leitstelle		Fahrdienst
Tätigkeiten	Tätigkeiten im Innendienst	Tätigkeiten im Außendienst	
Details			Kernaufgaben
	Planung & Disposition des Betriebes	Strecken- und Infrastrukturkontrolle	Fahraufgabe (Verkehrssituation erfassen, Fahrmanöver durchführen etc.)
	Koordination Fahrzeugeinsatz und -tausch	Personalkontrolle und Hilfestellung	Abfahrtskontrolle vor Fahrtantritt
	Koordination Personal	Vorschriftenkontrolle	Verkehrssicherheit sicherstellen
	Überwachung Linienwege	Koordination mit Einsatzkräften	Meldung Störungen/Vorfälle
	Koordination mit Einsatzkräften	Unterstützung bei Ersatzverkehr o. Unfällen	Kommunikation mit Einsatzkräften (bei Störungen)
	Überwachung Prozesse und Einhaltung Fahrplan	Unfallbearbeitung & Sicherung der Unfallstelle	weitere Tätigkeiten
	Koordination Außendienst		Hilfestellung für Fahrgäste leisten (z. B. Bedienung der Rampe)
	Unfallbearbeitung		Fahrgastauskunft
	Plandaten für Dispositionsschnittstelle und Fahrgäste bereitstellen		Ticketverkauf und -kontrolle
	Echtzeitdaten für externe Systeme bereitstellen		ggf. Fahrzeug laden/tanken
	Anschlussicherung gewährleisten		ggf. kleinere Reinigungs- und Wartungsaufgaben
	Fahrgäste über größere betriebliche Ereignisse/Veränderungen informieren		
	Dienstantrittskontrolle		
	Umleitungen planen		
Erfassen nichtautomatisiert erfasster Betriebsdaten			
kundInnenbezogene Ansprechperson			

Quelle: Eigene Zusammenstellung unter Verwendung Kölner Verkehrs-Betriebe AG 2023; VDV-Akademie 2023; Adler 2016

Die Logistik unterliegt anderen rechtlichen Rahmenbedingungen als die Personenbeförderung: So sind die Vertragsbeziehungen zwischen den Unternehmen im Handelsgesetzbuch (HGB) oder den Allgemeinen Deutschen Spediteurbedingungen (ADSp) geregelt. Beim Versenden eines Gutes werden ein Speditionsvertrag (§§ 453ff. HGB), ein Frachtvertrag

(§§ 407ff. HGB) und ein Kaufvertrag (§§ 433ff. BGB) geschlossen. Diese stellen die rechtlichen Rahmenbedingungen dar, zu denen ein Gut befördert wird. Sobald die Verträge geschlossen und die rechtlichen Rahmenbedingungen erfüllt sind, kann der Transport von Gütern durchgeführt werden.

Tabelle 2: Typische Tätigkeiten Güterbeförderung

Rolle	Disposition	Fahrdienst	
Tätigkeiten	Tätigkeiten im Innendienst		
Details			Kernaufgaben
	Touren planen		Fahraufgabe (Verkehrssituation erfassen, Fahrmanöver durchführen etc.)
	Fahrzeugeinsatz planen		Abfahrtskontrolle vor Fahrtantritt
	Stauraum planen		Verkehrssicherheit sicherstellen
	Versandpapiere erstellen		Meldung Störungen/Vorfälle
	Auftragsmanagement		Kommunikation mit Einsatzkräften (bei Störungen)
	Transportüberwachung		Ladung sichern
			Fahrrouten planen
			Empfangsbestätigung vom Empfänger einfordern
			weitere Tätigkeiten
		Ggf. Fahrzeug be- und entladen	
		Ggf. Be- und Entladung überwachen	
		ggf. Fahrzeug laden/tanken	

Quelle: Eigene Zusammenstellung nach Flämig 2015; VDI 2001; Tjaden 2023

Gütermitnahme im ÖPNV

Die Güterbeförderung im ÖPNV wird in Deutschland an verschiedenen Orten untersucht und erprobt. Beispielsweise im Rahmen des kombiBUS (Monheim et al. 2014).

Die rechtliche Lage zur Gütermitnahme im ÖPNV ist in Deutschland nicht eindeutig. Laut § 8 Abs. 1 PBefG ist der ÖPNV „die allgemein zugängliche Beförderung von Personen mit Straßenbahnen, Obussen und Kraftfahrzeugen im Linienverkehr, die überwiegend dazu bestimmt sind, die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen“. Es ergibt sich demnach die Möglichkeit, nicht ausschließlich Personen in Fahrzeugen des ÖPNV zu befördern. Ergänzend regeln die Allgemeinen Beförderungsbedingungen nach der *Verordnung über die Allgemeinen Beförderungsbedingungen für den Straßenbahn- und Obusverkehr sowie den Linienverkehr mit Kraftfahrzeugen (BefBedV)* oder die *Besonderen Beförderungsbedingungen*, welche abweichend von Verkehrsunternehmen/-verbänden festgelegt werden können, die Beförderung von Sachen. Dadurch ergeben sich unterschiedliche Voraussetzungen. Manche Verkehrsunternehmen und -verbände definieren dabei Bus-Kuriergüter als unbegleitete Sachen (siehe beispielsweise Bodensee-Oberschwaben Verkehrsverbund GmbH 2023). Sachen unterliegen, im Gegensatz zu Personen, nicht der Beförderungspflicht nach § 22 PBefG und können somit unter Umständen von der Beförderung ausgeschlossen werden (§ 11 Abs. 1 und Abs. 5 BefBedV). Gefährliche Sachen, wie „*explosionsfähige, leicht entzündliche, radioaktive, übelriechende oder ätzende Stoffe*“ sowie „*unverpackte oder ungeschützte Sachen, durch die Fahrgäste verletzt werden können*“ und „*Gegenstände, die über die Wagengrenzung hinausragen*“, werden laut § 11 Abs. 2 BefBedV nicht befördert.

Aus dem Begriff *überwiegend* ergeben sich rechtliche Unklarheiten, da dieser auf verschiedene Arten interpretiert werden kann: So stellt sich die Frage, ob der Anteil der Flächennutzung von Fahrgästen und beförderten Gütern, der absolute Anteil beförderter Fahrgäste und Güter, die Gewinne durch die Personen- und Güterbeförderung oder die Zeit, welche die Personen/Güter im Verkehrsmittel verbringen, gemeint ist. (Tamm und Wendt 2022)

Vom Standpunkt des Güterverkehrs aus betrachtet, gibt es keine besonderen rechtlichen Vorschriften, die es bei der Güterbeförderung im ÖPNV zu beachten gilt. Im Güterkraftverkehrsgesetz (GüKG) ist festgeschrieben, dass „*Die Vorschriften dieses Gesetzes [...] keine Anwendung auf die Beförderung von Gü-*

tern bei der Durchführung von Verkehrsdiensten [finden], die nach dem Personenbeförderungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 8. August 1990 (BGBl. I S. 1690) in der jeweils geltenden Fassung genehmigt wurden“. Anforderungen an die Gütermitnahme ergeben sich somit nur aus den geschlossenen Verträgen. Die Haftungsfrage ist gesondert zu klären.

4. Veränderungen zur Beförderung von Personen und Gütern durch den Einsatz von automatisierten Fahrzeugen

Durch den Einsatz autonomer Fahrzeuge ergeben sich Änderungen in den Anforderungen und Tätigkeiten in der Personen- und Güterbeförderung. So führt die Automatisierung und das damit entfallende Fahrpersonal zur Umverteilung von bestehenden Aufgaben. Dadurch wird mindestens eine neue Rolle geschaffen: die technische Aufsicht. Gesetzlich gefordert ist hier eine natürliche Person, welche eine Überwachung des Fahrzeugs aus der Ferne sicherstellt, jedoch auch mehrere Fahrzeuge zeitgleich überwachen darf. Diese Person muss dazu durch Hard- und Software in der Lage sein, ihren Überwachungspflichten nachzukommen. Im Gesetz verankert ist ausschließlich das Vorhandensein einer solchen Person. Im Sinne der betrieblichen Effizienz und des Projektziels wird im TaBuLa-LOGplus-Projekt im Rahmen der Konzeption von der Integration der technischen Aufsicht in eine Leitstelle ausgegangen. Dadurch lassen sich Synergien und bestehende Infrastruktur besser nutzen. Folge sind Veränderungen in den Tätigkeiten einer Leitstelle. Weitere Aufgaben, die das bestehende Fahrpersonal derzeit übernimmt, erfordern neue Lösungen, die jedoch nicht Teil dieses Konzepts sind. Im StVG und der AFGBV sind die rechtlichen Grundlagen für die technische Aufsicht hinterlegt.

Gemäß § 1f Abs. 2 StVG hat die technische Aufsicht verschiedene Pflichten, welche nachfolgend kurzgefasst aufgelistet werden:

- Vom Fahrzeugsystem übermittelte alternative Fahrmanöver und bereitgestellte Daten prüfen, bewerten und bei gegebener Verkehrssicherheit freischalten
- Unverzügliche Deaktivierung der autonomen Fahrfunktion bei Anzeige durch das Fahrzeugsystem
- Bewertung der Signale der technischen Ausrüstung zum Funktionsstatus
- Einleitung eventuell erforderlicher Maßnahmen zur Verkehrssicherung
- Kontaktaufnahme mit den Insassen des Kraftfahrzeugs

Ergänzt werden diese Punkte durch § 14 Abs. 3 AFGBV. Dort wird beschrieben, welche Aufgaben die technische Aufsicht in Bezug auf ein Fahrzeug im risikominimalen Zustand hat.

- Untersuchung der Auslösung und der Notwendigkeit des risikominimalen Zustands des Kraftfahrzeugs
- Beendigung des risikominimalen Zustands
- Manuelle Übernahme der Fahraufgabe, bei Defekten am Fahrzeug
- Entfernung des Fahrzeugs aus dem Straßenraum bei Gefährdung der Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs veranlassen

Neben den Aufgaben und Pflichten einer technischen Aufsicht werden in § 14 Abs. 1 AFGBV auch die Anforderungen an diese natürliche Person definiert. So muss diese einen Abschluss in einer der Fachrichtungen „*Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Elektrotechnik, Luft- und Raumfahrttechnik oder Luftfahrzeugtechnik [...] als Diplom-Ingenieur, Diplom-Ingenieur (FH), Ingenieur (graduiert), Bachelor, Master oder staatlich geprüfter Techniker*“ vorweisen. Zudem sollte die Person bei den Herstellern des Fahrzeugs mit autonomer Fahrfunktion eine Schulung absolvieren sowie im Besitz eines gültigen Führerscheins in der Fahrerlaubnisklasse sein, welcher das Fahrzeug mit autonomer Fahrfunktion entspricht. Die Zuverlässigkeit der technischen Aufsicht wird durch die Vorlage eines Führungszeugnisses sowie Auskünfte aus dem Fahrerlaubnisregister und dem Fahrereignisregister geprüft. Eine solche gesetzliche Anforderung gibt es für den manuellen Betrieb von Fahrzeugflotten nicht.

Zur Bewältigung ihrer Aufgaben darf die technische Aufsicht weitere natürliche Personen einsetzen, welche gewisse Anforderungen nach § 14 Abs. 2 AFGBV erfüllen müssen. Dazu gehören mindestens drei Jahre Berufserfahrung im Verkehrs- oder Kraftfahrzeugwesen und regelmäßige (mindestens jährliche) Teilnahmen an Herstellerschulungen in Bezug auf den Umgang mit dem Kraftfahrzeug. Wesentliche Veränderungen am Kraftfahrzeug oder der autonomen Fahrfunktion sind ebenfalls zu behandeln. Der Abschluss der Schulung erfolgt durch eine praktische Prüfung inklusive simulierter Betriebsstörungen. Ist die Freigabe von Fahrmanövern oder ein manueller Fahrbetrieb vorgesehen, ist eine gültige Fahrerlaubnis in der Klasse des autonomen Fahrzeugs vorgesehen.

Der Entfall des Fahrpersonals in den autonomen Fahrzeugen führt dazu, dass eine neue Instanz die bisher getätigten fahrfremden Aufgaben übernehmen muss. Möglichkeiten für die Übernahme dieser Aufgaben könnten zusätzliche technische Systeme im Fahrzeug oder die Verlagerung der Aufgaben an andere Instanzen, wie die Leitstelle, sein.

Dabei ergeben sich für die einzelnen Branchen aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen Änderungen in den Tätigkeiten der Planung und Disposition sowie Durchführung der Fahraufgabe, die nachfolgend genauer beschrieben werden.

ÖPNV

Tabelle 3 zeigt die Veränderungen in den Rollen und betroffenen Tätigkeiten für die Kernaufgaben und weiteren Tätigkeiten in der Personenbeförderung. Die Pfeile zeigen die Verschiebung der aktuell vom Fahrdienst übernommenen Tätigkeiten hin zu neuen Rollen.

Logistik

In der Logistik ergeben sich ebenfalls Abweichungen von den derzeitigen Aufgaben durch den Wegfall des Fahrpersonals. Hier können die Tätigkeiten der autonomen Fahrfunktion, der technischen Aufsicht oder einer weiteren Person/der Technik zugeordnet werden (Tabelle 4). Die Kernaufgaben, wie Fahrtätigkeit oder Störungsmeldungen, gehen in den Zuständigkeitsbereich der autonomen Fahrfunktion oder der technischen Aufsicht über. Die Ladungssicherung, als frachtbezogene Tätigkeit, kann entweder durch eine weitere Person oder Automatisierungstechnologie übernommen werden. Die weiteren fahrfremden Tätigkeiten könnten im Sinne der Ressourceneffizienz für mehrere Fahrzeuge durchgeführt werden.

Gütermitnahme im ÖPNV

Zusätzlich zu den vorher genannten Veränderungen birgt die Beförderung von unbegleiteten Gütern im ÖPNV ohne Fahrpersonal Vorteile und Herausforderungen. Von Vorteil sind beispielsweise die Synergiepotenziale in der Personalfusion von bereits unterbesetztem Fahrpersonal und der Durchführung von fahrfremden Tätigkeiten, während zu den Herausforderungen die nicht vorhandene Beförderungspflicht von Gütern gehört (Kapitel 3).

Tabelle 3: Veränderung der Rollen und Tätigkeiten beim Einsatz von autonomen Fahrzeugen in der Personenbeförderung

		Alte Rolle	Neue Rollen			
Rolle	Fahrdienst	Fahrdienst	Autonome Fahrfunktion Fahrzeug	Technische Aufsicht	Weitere Rollen (z.B. weitere technische Lösungen im Fahrzeug, Kundendienst o.ä.)	
Tätigkeiten			Fahrzeugbezogene Aufgaben	Fahrzeugbezogene Aufgaben	Fahrzeugbezogene Aufgaben	Fahrgastbezogene Aufgaben
Details	Kernaufgaben					
	Fahraufgabe (Verkehrssituation erfassen, Fahrmanöver durchführen etc.)	→				
	Abfahrtkontrolle vor Fahrtantritt	→	→	→		
	Verkehrssicherheit sicherstellen	→	→			
	Meldung Störungen/Vorfälle	→	→			
	Kommunikation mit Einsatzkräften (bei Störungen)	→	→	→		
	weitere Tätigkeiten					
	Hilfestellung für Fahrgäste leisten (z. B. Bedienung der Rampe)		→			→
	Fahrgastauskunft					→
	Ticketverkauf und -kontrolle					→
	ggf. Fahrzeug laden/tanken				→	
	ggf. kleinere Reinigungs- und Wartungsaufgaben				→	

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Tabelle 4: Veränderung der Rollen und Tätigkeiten beim Einsatz von autonomen Fahrzeugen in der Logistik

		Alte Rolle	Neue Rollen			
Rolle	Fahrdienst	Fahrdienst	Autonome Fahrfunktion Fahrzeug	Technische Aufsicht	Weitere Rollen (z.B. weitere technische Lösungen im Fahrzeug o.ä.)	
Tätigkeiten			Fahrzeugbezogene Aufgaben	Fahrzeugbezogene Aufgaben	Fahrzeugbezogene Aufgaben	Frachtbezogene Aufgaben
Details	Kernaufgaben					
	Fahraufgabe (Verkehrssituation erfassen, Fahrmanöver durchführen etc.)	→				
	Abfahrtkontrolle vor Fahrtantritt	→	→	→	→	
	Verkehrssicherheit sicherstellen	→	→			
	Meldung Störungen/Vorfälle	→	→			
	Kommunikation mit Einsatzkräften (bei Störungen)	→	→	→		
	Ladung sichern					→
	Fahrrouten planen	→				
	Empfangsbestätigung vom Empfänger einfordern					→
	weitere Tätigkeiten					
	Ggf. Fahrzeug be- und entladen					→
	Ggf. Be- und Entladung überwachen					→

Quelle: Eigene Zusammenstellung

5. Systembestandteile

Aus der Beschreibung der Veränderungen durch den Einsatz autonomer Fahrzeugsysteme und der Kombination von Personen- und Güterverkehr werden in diesem Projekt mit Bezug zum Vorgängerprojekt TaBuLa-LOG fünf Systembestandteile abgeleitet, welche die Tätigkeiten in einer kombinierten Leitstelle beschreiben (siehe Abbildung 1). Obwohl die Prozesse dieselbe Benennung führen, haben diese nicht automatisch den gleichen Ablauf zur Folge. Dies ist unter anderem darin begründet, dass die Logistik nachfragegesteuert ist, während der ÖPNV angebotsgesteuert agiert.

In der Planung und Disposition der Personenbeförderung werden auftragsbezogene Aufgaben (Personenbeförderung gemäß Fahrplan) der Shuttles abgewickelt. Werden zusätzlich zu den Personen Transportroboter im Huckepackverkehr befördert, gibt die Personenbeförderung den Rahmen für diesen vor. Aus diesem Grund ist ein wichtiger Baustein die Kommunikation (Schnittstelle 2) mit der Planung und Disposition der Transportroboter, welche die auftragsbezogenen Aufgaben des Güterverkehrs übernimmt.

Für die eingesetzten autonomen Fahrzeuge müssen sowohl in der Logistik als auch im ÖPNV jeweils technische Aufsichten eingerichtet werden, welche die fahrzeugbezogenen Aufgaben verantworten. Die Kommunikation zwischen den beiden Einheiten erfolgt durch die Schnittstelle 6. Die Aufgaben und

Pflichten sowie die Anforderungen an diese Personen, sind im vorherigen Kapitel aufgezeigt.

Ergänzend sind Schnittstellen notwendig, damit die relevanten Informationen zwischen den einzelnen Leitstellenelementen weitergeleitet werden können (Schnittstelle 4 und 5). So können die maximalen Synergiepotenziale genutzt werden. Zudem sollte Kontakt zu den KundInnen des ÖPNV und der Güterbeförderung bestehen (Schnittstelle 1 und 3). Die Verknüpfung zwischen den Branchen erfolgt auf der auftragsbezogenen oder der fahrzeugbezogenen Ebene. Den technischen Aufsichten obliegt hauptsächlich die Verantwortung über die Informationsflüsse der jeweiligen Fahrzeuge, während sich Planung und Disposition der beiden Branchen ebenfalls austauschen müssen, um einen reibungslosen Huckepackverkehr zu ermöglichen. Folgende Informationen können beispielsweise über die in Abbildung 1 entsprechend nummerierten Schnittstellen übertragen werden:

- (1) Adressen, Tracking, Preise, Lieferstatus, Zeitfenster, Größe des Pakets
- (2) Fahrzeugverfügbarkeit, -kapazität, Kosten, Zeiten, Wege, Störungen
- (3) Echtzeitdaten, Preise, Abhol- und Zielort (Haltestellen)
- (4) Fahrzeugstatus, Lieferaufträge, Status Lieferung
- (5) Einhaltung Fahrplan, Fahrzeugzustand, Fahrplan/-aufträge
- (6) Position, Erreichen der Haltestellenposition, Ausfahren der Rampe, Störungen

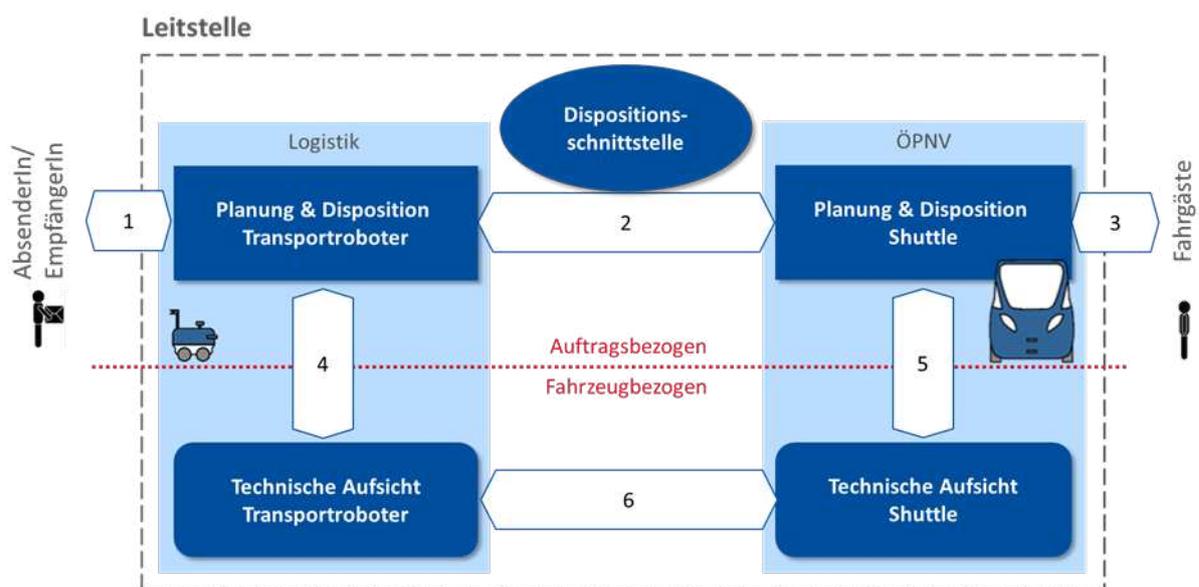


Abbildung 1: Schnittstellen und Informationsflüsse im Leitstellensystem
Quelle: Eigene Darstellung

6. Leitstellenszenarien

Der Aufbau einer Leitstelle durch die fünf Bausteine bzw. Systembestandteile kann in unterschiedlicher Konstellation umgesetzt werden. So wäre die Umsetzung als eine gesamte Einheit bis hin zu einer Umsetzung in fünf einzelnen Einheiten möglich.

Wie das Gesamtsystem der Leitstelle aufgebaut wird, ist abhängig von diversen Faktoren. Die einzelnen Systembestandteile können in unterschiedlichen Konstellationen den Akteuren zugeordnet werden. So können die Systembestandteile zentralisiert von einer Organisation oder dezentral von unterschiedlichen Organisationen angeboten, konzipiert, programmiert und betrieben werden.

Ein zentraler Aufbau bietet die höchsten ökologischen und gesellschaftlichen Optimierungspotenziale durch eine verbesserte Kapazitätsplanung und eine geringere Fahrzeuganzahl. Bei einer dezentralen Lösung hingegen, kann die Fokussierung auf die Kernkompetenzen eines Unternehmens für geringere ökonomische Kosten sorgen. Die einzelnen Vor- und Nachteile der beiden Extreme, sind in Tabelle 5 aufgezeigt. Für die Szenarien dazwischen, können weitere Vor- und Nachteile in Betracht kommen, die sich durch die unterschiedliche Anzahl an Akteuren ergeben. Diese sind jedoch individuell zu betrachten und daher hier nicht aufgeführt.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile einer zentralen und dezentralen Struktur

Zentrale Struktur	Dezentrale Struktur
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • (Potenzielle) Entlastung des Verkehrssystems (gesellschaftlich) • Höhere Optimierungspotenziale durch verbesserte Kapazitätsplanung und insgesamt geringere Fahrzeuganzahl (ökonomisch, ökologisch) • Leichte Umstellung auf neue Technologien (schnelle Umsetzung und schnelle Entscheidung, Updates) <p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hohe Investitions- und Betriebskosten bei einer Organisation (ökonomisch) • Hoher (ressourcenmäßiger) Aufwand durch Betrieb zweier Systeme (ökonomisch) 	<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spezialisiertere Organisationen, Fokus auf Kernkompetenz (ökonomisch) • Investitions- und Betriebskosten auf mehrere Organisationen verteilt (ökonomisch) <p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geringere Entlastung des Verkehrssystems (gesellschaftlich) • Erhöhter Schnittstellenbedarf (ökonomisch) • Erhöhter Standardisierungsbedarf (ökonomisch)

Zentrale Struktur	Dezentrale Struktur
<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Komplexität (ökonomisch) • Hoch qualifiziertes Personal erforderlich (ökonomisch) • Geringer Optimierungsantrieb 	

Quelle: Eigene Zusammenstellung

7. Fazit

Bei der Kombination von ÖPNV und Logistik ergeben sich unterschiedliche An- und Herausforderungen, die in den vorherigen Kapiteln eingehend beleuchtet wurden, ebenso wie Vorteile, die den Huckepackverkehr attraktiv machen. Erfolgt der Betrieb mit autonomen Fahrzeugen, folgen weitere Rahmenbedingungen wie der Einsatz einer technischen Aufsicht, die eine Überwachung durch eine natürliche Person sicherstellt. Durch das entfallende Personal vor Ort müssen die von diesen Personen durchgeführten Aufgaben zusätzlich anders verteilt werden. Die genaue Ausgestaltung ist dabei von vielen einzelnen Faktoren abhängig, die das Gesamtsystem beeinflussen und gestalten können. In diesem Leitstellenkonzept wurden neben den sich verändernden Aufgaben, die möglichen Systembestandteile aufgezeigt, die in unterschiedlichen Szenarien miteinander gekoppelt werden können, um das Angebot eines kombinierten Personen- und Güterverkehrs abbilden zu können und somit ein ökonomisch und sozial ansprechendes sowie effizientes Gesamtsystem zu schaffen.

Literatur

Adler, Florian (2016): Das Herzstück des Busverkehrs in Münster: Das macht unsere Verkehrsleitstelle. In: *Stadtwerke-Münster-Blog*, 01.03.2016. Online verfügbar unter <https://www.stadtwerke-muenster.de/blog/verkehr/das-herzstueck-des-busverkehrs-in-muensters-das-macht-unsere-verkehrsleitstelle/>, zuletzt geprüft am 28.03.2024.

Bodensee-Oberschwaben Verkehrsverbund GmbH (Hg.) (2023): Beförderungsbedingungen. Tarifbestimmungen. Online verfügbar unter https://www.bodo.de/fileadmin/redakteur/pdf/Info-PDF/bodo_Tarifbestimmungen.pdf, zuletzt geprüft am 03.04.2024.

Dorsch, Monique (2019): Öffentlicher Personennahverkehr. Grundlagen und 25 Fallstudien mit Lösungen. München: UVK Verlag (UTB, 5236).

Esser, Klaus; Kurte, Judith (2023): KEP-Studie 2023 - Analyse des Marktes in Deutschland. Eine Untersuchung im Auftrag des Bundesverbandes Paket und Expresslogistik e. V. (BIEK). Köln.

Flämig, Heike (2015): Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes. In: Markus Maurer, J. Christian Gerdes, Barbara Lenz und Hermann Winner (Hg.): Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, S. 377–398.

Gertz, Carsten; Kreuzfeldt, Jochen; Flämig, Heike; Hinckeldeyn, Johannes; Maaß, Jacqueline Bianca; Grote, Matthias et al. (2022): Endbericht des Projektes TaBuLa-LOG. Unter Mitarbeit von Svea Berberich, Yevgen Blank, Maike Boerner, Tyll Diebold, Ingo Gierke, Pia Groß et al. Hamburg.

Gertz, Carsten; Maaß, Jacqueline Bianca; Grote, Matthias; Diebold, Tyll; Mantel, Rebekka; Röntgen, Ole et al. (2021): Endbericht des Projektes TaBuLa. Unter Mitarbeit von Tim Hirt. Hamburg.

Kölner Verkehrs-Betriebe AG (Hg.) (2023): Bitte einsteigen: Berufserfahrene. Online verfügbar unter https://www.kvb.koeln/unternehmen/karriere/einstieg_fuer_fachkraefte.html, zuletzt geprüft am 28.03.2024.

Monheim, Heiner; Muschwitz, Christian; Reimann, Johannes; Thesen, Volker; Michelmann, Holger; Pitzen, Constantin; Sylvester, Anja (2014): Nächster Halt: Lebensqualität. Kombination auf ganzer Linie. Leitfaden. Trier.

Sluga, Christina (2022): Geschäftsbericht. 2021. Online verfügbar unter https://vhhbus.de/wp-content/uploads/2023/06/vhh_geschaeftsbericht_2021.pdf, zuletzt geprüft am 28.03.2024.

Tamm, Deike A.; Wendt, Domenik H. (2022): Rechtliche Herausforderungen nachhaltiger Logistikkonzepte. Am Beispiel der LastMileTram. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden; Springer Gabler. Online verfügbar unter <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kxp/detail.action?docID=7087516>.

Tjaden, Sandra (2023): Wirkungen des fahrerlosen Fahrens im Logistiksystem. Dissertation. Technische Universität Hamburg, Hamburg. Institut für Verkehrsplanung und Logistik.

VDI (2001): 4400 Blatt 1: Logistikkennzahlen für die Beschaffung.

VDV (Hg.) (2023): Maßnahmen gegen den Personal-mangel im Fahrbetrieb. Für einen qualitativ hochwertigen ÖPNV. Positionspapier / Januar 2023. Köln. Online verfügbar unter <https://www.vdv.de/personalstrategisches-papier-langfassung-2023.pdf>, zuletzt geprüft am 27.03.2024.

VDV-Akademie (Hg.) (2023): Verkehrsmeister*in (VDV). Online verfügbar unter <https://www.vdv-akademie.de/weiterbildungen/verkehrsmeisterin-vdv/>, zuletzt geprüft am 28.03.2024.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 45AVF3003A-C
Projektvolumen: 2.455.777,34 Euro
(davon 2.329.813,18 Euro Förderanteil durch BMDV)

AutorInnenangaben

Julia Wolf

Teamleitung und Beraterin Autonomes Fahren
Interlink GmbH, Wallstraße 58, 10179 Berlin,
Deutschland

E-Mail: wolf@interlink-verkehr.de

Daniela Schneider

Beraterin Autonomes Fahren und Integrierte Mobilitätsplanung
Interlink GmbH, Wallstraße 58, 10179 Berlin,
Deutschland

E-Mail: schneider@interlink-verkehr.de

Dr.-Ing. Sandra Tjaden

Business Analystin und ehemals Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Institut für Verkehrsplanung und Logistik, Technische Universität Hamburg, Am Schwarzenberg-Campus 3, 21073 Hamburg, Deutschland

E-Mail: sandratjaden@gmx.de

Justin Ziegenbein

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Technische Logistik, Technische Universität Hamburg, Theodor-Yorck-Straße 8, 21079 Hamburg, Deutschland

E-Mail: justin.ziegenbein@tuhh.de