

ATLAS

Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik
Chancen für mehr Wertschöpfung

Kurzfassung zum Verbundvorhaben

Bearbeitung

Technische Universität Hamburg

Heike Flämig, Sandra Lunkeit, Patrick Fieltsch



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Stephan Müller, Carina Thaller, Gernot Liedtke,
Felix Voigtländer



DroneMasters Boost GmbH

Christian Janke



Logistiknetz Berlin-Brandenburg



gefördert durch



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Hamburg, Juli 2020

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Systemanalyse	2
3	Technische und rechtliche Betrachtung des automatisierten und vernetzten Fahrens	3
4	Akzeptanzanalyse mittels Interviews	4
5	Szenariobildung.....	5
6	Wirkungsanalyse	7
7	Handlungsempfehlungen.....	9
8	Fazit.....	12

1 Einleitung

Das automatisierte und vernetzte Fahren ist eine Technologie, die insbesondere für die Logistik und die Transportwirtschaft Kostenvorteile und Effizienzsteigerungen verspricht. Um diese Technologie näher zu untersuchen und diese für die Logistikakteure zugänglich zu machen, adressiert das Projekt ATLaS „Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik – Chancen für mehr Wertschöpfung“ die folgenden Fragestellungen:

- Welche Erwartungen und Akzeptanzbedingungen haben Akteure der Logistik an das automatisierte und vernetzte Fahren im Straßenverkehr?
- Welche Einsatzszenarien tragen in besonderer Weise zur Erhöhung der Effizienz und zur Erhöhung des Servicegrads in Logistikketten bei?
- Wie verändern sich Logistikketten durch automatisiertes und vernetztes Fahren und welche Prozesskostenveränderungen und verkehrlichen Wirkungen resultieren daraus?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurden für das Projekt fünf Arbeitspakete definiert. In der Systemanalyse wurden zunächst die bestehenden Prozesse, eingesetzten Technologien und beteiligten Akteure exemplarischer Logistikketten ermittelt. Um die Erwartungen und Potenziale an das automatisierte und vernetzte Fahren herauszuarbeiten, dienten Tiefeninterviews mit Akteuren des Logistikmarktes. Aufbauend auf den Ergebnissen der Systemanalyse und der Interviews wurden Szenarien narrativ beschrieben, die das automatisierte und vernetzte Fahren in Logistikketten beinhalteten. Diese wurden auf ihre Wirkungen hin untersucht, sodass sowohl betriebswirtschaftliche als auch verkehrliche Veränderungen erfasst wurden. Als ein Ergebnis des Projekts liegen Anforderungen der Logistikakteure an das automatisierte und vernetzte Fahren in verschiedenen Anwendungsfeldern vor. Ausgehend von den als verschiedene nutzenstiftende Einsatzszenarien formulierten Erkenntnisse des Projekts wurden Handlungsempfehlungen für verschiedene Akteursgruppen abgeleitet:

- a) Für Technologie- bzw. Fahrzeugherstellern, um bedarfsgerechte Innovationen zu entwickeln,
- b) für den politischen Diskurs als Grundlagen zur Ableitung geeigneter Rahmensetzungen des automatisierten und vernetzten Fahrens,
- c) für Anforderungen an bestehende oder aufzubauende Testfelder, damit die Logistikbranche das automatisierte und vernetzte Fahren technisch und organisatorisch testen, aber auch der Nutzen demonstriert werden kann,
- d) zur Abschätzung von Sekundäreffekten, um diesen frühzeitig entgegenwirken zu können.

2 Systemanalyse

Ziel der Systemanalyse war es, die Logistikprozesse, Technologien und Kosten der Logistikkette aufzuzeigen, um Ineffizienzen und Wertschöpfungspotenziale für das automatisierte und vernetzte Fahren in der Logistik zu identifizieren.

Anhand bestehender Literatur wurden zunächst die relevanten Logistikprozesse des Wareneingangs, -ausgangs und des Transports ermittelt. Darauf aufbauend konnten letztere mithilfe von Flussdiagrammen (BPMN 2.0) dargestellt werden, um eine standardisierte, generische Logistikkette abzubilden. Diese diente der Zuordnung der Prozesse zu den relevanten Akteuren der Logistikkette, die mithilfe des Stakeholder-Managements identifiziert wurden. Darüber hinaus wurden eingesetzte Technologien innerhalb der Logistikkette ermittelt und den Akteuren zugeordnet. Eine Prozesskostenrechnung verdeutlicht, welche Prozesse hohe Kostenverursacher in der Logistikkette darstellen und in welchen Verantwortungsbereich diese fallen. Sowohl die Darstellung der Prozesse als auch die Prozesskostenrechnung wurden für unterschiedliche Logistikketten vorgenommen: Eine Basis-Logistikkette, eine Logistikkette des Lebensmitteleinzelhandels und eine des KEP-Marktes (Kurier-, Express- und Paket-Markt).

Ineffizienzen treten sowohl im Waren- als auch im Informationsfluss auf. Diese sind unter anderem in fehlenden Informationen oder manuell durchgeführten Prozessen begründet, die Fehlerquellen darstellen können. Des Weiteren bauen die Prozesse direkt aufeinander auf, wodurch eine starke Abhängigkeit zwischen den Prozessen besteht. Fällt ein Prozess aus, kann dieses zu Stillstandzeiten führen. Bei der Betrachtung der gesamten Logistikkette wird zudem deutlich, dass nur wenig Automatisierungstechnologie in den Prozessen eingesetzt wird. Manuelle Prozesse mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand sind vorherrschend. Bei der Analyse der Kosten pro Europoolpalette (EPAL) oder Paket konnte zudem ein hoher Kostenanteil des Prozesses „Transport“ identifiziert werden. Mit einem Anteil von teilweise 90 % sind die Kosten des Transportprozesses damit ein entscheidender Wettbewerbsfaktor. Die verschiedenen Kosten pro EPAL können allerdings auch auf die unterschiedliche Auslastung der Fahrzeuge zurückgeführt werden. Darüber hinaus ist bei der Wahl der Fahrzeugklasse auch die Güterart in die Entscheidung einzubeziehen sowie die zu transportierende Menge. Insgesamt konnte eine hohe Diversität zwischen Logistikketten und der eingesetzten Technologie identifiziert werden.

Wertschöpfungspotenziale liegen daher besonders in der Automatisierung und Standardisierung von Prozessen im Waren- und Informationsfluss, um Fehlerquellen vorzubeugen. Die Automatisierung bietet die Möglichkeit, Transportkosten zu reduzieren und Kosten in Wareneingang und -ausgang einzusparen.

3 Technische und rechtliche Betrachtung des automatisierten und vernetzten Fahrens

Um den aktuellen Entwicklungsstand der Technologie aufzuzeigen, wurden im nächsten Schritt die technischen und rechtlichen Bedingungen des automatisierten und vernetzten Fahrens analysiert. Die Kernergebnisse der Analyse zeigen, dass der Rechtsrahmen für hoch- und vollautomatisiertes Fahren in Gesetzen und Verordnungen geschaffen wurde. Auch der Grundsatz der Haftungsfrage ist geklärt – sie liegt bei den Fahrzeugherstellern und deren Zulieferern. Die Analyse der technischen Bedingungen zeigt, dass straßenseitige Maßnahmen zur aktiven Sensorik (z.B. Landmarkenschilder, selbstanzeigende Zebrastreifen) das automatisierte und insbesondere das autonome Fahren unterstützen können. Bei der Car2Infrastructure-Kommunikation ginge jedoch die Verantwortung an die Betreiber der aktiven Sensoren über. Die Verantwortung und Haftung für Funktion und Fehlfunktion in der Kommunikation von Fahrzeugen und Infrastruktur sowie entsprechende Versicherungsmodelle sind ein noch nicht geklärter Themenbereich. Weiterhin deutet die Analyse der technischen Bedingungen darauf hin, dass der Einsatz von hochautomatisierten oder autonomen Fahrzeugen außerhalb von Autobahnen vermutlich erst langfristig zu erwarten ist. Dabei ist weniger die Technologie als vielmehr der Lernprozess der Technologie zum Umgang mit komplexen Ereignissen im urbanen Straßenverkehr die Herausforderung. Es besteht der Anspruch der Null-Fehler-Toleranz, da auch Einzelereignisse, z. B. ein durch ein fahrerloses Fahrzeug verursachter schwerer Unfall, die Akzeptanz der Technologie beeinflussen, auch wenn die Technologie im direkten Vergleich mit menschlichen Fehlern sicherer wäre.

Anhand der durchgeführten Analysen konnten vier zentrale Herausforderungen für die Umsetzung des fahrerlosen Fahrens identifiziert werden:

- Der Lernprozess der Technologie ist bislang noch nicht abgeschlossen.
- Bislang besteht ein ausreichender Rechtsrahmen für das voll- und hochautomatisierte Fahren, jedoch nicht für das fahrerlose Fahren.
- Versicherungsmodelle und die endgültige Haftungsfrage für fahrerlose Fahrzeuge sind bisher nicht ausreichend entwickelt.
- Die Akzeptanz von fahrerlosen Fahrzeugen, sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr, ist in der Bevölkerung aktuell nicht ausreichend gegeben.

4 Akzeptanzanalyse mittels Interviews

Die Akzeptanzanalyse hatte zum Ziel, die Erwartungen und Akzeptanzbedingungen von Akteuren der Logistikkette an das automatisierte und vernetzte Fahren im Straßengüterverkehr zu ermitteln. Dazu dienten leitfadengeführte Experteninterviews mit unterschiedlichen Akteuren als Grundlage für nutzenstiftende Einsatzszenarien in der Logistik.

Aus den Interviews können folgende Kernergebnisse zusammengefasst werden:

- Es bestehen ein hoher Bedarf und ein starkes Interesse an fahrerlosen Fahrzeugen in der Logistikbranche. Sie haben das Potenzial, eine der entscheidenden Herausforderungen der Branche zu lösen: den dramatischer werdenden Fahrermangel.
- Von den Global Playern der Branche und den eCommerce-Handelskonzernen ist die Pionierleistung zu erwarten. Zwar zeigen die kleinen und mittelständischen Unternehmen ein hohes Interesse an der Technologie, allerdings lassen es die aktuell realisierbaren Gewinnmargen, das unternehmerische Risikokalkül und die Lernkosten nicht zu, dass diese Unternehmen die Vorreiterstellung einnehmen werden.
- Die AVF-Technologie wird von den Nutzern zunächst zur (Kosten-)Optimierung von bestehenden Prozessen eingesetzt. Eine Erweiterung der Dienstleistungen oder eine maßgebliche Umgestaltung der Logistikprozesse ist somit kurz- bis mittelfristig nicht zu erwarten.
- Je standardisierter die Logistikprozesse sind, desto wahrscheinlicher ist der Einsatz von AVF. Damit ergibt sich ein natürliches Einsatzpotenzial der Technik in den Logistikteilmärkten, die mit Systemverkehren - die Autobahn zwischen Depots und GVZ sowie zu Begegnungspunkten - bedient werden. Auf der ersten und letzten Meile, bei denen die Serviceleistung beim Kunden einen hohen Stellenwert hat und die im Trend immer wichtiger für die Geschäftsfeldentwicklung der Logistikakteure wird, ist der Einsatz der AVF-Technologie unwahrscheinlich, da hierbei weiterhin ein Fahrer bzw. Kundenpersonal notwendig sein wird.
- Dass der Fahrer andere Dienste während der Fahrt übernimmt, ist unrealistisch. Aufgaben, die bisher durch das Fachpersonal im Büro der Logistikunternehmen durchgeführt werden, könnten nur mit deutlichem Umschulungsaufwand auf den Fahrer übertragen werden.
- Nutzenerhöhend wären der Einsatz von automatisierten Lang-Lkw sowie die Ermöglichung von Konvoifahrten (ein Konvoiführer kann mehrere Transportautomaten als elektronisch gekoppelte Anhänger bewegen). Somit wären Auftragsspitzen abfangbar und erweiterte Economies of Scale Effekte realisierbar.

- Ein Langfristszenario im Sinne der Entwicklung neuer Geschäftsfelder durch AVF zeigte sich bei den befragten Unternehmen nicht.
- Für das nutzenstiftende Einsatzszenario – vollautomatischer Lkw oder Lang-Lkw auf BAB ohne Fahrzeugführer – bedarf es nicht nur einer politischen Unterstützung hinsichtlich der Rahmenbedingungen, sondern es entsteht auch ein erweiterter Anforderungskatalog an die Fahrzeughersteller, damit nutzerorientierte Produkte in der nächsten Dekade auf dem Markt verfügbar werden.

5 Szenariobildung

Aufbauend auf die Erkenntnisse der Systemanalyse, der technischen und rechtlichen Betrachtung des AVF sowie der Akzeptanzanalyse hatte die Szenariobildung zum Ziel, narrative Szenarien eines automatisierten und vernetzten Fahrens in Logistikketten zu formulieren. Diese berücksichtigen die organisatorischen und technischen Veränderungen in den Logistikketten, die aus einem Regelbetrieb des automatisierten und vernetzten Fahrens resultieren könnten.

Ein Basisszenario beschreibt das Jahr 2030 mit veränderten Nachfragestrukturen für den Güterverkehr, jedoch ohne eine Realisierung des AVF auf öffentlichen Straßen. Diesem Basisszenario 2030 wurden drei AVF-Szenarien gegenübergestellt 1) Automatisierter Gütertransport auf Autobahnen, 2) Automatisierter Gütertransport von Lager zu Lager und 3) Automatisierter Gütertransport auf der letzten Meile (mit zwei Unterszenarien zum Lebensmitteleinzelhandel und zum KEP-Markt). Obwohl die Einführung des fahrerlosen Fahrens aus der letzten Meile im Rahmen der Interviews als unwahrscheinlich eingestuft wurde, wurde die Betrachtung dieses Abschnittes aufgenommen, um eine ganzheitliche Analyse der Logistikkette erzielen zu können.

Im Szenario „Automatisierter Gütertransport auf Autobahnen“ werden fahrerlose Fahrzeuge ausschließlich auf den Autobahnen betrieben und bewegen sich autark im Verkehrsfluss, auch durch Baustellen und Tunnelanlagen. Das Fahrzeug hat jedoch alle technischen Voraussetzungen, um von einem Fahrer manuell gefahren zu werden. Dies ist nötig, damit das Fahrzeug in seiner Einsatzbreite nicht eingeschränkt ist. Die Fahrt außerhalb der Autobahnen zum Depot, Cross Dock oder Lager sowie auf der ersten und letzten Meile ist in diesem Szenario nicht fahrerlos möglich. Somit müssen sich die Fahrzeuge auf speziellen Aufstellflächen an der Autobahn abstellen bzw. können von dort aus die Fahrt starten. Fahrer müssen die Fahrzeuge zwischen Logistikdepots und Aufstellflächen im Pendelverkehr überführen (siehe Abbildung 1). Das autonome Fahrzeug kann sowohl als Lang-Lkw eingesetzt werden (mit einem mechanisch gekoppelten Anhänger) als auch als Führungsfahrzeug von einem elektronisch gekoppelten Transportautomaten dienen. Die Transportautomaten sind auf die Ladungseinheit

abgestimmte, selbstgetriebene Anhänger, die einem Führungsfahrzeug folgen. Die Transportstruktur des Szenarios ist in der nachfolgenden Abbildung 1 grafisch dargestellt.

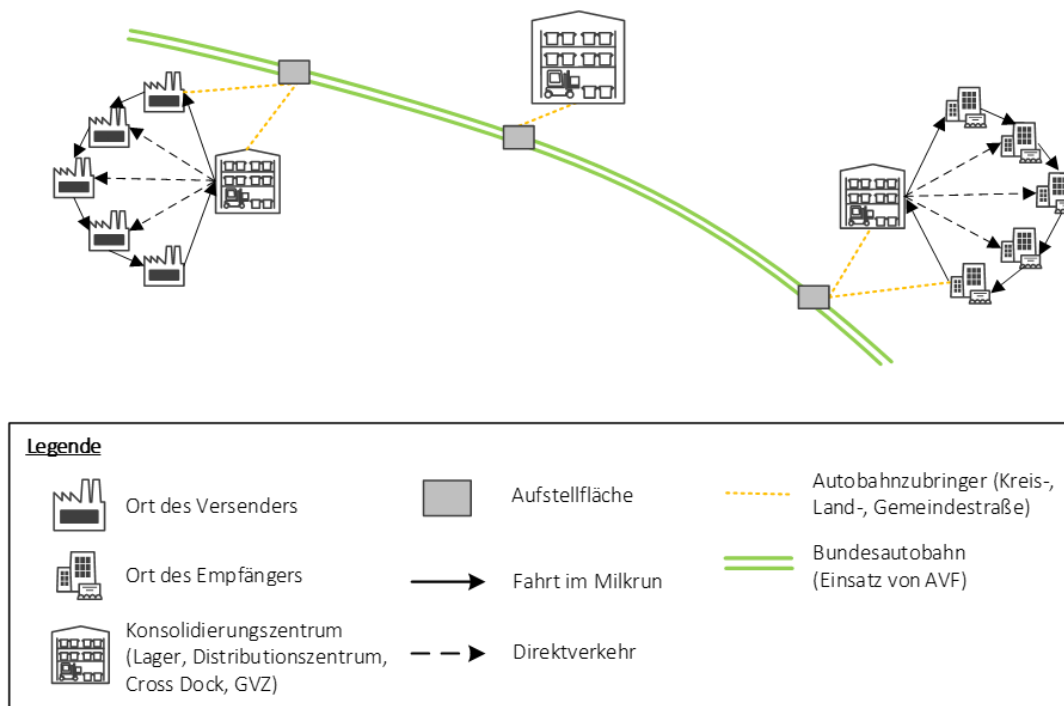


Abbildung 1: Skizze der Transportstruktur im Szenario „Automatisierter Gütertransport auf Autobahnen“

Im Szenario „Automatisierter Gütertransport von Lager zu Lager“ fahren die Fahrzeuge vollständig fahrerlos auf Autobahnen, Kreis-, Land- und Gemeindestraßenabschnitten im nicht-urbanen Raum. Damit ist technisch realisiert, dass die Fahrzeuge nicht mehr zwischen Aufstellflächen an den Autobahnen und einem Konsolidierungszentrum von einem Fahrer manuell überführt werden müssen. Im Gegensatz dazu können die fahrerlosen Fahrzeuge den Weg von einem Konsolidierungszentrum zum anderen autonom zurücklegen. Das Fahrzeug hat jedoch weiterhin alle technischen Voraussetzungen, um von einem Fahrer manuell gefahren zu werden. Dies dient vor allem als Konzept der Versorgungssicherheit, damit Fahrzeuge bei technischen Ausfällen oder ungewöhnlichen Ereignissen immer noch bedient werden können. Weiterhin ist das automatisierte Fahrzeug als Lang-Lkw einsetzbar und es kann als Führungsfahrzeug für die oben beschriebenen elektronisch gekoppelten Transportautomaten dienen. Somit wird in diesem Szenario lediglich die erste und letzte Meile manuell gefahren.

Das Szenario „Automatisierter Gütertransport auf der letzten Meile“ konzentriert sich auf die Feinverteilung von Waren in Städten. Dazu wurden zwei Teilmärkte betrachtet: der Lebensmitteleinzelhandel (LEH) und die Paketzustellung (KEP). Der Hauptlauf zwischen Konsolidierungszentren wird durch die Fokussierung auf die letzte Meile in diesem Szenario nicht weiter

betrachtet. Es ist davon auszugehen, dass er ähnlich wie im zuvor beschriebenen Szenario „Automatisierter Gütertransport von Lager zu Lager“ autonom durchgeführt wird.

Im Lebensmitteleinzelhandel erfolgt der Einsatz fahrerloser Fahrzeuge zwischen 22 Uhr und 6 Uhr. Somit ist die Belieferung von Filialen von der Tages- auf die Nachtzeit verlagert. Damit kein Personal vor Ort in den Filialen sein muss, sind die Rampen entsprechend ausgestattet, so dass das Fahrzeug autonom andocken und entladen können. Die entladene Ware kann vom Verkaufspersonal tagsüber in das Lager oder den Verkaufsraum verräumt werden. Mit dieser Strategie der Nachtbelieferung sind die im Jahr 2018 typischen Wartezeiten an der Rampe auf ein Minimum reduziert. Darüber hinaus lassen leere Straßen in der Nachtzeit eine bessere, zeitgenaue Tourenplanung zu. In der Folge kann ein fahrerloses Fahrzeug mehr Filialen in der Zeit zwischen 22 Uhr und 6 Uhr beliefern als im Jahr 2018 in der Tageszeit.

Im Paketmarkt werden fahrerlose Fahrzeuge eingesetzt, um in der Zeit zwischen 22 Uhr und 6 Uhr Paketstationen zu bedienen, in denen die Pakete der Kunden zur Selbstabholung bereitgestellt werden. Auch können die Kunden ihre Pakete in die Paketstationen zur Versendung einlegen. Ein weiterer Wechsel der Paketstationen erfolgt in der Mittagszeit zwischen 11 Uhr und 14 Uhr. Somit werden etwaig nicht abgeholte Pakete zunächst wieder mitgenommen und bei der nächsten Tour wieder zur Verfügung gestellt. Die Zustellung mittels Paketstation macht den Zustell- und Versandservice für Kunden kostengünstiger und flexibler. Für das Szenario wurde daher angenommen, dass nur noch 20 % der Kunden eine Belieferung mit einer Hauszustellung durch einen Paketzusteller wählen.

6 Wirkungsanalyse

Die entwickelten Szenarien wurden in der Wirkungsanalyse auf mögliche betriebswirtschaftliche als auch verkehrliche Veränderungen hin untersucht. Dafür wurden Veränderungen der Prozesskosten und möglicher Wirkungen in der Logistikkette mit Hilfe von Simulationen und Kostenmodelle quantifiziert. Die Wirkungsanalyse erfolgte mittels der folgenden drei Modellierungsansätze:

1. Die Durchführung einer Prozesskostenrechnung, mit deren Hilfe die Auswirkungen geänderter Logistikprozesse monetär abgeschätzt wurden.
2. Eine Verkehrsmodellierung mit Hilfe des Elastizitätenansatzes nach Liedtke und Sonntag (2018), der Verlagerungseffekte von der Schiene auf die Straße durch die Automatisierung im Güterverkehr aufzeigt.
3. Der Einsatz des mikroskopischen, agenten-basierten Verkehrsmodells MATSim und des integrierten Logistikmodul jsprit, mit denen die verkehrlichen Wirkungen durch den Einsatz von automatisierter Fahrzeugtechnik abgeschätzt wurde.

Die Prozesskostenrechnung (PKR) zeigt, dass in den einzelnen Szenarien unterschiedliche Kostenveränderungen auftreten können. In den Szenarien „Automatisierter Gütertransport auf Autobahnen“ und „Automatisierter Gütertransport von Lager zu Lager“ kann durch eine Automatisierung der Prozesse und den Wegfall des Personals eine Kosteneinsparung zwischen 9 % bis 23 % pro EPAL erzielt werden. Besonders hohe Kosteneinsparungen sind in dem Szenario „Automatisierter Gütertransport auf der letzten Meile“ im Lebensmitteleinzelhandel mit 47 % bis 56 % möglich. Im KEP-Markt ergibt sich hingegen eine Kostenzunahme zwischen 32 % bis 58 % pro EPAL oder Paket durch fahrerlose Lkw. Es ist zu beachten, dass die Berechnungen sowie ihre Ergebnisse den zuvor getroffenen Annahmen unterliegen, weshalb diese Prozesskostenrechnung nur eine mögliche Szenariowelt abbildet (zentrale Annahme: 80 Anlieferungen am Tag). Durch die PKR konnten die Kostentreiber identifiziert und Optimierungsstrategien abgeleitet werden. Dabei zeigt sich, dass auch die Prozesszeiten durch die Automatisierungstechnologie verringert werden, was im Elastizitätenansatz nicht berücksichtigt ist.

Mit dem Elastizitätenansatz wurde eine Verlagerung der Verkehrsleistung von der Schiene auf die Straße von 20 % bis 38 % im Szenario „Automatisierter Gütertransport auf Autobahnen“ und von 39 % bis 66 % im Szenario „Automatisierter Gütertransport von Lager zu Lager“ abgeschätzt (siehe Tabelle 1). Die hohen Verlagerungen auf die Straße sind durch die deutlichen Kosteneinsparungen durch AVF im Straßengüterverkehr zu erklären. Die untere und obere Grenze des Verlagerungseffektes ergibt sich aus der Variation der Kreuzpreiselastizitäten¹ in der Modellierung entsprechend der in der Literatur gefundenen Angaben.

Tabelle 1: Verlagerungseffekte von der Schiene auf die Straße in den Szenarien 1 und 2

	Prozentuale Veränderung der Verkehrsleistung	
	Min. erwartete Verlagerungswirkung von der Schiene	Max. erwartete Verlagerungswirkung von der Schiene
Szenario 1	-20 %	-38 %
Szenario 2	-39 %	-66 %

Die agenten-basierte Simulation wurde sowohl für das Szenario des Lebensmitteleinzelhandels als auch für das des KEP-Marktes durchgeführt. Die Ergebnisse des Lebensmitteleinzelhandel-Szenarios zeigen, dass der Einsatz automatisierter Fahrzeuge zwar in mehr Fahrten resultiert, allerdings weniger Fahrzeuge im Vergleich zum Basisszenario eingesetzt werden.

¹ Die Kreuzpreiselastizität gibt an, wie stark sich der Marktanteil der Bahn ändert, wenn sich die Kosten des Lkw-Transportes ändern.

Dies führt insgesamt zu einer Reduktion der Gesamttransportkosten um 36,8 % für den Logistikdienstleister. Für das Szenario des Paketmarktes konnten die Gesamtkosten pro Tag um 72,7 % gesenkt werden. Dies resultiert daraus, dass etwa 60 % der Fahrten und mehr als 74 % der Fahrzeuge der KEP-Dienstleister eingespart werden können. Darüber hinaus reduzieren sich die zurückgelegten Kilometer um 70,5 % und daraus folgernd der Kraftstoffverbrauch um etwa 67 %.

Insgesamt konnte anhand der Wirkungsanalyse gezeigt werden, dass Kosteneinsparungen durch den Einsatz automatisierter Fahrzeuge möglich sind. Jedoch ist durch die Einführung der Technologie auch eine deutliche Verlagerung der Transporte von der Schiene auf die Straße zu erwarten.

7 Handlungsempfehlungen

Basierend auf den vorangegangenen Ergebnissen des Projekts wurden Handlungsempfehlungen für den politischen Diskurs, für Fahrzeug- und Technologiehersteller sowie für die Organisation von Testfelder abgeleitet.

Die Handlungsempfehlungen basieren auf drei Ebenen: Zum einen wurden die Ergebnisse der Literatur- und Systemanalyse genutzt, um Potenziale und Herausforderungen aufzuzeigen. Zum anderen diente ein Expertenworkshop mit Vertretern aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Verbänden zur Identifizierung von Handlungsbedarfen. Darüber hinaus unterstützen die Methoden des Transition Managements und Stakeholder Managements die Ableitung zielgerichteter Handlungsempfehlungen.

Zusammenfassend konnten die nachfolgenden Handlungsempfehlungen festgehalten werden:

Handlungsempfehlungen für Technologie- bzw. Fahrzeughersteller, um bedarfsge- rechte Innovationen für Logistikakteure zu entwickeln:

- Der Ausbau und die Ausstattung der IT-Infrastruktur (z. B. flächendeckendes Mobilfunknetz) müssen vorantrieben und gefördert werden, um eine Stabilität der Netzabdeckung und Datensicherheit gewährleisten zu können. Die Entwicklungen sollten dabei auch infrastrukturunabhängige, fahrzeuginterne Systeme umfassen.
- Zielgruppengerechte, fahrerlose Fahrzeuge sollten in Kooperation mit Logistikdienstleistern entwickelt werden.
- Fahrerlose Fahrzeuge versprechen den größten wirtschaftlichen Nutzen und sollten daher durch die Hersteller bereitgestellt werden.

Handlungsempfehlungen für den politischen Diskurs, die als Grundlagen zur Ableitung geeigneter Rahmensetzungen für die Realisierung von AVF in Logistikketten dienen:

- Die Entwicklungen zur Einführung des fahrerlosen Fahrens in der Logistik müssen im gesamten Verkehrssystem abgestimmt (Technologie, Infrastruktur, Markt, Nutzer) sein, um einen erfolgreichen Veränderungsprozess zu erzielen.
- Im Konsens der betroffenen Akteure sollte eine Vision eines „automatisierten Verkehrssystem“ formuliert werden, die einen abgestimmten Veränderungsprozess ermöglicht.
- Für eine erfolgreiche Umsetzung des fahrerlosen Fahrens in der Logistik sollte eine einheitliche Planungsstrategie auf nationaler und internationaler Ebene geschaffen werden. Durch einen langfristigen Rechtsrahmen soll die Erprobung und Einführung fahrerloser Fahrzeuge ermöglicht werden.

Handlungsempfehlungen für die Anforderungen an bestehende oder aufzubauende Testfelder, damit die Logistikbranche das AVF technisch und organisatorisch testen, aber auch den Nutzen demonstrieren kann:

- Zur Entwicklung einer marktgerechten Technologie bedarf es eines Lernprozesses, der durch geförderte Projekte vorangetrieben werden kann, die insbesondere die potenziellen Nutzer miteinschließen.
- Neben den Herstellern müssen die Logistikdienstleister in den Veränderungsprozess mit eingebunden werden. Eine Erprobung nicht allein der Technologie auf Testfeldern, sondern ganzer Geschäftsmodelle könnte den Veränderungsprozess in der gesamten Logistikkette unterstützen.
- Die Akzeptanz für die Technologie muss auch bei den Verkehrsteilnehmern erhöht werden. Mithilfe eines flächendeckenden Testfeld-Netzes kann die Technologie erfahrbar und zugänglich gemacht werden.

Handlungsempfehlungen zur Minderung von Sekundäreffekten:

- Um einer Marktkonsolidierung entgegenzuwirken, müssen kleine und mittelständische Unternehmen bei der Einführung des fahrerlosen Fahrens unterstützt werden.
- Betriebswirtschaftliche Wirkung des AVF müssen durch Projekte und Publikationen abgeschätzt und veröffentlicht werden, um eine bessere Planbarkeit und Kosten-Nutzen-Abschätzung für die Logistikdienstleister erzielen zu können.
- Die Berufskraftfahrer müssen gezielt durch Weiterbildungsmaßnahmen adressiert und in den Veränderungsprozess eingebunden werden, um frühzeitig neue Einsatzfelder und Anforderungsprofile entwickeln zu können.

- Aufgrund der deutlichen Preissenkungen durch das fahrerlose Fahren in der Logistik kann es zu Rückverlagerungen auf die Straße kommen, dem gilt es durch die Förderungen von Innovationen im Schienengüterverkehr, einer Vision eines intermodalen Verkehrssystems oder ggf. durch Restriktionen entgegenzuwirken.

8 Fazit

Die Prozesse der Logistikkette im Straßengüterverkehr sind durch zumeist manuelle Tätigkeiten und von einem hohen Kosten- und Zeitaufwand geprägt. Das automatisierte und vernetzte Fahren bietet die Möglichkeit, die Prozesse in der Logistikkette zu verschlanken und effizienter zu gestalten. Insbesondere die Transportkosten sind dabei in der Logistikbranche ein wichtiger Wettbewerbsfaktor. Das Projekt ATLaS konnte mithilfe von Einsatzszenarien zeigen, dass das automatisierte und vernetzte Fahren als mobiles Büro sowie das Fahren im Konvoi nur einen geringen Nutzen für die Logistikdienstleister erzeugen. Das fahrerlose Fahren führt hingegen zu deutlichen Kosten- und Zeitvorteilen und ist von den Akteuren der Logistikbranche gewünscht. Diese Ergebnisse wurden sowohl in den durchgeführten Experteninterviews als auch in einer Prozesskostenrechnung sowie einer agenten-basierten Simulation deutlich. Um die sekundären Wirkungen ebenfalls abschätzen zu können, wurden mithilfe des Elastizitätenansatzes die Verlagerungswirkungen durch das automatisierte Fahren aufgezeigt. Die Ergebnisse machen deutlich, dass die Kostenreduktionen zu einer Verlagerung der Transporte von der Schiene auf die Straße führen. Damit ist das automatisierte und vernetzte Fahren nicht nur eine technische, sondern vielmehr eine sozio-ökonomische Herausforderung. Mithilfe der Ergebnisse konnten im Projekt ATLaS Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, die die unterschiedlichen beteiligten Akteure adressieren, um einen erfolgreichen Veränderungsprozess im Straßengüterverkehr zu realisieren.

Im Projekt wurde jedoch deutlich, dass den kleinen und mittelständischen Logistikunternehmen die Kapazitäten - die Technologie zu testen und im Regelbetrieb einzuführen - weitestgehend fehlen. Vorreiter werden hierbei daher die Global Player der Branche sein. Um eine Marktkonsolidierung durch diese zu vermeiden, ist es erforderlich, den Lern- und Innovationsprozess von kleinen und mittelständischen Logistikunternehmen zu unterstützen.

Anmerkung:

Es handelt sich bei diesem Dokument um eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse des Projekts ATLaS. Eine vollständige und detaillierte Version aller Ergebnisse ist im Abschlussbericht des Projekts zu finden.

Flämig, Heike; Lunkeit, Sandra; Fieltsch, Patrick; Müller, Stephan; Thaller, Carina; Liedtke, Gernot; Voigtländer, Felix; Janke, Christian (2020): Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik - Chancen für mehr Wertschöpfung (Schlussbericht zum Projekt ATLaS). Technische Informationsbibliothek (TIB); Download unter: <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIB-KAT:1697842658/>

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur im Rahmen der Förderrichtlinie „Automatisiertes und vernetztes Fahren auf digitalen Testfeldern in Deutschland“ gefördert.