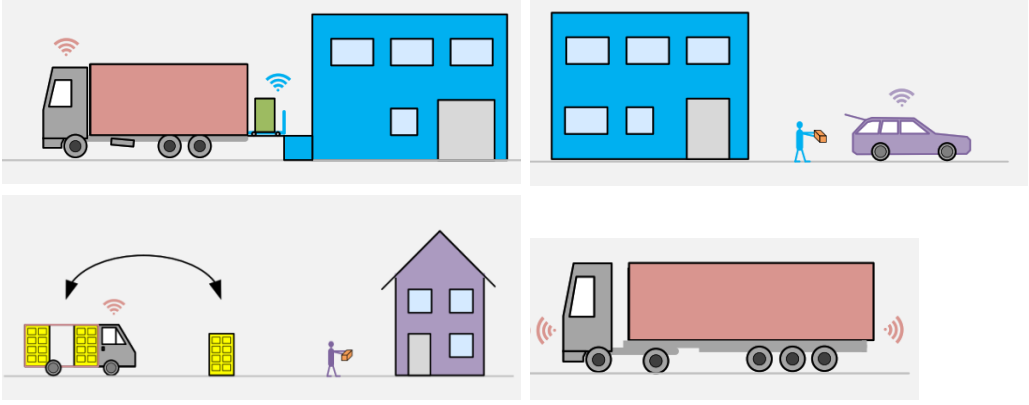


Factsheet 10 Anwendungen im Güterverkehr	
<p>Hintergrund</p>	<p>Auch im Güterverkehr ermöglichen selbstfahrende Fahrzeuge neue Anwendungsformen. Der Transport von Waren dürfte vereinfacht und vergünstigt werden und damit den Trend zu Mehrverkehr – neben dem Personenverkehr – verstärken. Der Bedarf für innovative Güterversorgungskonzepte und eine Bündelung der Transporte insbesondere in Städten steigt. Im Folgenden werden denkbare Konzepte für selbstfahrende Güterfahrzeuge auf den Autobahnen, auf der «letzten Meile» (Feinverteilung) und auf den «letzten Metern» (Strassenkante bis zum Bezugsort) beschrieben.</p>
<p>Übersicht</p>	 <p>Denkbare Anwendungen automatisierter Fahrzeuge im Güterverkehr (von links oben nach rechts unten: Warenumschlag Teilladungsverkehr, Abholen von Paketen, Paketfachboxen, Autopilot, EBP 2018)</p>
<p>Thema</p>	<p>Bei der Betrachtung des Güterverkehrs muss zwischen Komplettladungsverkehr und Teilladungsverkehr unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Komplettladungsverkehre sind Punkt-zu-Punkt-Verkehre, beispielsweise zwischen zwei Logistikzentren. Werden dabei die Transporte mit selbstfahrenden Güterfahrzeugen durchgeführt, ergeben sich vor allem Kosteneinsparungen durch den Wegfall des Fahrers resp. der Fahrerin. Anpassungen im Betriebskonzept (Bsp. Fahrtzeitpunkt, Routenwahl) sind nicht absehbar. — Im Unterschied dazu sind bei Teilladungsverkehren, welche den Transport von Stückgut (Bsp. in Paletten) oder Paketen abdecken, grosse Änderungen zu erwarten: Mit der Digitalisierung können Kunden ihre Konsumgüter direkt nach Hause bestellen, Unternehmen können Lagerbestände optimieren und Waren in jeweils geringeren Mengen bestellen. Dies alles führt zu einer Reduktion der Sendungsgrösse und zu einer Zunahme der Anzahl Sendungen. Selbstfahrende Güterfahrzeuge ermöglichen durch einen optimierten Einsatz allenfalls eine Reduktion der Anzahl erforderlicher Fahrzeuge bei gleicher Fahrtenanzahl bzw. Fahrleistung. <p>Anwendungen im Güterverkehr über lange Distanzen: Platooning und Autopilot</p> <p>Unter Platooning versteht man das steuerungstechnische Bündeln von Lastwagen, so dass diese in geringem Abstand hintereinanderfahren können, ohne dass die Verkehrssicherheit beeinträchtigt wird. Ziele des Platooning sind eine erhöhte Strassenkapazität durch verringerte Zeitlücken, eine höhere Wirtschaftlichkeit und ein verringerter Benzinverbrauch durch Windschattenfahren. Für das Bilden und Auflösen von Platoon-Verbänden müssen spezielle Abschnitte ausgeschieden werden.</p> <p>International wurden bereits verschiedene Testfahrten zum Platooning durchgeführt (vgl. Abschnitt «Situation im Ausland»). Interessant dürfte diese Anwendung im internationalen Fernverkehr sein, ohne ein konkurrenzfähiges Angebot des kombinierten Verkehrs Schiene–Strasse. Auf Überlandstrassen oder gar im Innerortsbereich wird sich Platooning aufgrund von zahlreichen kreuzenden oder einmündenden Fahrzeugen kaum durchsetzen. Trotz Platooning dürften in allen Lastwagen weiterhin Fahrerinnen und Fahrer</p>

¹ Perret F., Arnold T., Fischer R., de Haan P., Haefeli U. (2020). Automatisiertes Fahren in der Schweiz: Das Steuer aus der Hand geben? In TA-SWISS Publikationsreihe (Hrsg.): TA 71/2020. Zürich: vdf.

verbleiben, wobei diejenigen der hinteren Fahrzeuge das Steuer in der Regel über längere Phasen nicht mehr übernehmen müssen und zumindest teilweise ihre Unterwegszeit für andere Tätigkeiten nutzen können (EBP, 2018).

Verkehrt ein Lastwagen zumindest teilweise (bspw. auf der Autobahn) selbstfahrend, so ist zu klären, ob der Fahrerin oder dem Fahrer diese Zeit zumindest teilweise als Ruhezeit angerechnet werden kann, sofern er diese nicht für anderweitige Logistikaufgaben nutzt. In den Gesetzgebungen zur Ruhezeit müsste dieser Aspekt aufgenommen werden.

Für die Schweizer Autobahnen wurden die betrieblichen Folgen eines Platooning in einer Studie (ASTRA, 2017) abgeschätzt und beschrieben. Kritische Stellen sind Tunnelabschnitte ab 300 m Länge, bei denen sich ein Platoon-Verband zur Gewährleistung des Brandschutzes aufzulösen hat. Zudem sprechen betriebliche und infrastrukturelle Gründe dafür, die Abstände der Lastwagen auch im Bereich von Ein- und Ausfahrten mindestens zu erhöhen, damit beispielsweise Einmündungsvorgänge von regulären Fahrzeugen auf die Autobahnen möglich bleiben. Auf dem Schweizer Autobahnnetz könnte unter diesen Restriktionen Platooning nur auf 20–25% der Abschnitte erfolgen, ohne Auflösung der Platoon-Verbände bei Ein- und Ausfahrten wäre Platooning immerhin auf rund 80% der Strecken möglich. Die Folgen von starken Steigungen und grossen Brücken auf den Betrieb der Platoon-Verbände sind noch wenig bekannt.

Neue Möglichkeiten in der City-Logistik

Für die Güterversorgung im dichten, urbanen Umfeld wird oft der Begriff «City-Logistik» verwendet. Es gibt aber keine eindeutige Definition. Allgemein werden darunter Konzepte verstanden, welche die Bündelung des städtischen Güterverkehrs – und insbesondere des Teilladungsverkehrs – zum Ziel haben und dadurch letztlich die Anzahl Güterverkehrsfahrten und die Belastung der Strassen reduzieren helfen. Die Energieeffizienz in der urbanen Logistik ist eine weitere grosse Herausforderung (Rapp, 2017). Eine optimale Auslastung aller Fahrzeuge setzt eine freiwillige oder verordnete Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen voraus. Dies widerspricht der gegenläufigen heute beobachtbaren Tendenz zu mehr Wettbewerb. Um Synergien erzielen zu können, wären Standardisierungen notwendig (branchenspezifische Lösungen, Behältersysteme, Softwareschnittstellen etc.).

Güterverkehr in Innenstädten wird vor allem durch die Anlieferung von Verkaufsgeschäften und Dienstleistungsbetrieben, Kurier- und Postdienstleistungen, Versorgung von Hotellerie und Gastrogewerbe, Baustellen sowie Abfall und Recycling erzeugt. Infolge der Trends wie Online-Handel und kleineren Lagergrössen kann davon ausgegangen werden, dass der Güterverkehr im Vergleich zum Personenverkehr überproportional wachsen wird (ARE, 2016).

Selbstfahrende Güterfahrzeuge können Bestandteil von neuen City-Logistik-Konzepten sein (Taniguchi, 2017), beispielsweise wenn am Stadtrand Umschlagzentren eingerichtet werden, die eine Güterübergabe von Langstrecken- resp. Komplettladungsverkehren (Schiene oder Strasse) auf automatisierte, kleinere Fahrzeuge für die betrieblich optimierte Feinverteilung und Bündelung in der Stadt ermöglichen. Ein anderes denkbare Konzept sind mobile, in einem Logistikzentrum befüllte Paketfachboxen, die mit automatisierten Fahrzeugen in die Quartiere gefahren, dort für einen bestimmten Zeitraum abgestellt und später wieder abgeholt werden. Kunden können dann ihre Pakete innerhalb eines bestimmten Zeitfensters abholen (EBP, 2018).

Insbesondere in Städten findet heute der Warenumschatz oftmals auf Flächen statt, die nicht speziell für diesen Zweck gekennzeichnet sind. An welchen Stellen und unter welchen Bedingungen ein solches kurzzeitiges Halten für den Güterumschlag gestattet ist, wird in der Verkehrsregelverordnung (VRV) festgehalten. Für eine korrekte Anwendung dieser Vorschriften muss die Fahrerin oder der Fahrer diese kennen. Ebenso ist eine gute Beobachtungsgabe erforderlich, um deren Einhaltung einschätzen und prüfen zu können, ob nun das Anhalten für den Güterumschlag an einer bestimmten Stelle zulässig ist oder nicht. Verkehren Fahrzeuge ohne Begleitperson, so können diese hohen Anforderungen an ein technisches System ein Problem darstellen (EBP, 2018).

Konzepte auf den «letzten Metern»

Eine vollautomatisierte Zustellung von Sendungen auf den «letzten Metern» vom Haltepunkt eines selbstfahrenden Güterfahrzeugs am Strassenrand bis hin zur Haustüre des Kunden stellt eine besondere Herausforderung dar, da jede örtliche Situation sehr individuell ist. Im Teilladungsverkehr zwischen Unternehmen und Kunden wird voraussichtlich weiterhin eine Person das selbstfahrende Fahrzeug begleiten müssen, da ansonsten die Be- und Entladung nicht zeit-, fach- und kostengerecht erfolgen kann (EBP, 2018).

Beim Paketdienst ist es denkbar, dass der Empfänger durch Ankündigung eines Lieferzeitfensters und mit SMS-Übermittlung eines Zugangscodes das Paket selbst aus dem Fahrzeug holt. In diesem Falle wäre keine Begleitperson erforderlich. Solche Systeme setzen jedoch eine «hohe Zuverlässigkeit» und Mobilität aller Empfänger voraus.

Bei kleinen Sendungsgrößen (Paketen) mit Zustellung an Paketstationen ist es denkbar, dass die Anlieferung mit selbstfahrenden Güterfahrzeugen erfolgt. Der Warenumschlag kann entweder automatisiert oder durch den lokalen Betreiber der Paketstation durchgeführt werden. Auch im Komplettladungsverkehr und im Teilladungsverkehr zwischen Unternehmen ist der Einsatz von unbegleiteten automatisierten Fahrzeugen denkbar. Der Warenumschlag kann automatisiert oder durch den Empfänger durchgeführt werden. Die Verantwortlichkeiten bezüglich der Ladungssicherung sind dann neu zu definieren. Je komplexer die Zustellung (Anzahl und Infrastruktur der zu bedienenden Orte), desto eher dürfte eine Person diese Prozesse begleiten (EBP, 2018).

Automatisierte Fahrzeuge für den Transport von kleinvolumigen Gütern

Private selbstfahrende Fahrzeuge können dazu ab Level 4 auch genutzt werden, Pakete und kleine Stückgüter unbegleitet abzuholen. Gegenüber dem Versand mit den heute üblichen Distributionskonzepten kann die Lieferzeit beschleunigt und die Auslieferung unabhängiger von der zeitlich-örtlichen Verfügbarkeit der Warenempfänger werden. Das unbegleitete Abholenlassen durch automatisierte Fahrzeuge führt dazu, dass in der Lieferkette die «letzte Meile» weniger gebündelt erfolgt und somit mehr (Leer-)Fahrten generiert werden. Dem dadurch verursachten Verkehr kann beispielsweise entgegengewirkt werden, indem in urbanen Räumen ein dichtes Netz von Paketfachboxen geschaffen wird, die nahe bei den Empfängerinnen und Empfängern liegen. Das Betreibermodell ist idealerweise so zu wählen, dass eine gemeinsame Nutzung für alle Kurier-, Express- und Paketdienstleistern interessant ist. Dabei stellen die Standardisierung von Prozessen und die digitalen Schnittstellen eine Herausforderung dar.

Kombination mit Spezialexsystemen wie Paketroboter und Drohnen

Für die Feinverteilung werden derzeit auch andere automatisierte Systeme wie Paketroboter und Drohnen getestet. Hierzu ist ein Einsatz in Kombination mit automatisierten Güterfahrzeugen denkbar, wo Paketroboter oder Drohnen zu einem bestimmten Punkt geführt werden und von dort für die Feinverteilung «ausschwärmen».

Paketroboter könnten bei der Paketauslieferung im Kurzstreckenbereich für gewisse Marktteilnehmer interessant sein (Pizzakurier, Paket- und Kurierdienst, Zustellung von Medikamenten etc.). Innerhalb von Betriebsarealen könnten Paketroboter für die interne Postzustellung verwendet werden. Weil die Lademenge solcher Paketroboter relativ gering ist, dürfte das Nutzen-Kosten-Verhältnis auch langfristig nur für ausgewählte Transportbedürfnisse attraktiv sein. Die gesellschaftliche Akzeptanz solcher Systeme, insbesondere im urbanen öffentlichen Raum (bspw. auf Trottoirs), und die sich daraus ergebenden ordnungspolitischen Vorgaben dürften von Bedeutung sein (EBP, 2018).

Drohnen sind ein Transportmittel, das sich im Luftraum, ausserhalb der in Städten sonst gewohnten und entsprechend geregelten Verkehrsflächen bewegt. Bei einem dichten Drohnenverkehr wäre die Gewährleistung der Sicherheit sehr herausfordernd (Vermeidung von Kollisionen und Abstürzen). Bezüglich Wirtschaftlichkeit ist zu beachten, dass beim Lufttransport das mögliche Ladegewicht gering und der Energiebedarf vergleichsweise hoch ist. Der politische und gesellschaftliche Widerstand dürfte aufgrund der Sicherheit, der Lärmproblematik und der Nutzung des Luftraums hoch sein und Zulassungen dürften sich auf ausgewählte Nutzungen beschränken. Damit ist zu erwarten, dass

	<p>sich der Einsatz von Drohnen auch langfristig nur in ausgewählten Nischen durchsetzen wird (EBP, 2018).</p>
<p>Quellen</p>	<p>Adler (2018): Autonomous Guided Platooning of Big Rigs Could Arrive Before Robo-Taxis, auf: trucks.com.</p> <p>ARE (2016): Verkehrsperspektiven 2040, Entwicklung des Personen- und Güterverkehrs in der Schweiz, August 2016, Weblink</p> <p>ASTRA (2017): Chancen und Risiken des Einsatzes von Abstandshaltesystemen sowie des Platoonings von Strassenfahrzeugen – Machbarkeitsanalyse, 11. August 2017, Weblink</p> <p>Behrend (2018): Wenn Algorithmen das Steuer übernehmen, in DVZ: «Zukunftslabor Nutzfahrzeug, Road Innovation Lab 2018»</p> <p>Bhuiyan (2018): Uber's self-driving trucks have been hired to deliver freight in Arizona. <i>Recode.</i></p> <p>DHL (2018): DHL Logistics Trend Radar, Version 2018/19</p> <p>Dickey (2018): Self-driving car startup Nuro teams up with Kroger for same-day grocery Delivery. <i>Techcrunch.</i></p> <p>EBP (2018): Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz, Schlussbericht Modul 3f «Güterverkehr / City Logistik (Strasse)», Fassung vom 28.03.2018, Weblink</p> <p>Hermann (2018): Die autonome Revolution – Wie selbstfahrende Autos unsere Strassen erobern. Frankfurter Allgemeine Buch, Frankfurt am Main.</p> <p>McKinsey (2016): Parcel delivery: the future of last mile. Travel, Transport, and Logistics Practice.</p> <p>NZZ (2018): Stadtlogistik: Mehr Güter, weniger Energie, NZZ am Sonntag, 07.10.2018</p> <p>Rapp (2017): Energieeffiziente und CO₂-freie urbane Logistik 2050, Vortrag anlässlich der SVI-Forschungstagung, 21. September 2017, Weblink</p> <p>Taniguchi (2017): City logistics: Best practices in Japan for sustainable and liveable cities, Kyoto University, 10.10.2017</p>
<p>Situation im Ausland</p>	<p>Weltweite Trends</p> <p>Im internationalen Güterverkehr sind derzeit folgende Trends auszumachen:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Durch Effizienzsteigerungen können Kosten für Logistik niedrig gehalten werden. Dies ermöglicht es, Waren rascher, über grössere Distanzen und spezifischer nach den Bedürfnissen der Kunden zu befördern. — Der Online-Handel verändert das Einkaufsverhalten. Den Konsumenten wird das einfache Bestellen von Waren ermöglicht (auch im Ausland). Eine Zunahme der Anzahl beförderter Pakete ist die Folge. — Die Digitalisierung und Individualisierung führt zu einer Zunahme nach Logistics-on-Demand zwischen Unternehmen. <p>Automatisierten Systemen – von selbstfahrenden Lastwagen bis hin zu Last-Mile-Robotern und Drohnen – wird in Zusammenhang mit diesen Trends ein grosses Potenzial zugeschrieben, insbesondere in Bezug auf Sicherheit, Effizienz und Qualität. Der Einsatz von selbstfahrenden Fahrzeugen wird von der Branche selbst frühestens in fünf Jahren als relevant eingeschätzt (DHL, 2018). Zahlreiche Start-ups und Technologieunternehmen sind Vorreiter bei neuen Konzepten für die automatisierte Güterzustellung. Aber auch etablierte Fahrzeughersteller testen derzeit an verschiedenen Orten der Welt ihre selbstfahrenden Lastwagen.</p> <p>Platooning und Güterfernverkehr</p> <p>Der Verband der Automobilindustrie prognostiziert, dass Platooning zumindest auf Autobahnen bereits in fünf Jahren zum gewohnten Bild gehören wird (Behrend, 2018). Im Rahmen von europäischen und US-amerikanischen Projekten haben einige Versuchsfahrten stattgefunden, insbesondere auf Initiative von Lastwagenherstellern. In Deutschland gibt es beispielsweise seit Anfang 2018 Platooning-Testfahrten auf der A9, dem digitalen Testfeld Autobahn. Die EU hat einen Lastwagen-Platooning-Wettbewerb aus-</p>

	<p>geschrieben, um die Anstrengungen der Entwickler zu unterstützen, an dem DAF, Daimler, MAN, Scania und Volvo teilnahmen (Hermann, 2018). Ziel ist es unter anderem, Standards bezüglich der in Europa eingesetzten Platooning-Technologie herauszubilden.</p> <p>Auch in den USA wurden bereits erste Testfahrten mit selbstfahrenden Lastwagen in North Carolina durchgeführt. Das U.S. Department of Transportation hat gesamthaft zehn Standorte definiert, an welchen ähnliche Tests durchgeführt werden sollen, beispielsweise auf der Interstate 110 in Kalifornien, einem Gebiet mit intensivem LKW-Verkehr in der Nähe der beiden grössten Containerhäfen der USA. In den USA mit einem grossen Fernverkehrsmarkt wird geschätzt, dass selbstfahrende Lastwagen viel schneller als automatisierte Personenwagen zum Alltag auf den Strassen gehören, da die Verbesserung der Treibstoffeffizienz und die digitale Infrastruktur auf Autobahnen relativ einfach realisiert werden können (Adler, 2018). Während Platooning getestet wird, haben Fahrzeughersteller bereits Pläne für kommerziell erhältliche teilautomatisierte Lastwagen vorgestellt. Auch chinesische Hersteller wie TuSimple und FAW Jiefang Automotive testen derzeit selbstfahrende Lastwagen (Hermann, 2018).</p> <p>City-Logistik</p> <p>Selbstfahrende Lastwagen dürften sich aufgrund der geringeren Komplexität zuerst auf Autobahnen und erst später auf den städtischen Strassen durchsetzen. Daher müssten Lastwagen trotz der Fortschritte im Platooning die Kontrolle vorerst an eine oder einen an Bord befindlichen FahrerIn oder Fahrer zurückgeben, wenn sie die Autobahnen verlassen.</p> <p>In zahlreichen Städten Europas, in Nordamerika und Asien wurden in den vergangenen Jahren verschiedene Tests zum Thema City-Logistik durchgeführt. Urban Consolidation Centers, Cargo Bikes, CO₂-neutrale Fahrzeuge, Microhubs sind nur einige Ideen. Exemplarisch sei hier das Konzept von UPS in Hamburg erwähnt, wo in der Innenstadt Container abgestellt und von dort aus Güter umweltschonend per Elektrofahrrad oder zu Fuss ausgeliefert werden. Eine überbetriebliche Bündelung des Lieferverkehrs von 50 Unternehmen erfolgt in Cityporto von Padua, die Feinverteilung erfolgt mittels Einsatz von Gas- und Hybridfahrzeugen in einer Public-Private-Partnership. In Paris Nord wurde kürzlich eine Logistikanlage mit Bahnanschluss in Betrieb genommen, die Feinverteilung erfolgt per Elektrofahrrad (NZZ, 2018).</p> <p>Nach der Übernahme des Start-ups Otto begann Uber 2017 mit der Erprobung vollautomatisierter Lieferungen in Arizona (Bhuiyan, 2018). Auch das Start-up-Unternehmen Nuro hat Pläne angekündigt, in Zusammenarbeit mit Kroger einen Lieferservice für Lebensmittel mit den elektrischen Lieferbehältern des Unternehmens zu starten (Dickey, 2018). Viele Experten erwarten, dass die autonome Paketzustellung ein weiteres Wachstumsfeld sein wird. McKinsey geht beispielsweise davon aus, dass 80 Prozent aller Paketzustellungen in den USA bis 2030 vollautomatisiert erfolgen (McKinsey, 2016).</p>
<p>Situation und Handlungsspielraum der Schweiz</p>	<p>Mit dem Einsatz automatisierter Last- und Lieferwagen oder gar Lieferroboter werden Behörden mit verschiedenen Auswirkungen konfrontiert, die genauer zu überprüfen sind. Schweizer Behörden können auf ihrem Gebiet verschiedene lenkende Massnahmen für den Güterverkehr treffen, wie beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Regelung des Einsatzes von automatisierten Transportfahrzeugen auf öffentlichen Strassen — Klare Definition von geeigneten Strassenabschnitten oder Flächen für Güterumschlag im Siedlungsgebiet, idealerweise auf Privatgrund und lärmoptimiert — Mobile und/oder dispers verteilte «Paketfachboxen» und/oder Paketstationen im öffentlichen und/oder im privaten urbanen Raum mit geeigneten Bewirtschaftungskonzepten und einer für Unternehmen verpflichtenden Nutzung — Klärung des Einsatzes von Paketrobotern im Bereich von Fussgängerzonen/Trottoirs — Regelung des Einsatzes von Drohnen im Siedlungsraum