

Whitepaper

MIT TEMPO ZUM AUTOMATISIERTEN FAHREN

WIE TELEOPERATION EINE FRÜHERE MARKTEINFÜHRUNG BEGÜNSTIGEN KANN

AUTOREN

Michael Schunke
Moritz Lewandrowski
Annika Föhnle

TELEOPERATION ALS GEHEIMZUTAT?

Seit dem Beginn des Hypes um autonome Fahrzeuge zeichnen sich eine Vielzahl unterschiedlicher Herausforderungen ab, die zunächst angegangen werden müssen: **Sicherheit, kosteneffiziente Geschäftsmodelle und die Abdeckung jeglicher Fahrszenarien.**

Im aktuellen Entwicklungsstadium fokussieren Automobilhersteller für kritische Anwendungsszenarien eher die Umsetzung von Umgehungslösungen, die diese Herausforderungen meistern. Es wird deutlich, dass es in naher Zukunft keine technische Lösung geben wird, um die Sicherheit eines autonomen Fahrzeugs, ohne einen Sicherheitsfahrer sicherzustellen. Infolgedessen evaluieren die Hersteller diverse Möglichkeiten zur Überwindung dieses Problems. Eine dieser Möglichkeiten ist die Teleoperation, das heißt die Steuerung und Überwachung eines Fahrzeugs aus der Ferne. Diese Technologie wurde 1955 erstmalig erforscht und ist in der Diskussion über autonome Fahrzeuge auch heute noch präsent. Während die Entwicklung autonomer Fahrzeuge weiter voranschreitet, sind viele Experten der Meinung, dass die Teleoperation autonomer Fahrzeuge einen beschleunigenden Faktor darstellen kann. Während die Steuerung und Überwachung aus der Ferne oft als gewöhnliches Fahren durch einen sogenannten Teleoperator verstanden wird, der lediglich an einem anderen Ort statt im Fahrzeug sitzt, ist die Bedeutung im Kontext einer Dienstleistung eine andere.

Teleoperation bedeutet die ferngesteuerte Überwachung und bedarfsorientierte Unterstützung eines (automatisierten) Fahrzeugs anstelle einer aktiven und dauerhaften Kontrolle und Steuerung.“¹

Diese Überwachung und Unterstützung aus der Ferne verspricht der Branche ein großes Beschleunigungspotential. In Kombination mit maschinellen Lernprozessen, könnte die Teleoperation die fehlende Zutat zur erforderlichen Akzeptanz autonomer Fahrzeuge und der Überwindung der zuvor genannten Herausforderungen werden.

BREMSENDE FAKTOREN DER HERSTELLER

Bevor wir die Vorteile der Teleoperation aus Herstellersicht vorstellen, ist die Diskussion aktueller Herausforderungen entscheidend.

Die größten Herausforderungen des autonomen Fahrens sind technischer Natur. Die Konnektivität über Mobilfunknetze ist ein zentrales Thema für die gesamte Entwicklung automatisierter Produkte, nicht nur in Bezug auf Fahrzeuge, sondern auch anderer Maschinen wie beispielsweise IoT-Lösungen. Eine konsistente und ausnahmslos geringe Latenz sowie eine redundante Netzwerkverbindung ist einer der Schlüsselfaktoren, um die Automatisierung und damit die Teleoperation zu ermöglichen. Aktuelle 4G- und 5G-Netze sind in den meisten Ländern weit davon entfernt, eine flächendeckende Versorgung zu gewährleisten. Neben dem Problem der Netzabdeckung stehen die Automobilhersteller vor weiteren technischen Herausforderungen wie funktionaler Sicherheit und Cybersicherheit.

A second challenge is the usability aspect. Usability is a typical problem of human-machine-interactions which manifests itself in the so-called human-machine-interface (HMI). To achieve acceptance by the human user, the HMI must be intuitive and ideally hides the technology's complexity from the user.



Zusätzlich zu den bereits ausgeführten Herausforderungen ist auch die öffentliche Akzeptanz ein entscheidender Faktor für die Zukunft von Automatisierungstechnologien. Dieser sollte jedoch nicht unterschätzt werden. Ohne die öffentliche Akzeptanz und das umfassende Vertrauen wird diese technologische Entwicklung an der mangelnden Zahlungs- und Nutzungsbereitschaft der Menschen scheitern (siehe auch das P3-Paper "Trust in Autonomy"). Aus diesem Grund gab Daimler bekannt, dass "Fahrzeughersteller nicht in der Lage sind alle Fragen rund um das autonome Fahren selbst zu beantworten, inklusiver jener Fragen, die die ethischen Aspekte umfassen. Diese müssen als Teil einer breiteren Debatte diskutiert werden".²

Dies zeigt, dass die rechtliche Debatte näher an der öffentlichen Debatte über Autonomie ist, als mancher denken mag.

DIE GROßEN PLAYER DER BRANCHE

Bevor wir die beschleunigenden Faktoren diskutieren, die Teleoperation verspricht, wollen wir die Vorreiter der Automobilhersteller bezüglich autonomer Fahrzeuge vorstellen. Insbesondere die Ansätze von Waymo Cruise und Argo AI gelten als vielversprechend und sind an dieser Stelle hervorzuheben.

Waymos Ansatz "**Waymo One**" ist der erste kommerzielle Dienst, der in Phoenix, Arizona im vergangenen Jahr ins Leben gerufen wurde. Waymo One kann mit jedem Smartphone durch den Download der Waymo-App genutzt werden. Die App beinhaltet z.B. einen Buchungsservice, Live-Tracking der Position oder einen zeitlichen Planungsassistenten für jegliche Kundenanfragen.

Die dritte Herausforderung ist regulatorischer Natur. In den meisten Ländern gibt es bereits rechtliche Rahmenbedingungen, die den Betrieb autonomer Fahrzeuge berücksichtigen. Dies führt jedoch zu Einschränkungen, da die Technologie momentan auf eine menschlich gestützte Fahrzeugführung angewiesen ist. Dennoch können einige Fortschritte erzielt werden. So führte Deutschland im Juni 2017 ein Rahmenwerk zur Regulierung des automatisierten Fahrens ein, welches insgesamt 20 ethische Regeln umfasst. Eine Regel besagt, dass der Schutz von Menschenleben immer Vorrang hat. Im internationalen Kontext wird deutlich, dass die fehlende Einheitlichkeit der nationalen Regulierungen eine große Hürde für die gesamte Branche des autonomen Fahrens darstellt. Die Regulierungsbehörden werden sich bemühen müssen, mit dem technologischen Fortschritt mitzuhalten, um das Innovationspotenzial nicht zu auszubremsen. Andernfalls könnten autonome Fahrzeuge möglicherweise nicht auf die Straße gebracht werden, da die bestehenden Verkehrsgesetze der meisten Länder keine Grundlage für fahrerlose Fahrzeuge berücksichtigen.

Der nächste in der Reihe ist "**Argo AI**", eine Allianz von Ford und Volkswagen mit einem Investitionsvolumen von 1 Mrd. \$ (Ford) und 2,6 Mrd. \$ (Volkswagen). Der CEO von Argo AI, Bryan Salesky, vertritt die Ansicht, dass ein Unternehmen in der Branche fahrerloser Fahrzeuge nur dann erfolgreich sein kann, wenn es eine Allianz mit einem großen Partner der Automobilindustrie eingeht.³

Das dritte Projekt, das in dieser Liste erwähnt werden sollte, ist Cruise. Im Jahr 2016 wurde Cruise von General Motors aufgekauft und durch Investitionen von GM, Honda und SoftBank auf derzeit rund 19 Mrd. \$ bewertet. Das Projekt "**Origin**" soll mit einer Flotte vollelektrischer Robotertaxis auf die Straßen kommen.⁴

Doch was haben all diese Ansätze gemeinsam? Die dargestellten Herausforderungen zeigen sich vor allem bei Erprobungsfahrten bzw. umso stärker, je näher die Markteinführung rückt. Gegenwärtige Nachrichtenartikel weisen darauf hin, dass die Unternehmen noch weiter von einem komplett autonomen Fahrerlebnis entfernt sind, als es den Anschein hat.

Reporter von "azcentral", einer Lokalzeitung aus Arizona, folgten einem Waymo-Fahrzeug durch den Verkehr in Phoenix und beschreiben das Verhalten des selbstfahrenden Fahrzeugs als "klobig [und] vorsichtig", vor allem beim Spurwechsel oder Abbiegen im Verkehr.⁵ Und Waymo ist nicht allein mit diesen Schwierigkeiten. Es wurde außerdem berichtet, dass Cruise ähnliche Probleme haben soll, wenn das System auf eine hohe Verkehrsdichte und manuell gesteuerte Fahrzeuge reagiert.⁶

Darüber hinaus müssen wir bedenken, dass diese Ansätze bisher nur für die Anwendung in urbanen Gebieten mit guter Infrastruktur

vorgesehen sind und bisher auch nur in solchen erprobt wurden. Daher scheinen die Einschränkungen in komplexeren Umgebungen offensichtlich.

KANN TELEOPERATION DIE ENTWICKLUNG BESCHLEUNIGEN?

Wie oben beschrieben sind viele Probleme und Schwierigkeiten mit dem Ansatz des autonomen Fahrens an sich verbunden.

Die P3 vertritt die Meinung, dass die Technologie der Teleoperation ein enormes Potenzial hat, ein beschleunigender Faktor zu Überwindung dieser Herausforderungen zu sein. Als Ergebnis einer intensiven Partnerschaft mit FERNRIDE (ein Spin-off der TU München, das eine fahrzeugunabhängige End-to-End-Teleoperationslösung anbietet) haben wir drei Kernfaktoren herausgearbeitet, die das Potenzial haben, den Einsatz autonomer Fahrzeuge zu beschleunigen oder weitere Chancen für industrielle Anwendungen zu realisieren.

ÜBERBRÜCKUNG DER AUTOMATISIERUNGSLÜCKE

Teleoperation dient als Brückentechnologie für fahrerlose Fahrzeuge, da sie die Vergrößerung des Einsatzgebietes ermöglicht. Bei kritischen Situationen im Straßenverkehr muss davon ausgegangen werden, dass das Fahrzeug mindestens genauso zögerlich agiert wie im obigen Waymo-Fall. Wenn ein Fahrzeug mit einer Teleoperationstechnologie ausgestattet ist, könnte das Fahrzeug die Unterstützung durch einen Teleoperator anfordern und anschließend seine Fahrt wieder autonom fortsetzen. Daraus ergeben sich drei wesentliche Aspekte dieser Brückentechnologie:

1. Das Erweitern der Operational Design Domäne (ODD)
2. Aufbau einer Rückfall-Ebene für Problemstellungen, die autonomen Fahrzeugen im Straßenverkehr begegnen
3. Bestrebungen, das gesellschaftliche Vertrauen in die Technologie allgemein zu verbessern

ERSETZUNG DES PHYSISCHEN SICHERHEITSFAHRERS STEIGERT DIE GESAMTEFFIZIENZ

Vor dem Hintergrund der gesetzlichen Vorgaben ist ein physischer Sicherheitsfahrer in vielen Ländern vorgeschrieben, um ein autonomes Fahrzeug auf öffentlichen Straßen zu betreiben. Dies stellt einen erheblichen Kostentreiber hinsichtlich des Flottenbetriebs und der notwendigen Schulungen dar. Ein Sicherheitsfahrer kann immer nur ein Fahrzeug zur gleichen Zeit betreuen. Ein Teleoperator hingegen kann mehrere Fahrzeuge gleichzeitig überwachen und bedienen, abhängig vom Automatisierungsgrad der jeweiligen Fahrzeuge. Schon heute ist ein Teleoperator in der Lage, bis zu zehn Fahrzeuge gleichzeitig zu betreuen.



Die Effizienz erhöht sich nochmals, wenn die Teleoperation als Dienstleistung angeboten wird. FERNRIDE baut ein Geschäftsmodell rund um seine Teleoperationstechnologie auf und wird diese in Form einer Dienstleistung anbieten. Zunächst sollen fahrerlose Fahrzeuge bei Kunden mit Fokus auf die Logistikbranche integriert werden. Die Idee ist einfach: Jeder Kunde kann entweder seine bestehende Fahrzeugflotte oder neu angeschaffte Fahrzeuge mit der Technologie ausrüsten.

CHANCEN DES MASCHINELLEN LERNENS

Da der Erfolg des maschinellen Lernens weiter voranschreitet, lassen sich entsprechende Einsatzmöglichkeiten für die Teleoperation ableiten. Wenn maschinelles Lernen Einzug in Fahrzeuge erhält, kann die Teleoperation ein großer Erfolgsfaktor sein, wie das folgende Beispiel zeigt. Ein teilautonomes Fahrzeug steht vor einer Situation, die es nicht selbst bewältigen kann. Daher sendet das Fahrzeug einen Auftrag an einen Teleoperationsdienst, woraufhin der Teleoperator diese Situation löst. Der Teleoperator übernimmt kurzfristig die Fahrzeugsteuerung und gibt anschließend die Kontrolle wieder zurück an das Fahrzeug. Der Nutzen des maschinellen Lernens bei dieser Art von Zwischenfällen kann enorm sein, denn wenn die Fahrzeugsysteme in der Lage sind, sich den Vorgang für ähnliche Situationen in der Zukunft zu "merken", dann kann die stetige Verbesserung mithilfe eines lernfähigen Algorithmus gewährleistet werden. Dieser Vorteil kann erweitert werden, um das Problem der instabilen Netzwerkkonnektivität zu lösen, da nun das Fahrzeug sein "Gedächtnis" nutzen kann, um eine Situation zu lösen, in der es keine Verbindung zu einem Teleoperator herstellen kann.

Wir bei P3 sind überzeugt, dass diese Technologie den Einsatz autonomer Fahrzeuge enorm beschleunigen wird.

EXEMPLARISCHE ANWENDUNGSFÄLLE

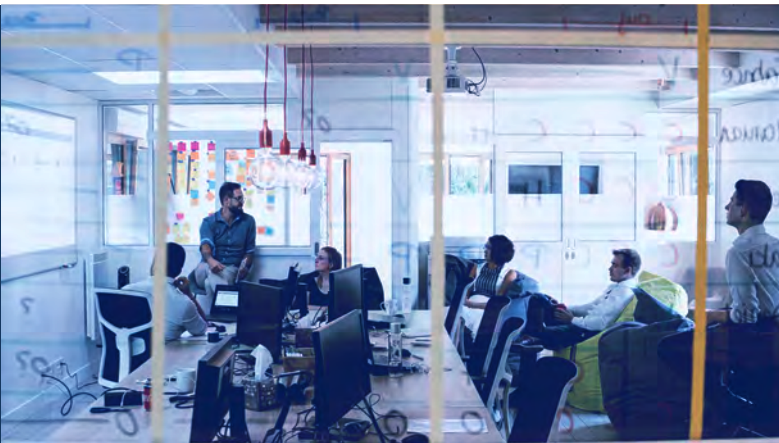
Wenn wir über Teleoperation sprechen, sollten wir zumindest einige der relevanten Wettbewerber wie Phantom Auto (z.B. Lieferroboter) und Ottopia erwähnen. Auf dem Markt gibt es bereits verschiedene Beispiele, wo Teleoperationsdienste in der Öffentlichkeit eine Anwendung finden. Ein ungewöhnliches, aber äußerst attraktives Beispiel, das für viele Städte zukünftig interessant sein könnte, sind teleoperierte Roller. Ein benutzerfreundliches Beispiel zeigt die Nutzung von E-Scootern über die App „GoX Apollo“ in einigen Vororten Atlantas, Georgia. Mit Hilfe des Teleoperation-Startups Tortoise können Kunden einen Roller bedarfsorientiert bestellen, sodass der E-Scooter von einem Teleoperator zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort zur Verfügung gestellt wird.⁷

Ein weiterer vielversprechender Ansatz stammt von BASF in Zusammenarbeit mit VDL und Götting. Ein individuell entwickeltes AGV (Automated Guided Vehicle) transportiert teilautonom Tankcontainer über das BASF-Produktionsgelände in Ludwigshafen, Deutschland. Mit diesem System wird die Dauer des Transports von 22 Stunden auf 1 Stunde reduziert. Um die volle Funktionalität des AGV zu beschleunigen, wurde während der Testphase jedes Fahrzeug kontinuierlich von einem designierten Teleoperator überwacht.⁸



“Teleoperation beschreibt eine kosteneffiziente und sichere Technologie zur Steuerung von sowohl manuellen als auch automatisierten Fahrzeugen unabhängig von Ort und Situation. Die Möglichkeit der kurzfristigen Übernahme der Fahrzeugsteuerung hat dabei einen positiven Einfluss auf sicherheitsrelevante Systemanforderungen und kann somit einen echten Mehrwert bieten, insbesondere bei der Erprobung automatisierter Fahrzeuge.”

Moritz Lewandrowski, P3



©P3

UNSERE P3RSPEKTIVE

Während die Bedeutung der Teleoperation weiter wächst, hat die P3 eine intensive Partnerschaft mit den Spezialisten von FERNRIDE aufgebaut. Mit der Bereitstellung einer Teleoperationsdienstleistung betritt FERNRIDE den Markt, indem durchgängig fahrerlose Prozesse in die Abläufe der Kunden integriert werden sollen. Darüber hinaus stellt dieser Service eine innovative Maßnahme zur Kosteneinsparung und erhöhten Auslastung dar, da Unternehmen keine physischen Fahrer an einem festen Standort beschäftigen müssen, sondern stattdessen von zentral gebündelten Teleoperatoren auf der ganzen Welt profitieren. Unsere Vision, kombiniert mit der Expertise von FERNRIDE ist es, den physischen Fahrer in spezifischen und geeigneten ODDs durch ausgebildete Teleoperator zu ersetzen.

GEMEINSAME AKTIVITÄTEN IN DER LOGISTIK

Während es eine Vielzahl von Anwendungsszenarien für Teleoperation gibt, konzentriert sich FERNRIDE auf die Logistikbranche, die aufgrund von Kostendruck und Fahrermangel bereits heute dringend auf fahrerlose Alternativen angewiesen ist.

Zur Entwicklung einer kundenorientierten Geschäftsmodells beteiligt sich die P3 an einem Proof of Concept von FERNRIDE, das sich auf die technische Machbarkeit und die Realisierung von Effizienzpotenzialen fokussiert. Dieser Proof of Concept findet an einem Logistikstandort von DB Schenker in Nürnberg, Deutschland statt. Ein Teleoperator steuert hierbei einen Wechselbrücken-Lkw aus einem Leitstand im P3-Büro in Cluj, Rumänien heraus. Die Entfernung von etwa 1.600 km zwischen den beiden Standorten ist technisch anspruchsvoll, aber durchaus machbar. Die eigentliche Herausforderung besteht in der Sicherstellung eines effizienten und zuverlässigen Prozesses zwischen dem Teleoperator und den Mitarbeitern vor Ort sowie einer leistungsfähigen Integration der vor- und nachgelagerten Prozesse. Daher ist das Ziel dieses Projekts, die volle Akzeptanz des Kunden durch den Nachweis einer sicheren und gefahrlosen Teleoperation zu erreichen. Sebastian Schuhmann, Leiter des globalen Innovationsportfolio bei DB Schenker, fasst daher zusammen, dass Teleoperation entscheidend ist, um die Herausforderungen fahrerloser Anwendungsfälle frühzeitig zu verstehen und alle relevanten Prozesse sowie Infrastrukturen an die jeweiligen Anforderungen anzupassen. Wie bereits im Interview mit Hendrik Kramer (CEO von FERNRIDE) erwähnt, sind die Automobilhersteller weiter von der Lösung einer vollständigen Autonomie entfernt, als einige Unternehmen sich

eingestehen wollen. Sicher ist jedoch, dass ein vollständig autonomes Fahrzeug, das ohne jegliche Unterstützung eine Vielzahl möglicher Situationen bewältigen kann, bisher nur in der Lage ist, innerhalb einer sehr restriktiven ODD zu operieren.

Selbst mit den neuesten Entwicklungen des maschinellen Lernens ist es fast unmöglich, sämtliche Situationen zu erfassen, um in jeglichen Gebieten zu operieren. Teleoperation macht es möglich, die ODD auf jedes beliebige Gebiet zu erweitern, das eine ausreichende Wi-Fi- oder LTE-Mobilfunkverbindung aufweist. Als einsatzbereite Support-Technologie wird sie auch die Entwicklungskosten für zukünftige oder bestehende Flottenbetreiber in Bezug auf autonome Fahrzeuge reduzieren und die Zeit bis zur Marktreife beschleunigen.

Zusammen mit FERNRIDE kann die P3 Ihr Beschleuniger für die Zukunft des autonomen Fahrens sein. Lösungen zur Überwindung von Netzwerkproblemen für die meisten ODDs sind verfügbar und „Teleoperation as a Service“ steht in naher Zukunft vor der Markteinführung. Aufgrund der Einfachheit des Systems von FERNRIDE kann es in fast jedes Fahrzeug auch nachträglich eingebaut werden. Bei P3 sind wir überzeugt, dass Teleoperation eine kosteneffiziente und sichere Technologie ist, die sowohl manuelle und als auch automatisierte Fahrzeuge kontrollieren kann - unabhängig der Situation und des Standortes. Die Möglichkeit, die Kontrolle über das Fahrzeug zu übernehmen, bietet ein großes Potenzial nicht nur für Logistikprozesse, sondern auch für das Testen und Entwickeln automatisierter Fahrzeuge, da es das Sicherheitsniveau deutlich erhöht. Die Anwendungsszenarien versprechen ein großes Marktpotenzial, und wir bei P3 sind bestrebt, diese unternehmerischen Vorteile zu nutzen!



FERNRIDE

“Wir haben die Logistikbranche gewählt, weil hier ein großer Bedarf für den fahrerlosen Transport aufgrund von Fahrermangel und Kostendruck vorherrscht. Mit der Teleoperation transformieren wir den Job des Fahrers, wie wir ihn heute kennen - vom Teleoperator eines einzelnen Fahrzeugs zum hocheffizienten Manager einer automatisierten Flotte bequem vom Büro aus.”

Hendrik Kramer, FERNRIDE



DB SCHENKER

“Wir bei DB Schenker wollen uns den Herausforderungen der autonomen Transportprozesse frühzeitig stellen, um einen sicheren Betrieb in der Zukunft gewährleisten zu können. Dieser Proof of Concept hat uns gezeigt, wie wir von der Teleoperation sowohl in Bezug auf kurzfristige Kostenvorteile als auch in Vorbereitung einer zukünftigen fahrerlosen Logistik profitieren können.”

Sebastian Schuhmann, DB Schenker

KONTAKT



MORITZ LEWANDROWSKI

Transportation Expert | P3

Moritz.Lewandrowski@p3-group.com



MARCO DARGEL

Head of Autonomous Driving | P3

Marco.Dargel@p3-group.com



MICHAEL SCHUNKE

Senior Consultant | P3

Michael.Schunke@p3-group.com



ANNIKA FÄHNLE

Entrepreneur in Residence | FERNRIDE

Annika.Faehnle@fernride.com

SUPPORT

MICHAEL HOLST

Intern at P3

HENDRIK KRAMER

CEO von FERNRIDE

SEBASTIAN SCHUHMANN

Head of Global Innovation Portfolio
bei DB Schenker

P3 AUTOMOTIVE GMBH

Heilbronner Str. 86
70191 Stuttgart
Germany

www.p3-group.com

REFERENZEN

- [1] Small, N. / Lee, K. (2018): An Assigned responsibility system for robotic teleoperation control, p. 81-97; Integrated System Health Management (2017): Teleoperation, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/teleoperation>
- [2] Daimler AG: Automated and Autonomous Driving. Legal Framework, <https://www.daimler.com/innovation/case/autonomous/legal-framework.html>
- [3] DeBord, M. (2019): Here are the executives running the biggest and most important selfdriving car companies, published in BusinessInsider, <https://eu.azcentral.com/story/money/business/tech/2018/12/05/phoenix-waymo-vans-how-self-driving-cars-operate-roads/2082664002/>
- [4] Amman, D. (2020): The Cruise Origin Story, <https://medium.com/cruise/the-cruise-origin-story-b6e9ad4b47e5>
- [5] Randazzo, R. (2018): Waymo's driverless cars on the road: Cautious, clunky, impressive, <https://www.therobotreport.com/cruise-origin-driverless-vehicle-designed-disrupt-transportation/>
- [6] Demaitre, E. (2020): Cruise origin driverless vehicle designed to disrupt transportation, <https://www.therobotreport.com/cruise-origin-driverless-vehicle-designed-disrupt-transportation/>
- [7] Korosec, K.(2020): Remote operators in Mexico are driving scooters to riders in this Atlanta suburb, <https://techcrunch.com/2020/05/20/remote-operators-in-mexico-are-driving-scooters-to-riders-in-this-atlanta-suburb/>
- [8] BASF (2020): Transponder AGV at BASF Ludwigshafen, <https://www.goetting-agv.com/news/2017/agv-tank-container-basf-vdl>