

Lkw-Platooning

Praxisstudie 2019



Dezember 2019
Marien Baan
V-tron B.V.



Zweedsestraat 8A-22, 7418 BG DEVENTER
Postbus 2, 7260 AA RUURLO

Tel: +31 (0)570 74 54 30
mail: info@v-tron.eu

Handelskammernummer (KvK): 08159110
USt-IdNr.: NL817924218B01

Inhalt

1.0 Zusammenfassung	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
2.0 Einleitung – Anlass – Projektbegrenzung	5
3.0 Hintergrund.....	8
4.0 Stakeholder-Perspektive	9
4.1 Aus der Perspektive des Straßenbetreibers.....	9
4.2 Aus der Perspektive des Verladere.....	10
4.3 Aus der Perspektive des Frachtführes	11
4.4 Aus technologischer Perspektive	13
5.0 Ziel.....	14
6.0 Messgeräte	15
7.0 Gefahrene Strecken	17
8.0 Grenzübertritt.....	18
8.1 Deutschland	18
8.2 Niederlande	243
9.0 Fahrzeugabstand.....	276
Liste der Abbildungen.....	30

1.0 Zusammenfassung

Lkw-Platooning: Ein Begriff, der eng mit der Verkehrspolitik der Zukunft in Zusammenhang gebracht und der immer häufiger diskutiert wird. Bisher ist allerdings noch keineswegs deutlich, wie Lkw-Platooning in der Praxis umgesetzt werden kann. Häufig wird gesagt, dass man im heutigen Straßenbild bereits Lkw-Platoons, also Lkw, die in Kolonnen dicht an dicht fahren und somit von einer Kraftstoff sparenden Windschattenfahrt (dieser Aspekt wird in einer gesonderten Studie untersucht) profitieren, beobachten kann. Dieses Phänomen ist allerdings nur ein Beispiel für eine Situation, die heutzutage bereits ohne äußere Einflussnahme entsteht. Durch das Fahrverhalten der Fahrer kommt es zu Lkw-Zügen bzw. „platoonenden“ Lkw. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass menschliches Verhalten heute schon automatisch zu Platoon-Bildung führt. Um Platoon-Bildung in Zukunft zu ermöglichen und um dessen Sicherheit zu gewährleisten, müssen die Lkw miteinander kommunizieren können. Der Grund hierfür ist, dass die an Bord vorhandenen Sensoren nicht zuverlässig genug sind, um in sehr geringen Abständen zueinander fahren zu können. Für diese Kommunikation sind unterschiedliche Lösungen verfügbar, sowohl im Langstrecken- (long range) als auch im Nahbereich (short range). In dieser Studie konzentrieren wir uns auf die Langstreckenkommunikation, was allerdings keinesfalls bedeuten soll, dass wir die Nahbereichskommunikation ausschließen. Für Langstreckenkommunikation ist derzeit schlichtweg die Abdeckung am größten. Bei dieser Art der Kommunikation ist der Effekt des Grenzüberschritts und wie lang die Netzwerkverbindung benötigt, um den Netzbetreiber zu wechseln, bisher noch undeutlich. Um das Verhalten der Netzwerkverbindung und somit die Zuverlässigkeit der Kommunikation zu untermauern, verfolgt das Interreg Automated Transport-Projekt das Ziel, zu untersuchen, was am heutigen Bild über den Verkehr stimmt und was nicht und wie die Netzwerkverbindung sich beim Grenzüberschritt verhält. Das Hauptziel lautet dabei: tatsächliche Erkenntnisse über ein mögliches Geschäftsszenario gewinnen.

Für diese Studie wurde sehr genau darauf geachtet, welche Anforderungen die Lkw erfüllen müssen. Das Fahrverhalten der Fahrer muss auf eine so natürlich mögliche Weise gemessen werden, ohne, dass die Fahrer durch Assistenzsysteme beeinflusst werden, mit denen neue Lkw-Modelle bereits ab Werk ausgestattet sind. Darunter fällt der Einsatz von: (C)-ACC, *Forward Collision Warning*, Spurhalteassistent (*Lane Assist*) usw. Nicht nur das Lkw-Modell, sondern auch der Frachtführer ist in diesem Zusammenhang als sehr wertvoll zu betrachten. Es wurde nach einem Frachtführer gesucht, der regelmäßig die niederländisch-deutsche Grenze überquert. Letztendlich konnte ein Frachtführer gefunden werden, der uns seine Lkw gern zur Verfügung gestellt hat. Diese wurden ausgestattet mit: *Mobileye*, Aftermarket-ADAS-System und *Advanced Driver Assist System*. Diese lieferten über eine 3G-Netzwerkverbindung GPS-, Geschwindigkeits-, *Roaming gab*- und *Forward Collision Warning*-Daten.

Diese Daten wurden in den zurückliegenden vier Monaten gesammelt, in denen über 70.000 Kilometer gefahren wurden. Dabei wurden die Fahrten in den Niederlanden und in Deutschland unter die Lupe genommen, und zwar in erster Linie hinsichtlich Abstandsüberwachung (*headway monitoring*), *Roaming gab* und 3G-Mobilfunknetzwerk. Aus dieser Analyse geht hervor, dass *Roaming gab* im Ausland ein kontinuierlicher Prozess ist. Sobald die Verbindung zum Heimatnetzwerk abgebrochen ist, sucht die Netzwerkverbindung kontinuierlich nach einem Netzbetreiber, der zum jeweiligen Zeitpunkt den besten Empfang bietet oder der vom Heimatnetzwerk als *most preferred operator*, also als bevorzugter Netzbetreiber eingestuft wird. Die Netzwerkverbindung wechselt über die gesamte Fahrt durch Deutschland hinweg regelmäßig den Netzbetreiber, was eine hohe Verzögerung bei der Übermittlung von Berichten zur Folge hat. Auch in den Niederlanden ist die Netzabdeckung nicht ausreichend, um darauf vertrauen zu können. Netzabdeckungskarten der Niederlande und Deutschlands zeigen Lücken, durch die die Verzögerung zunimmt. Zusätzlich zur Langstreckenkommunikation (*long range*) wird es auch notwendig sein, eine Nahbereichskommunikation (*short range*) zu installieren, um die Netzabdeckung garantieren zu können, und zwar nicht nur, um die Verzögerung der Berichte zu minimieren, sondern auch als Absicherung für die Langstreckenkommunikation.

Des Weiteren wurde die Abstandsüberwachung (*headway monitoring*) analysiert. Wenn der Lkw sich dem vorausfahrenden Fahrzeug bis auf einen Abstand von unter 1 Sekunde nähert, wird eine Abstandswarnung (*headway alert*) abgegeben. Im Durchschnitt geschieht dies einmal pro sieben Streckenkilometer. Es kann jedoch nicht ermittelt werden, ob die jeweiligen Abstandswarnungen während dieser sieben Kilometer über längere Zeiträume gültig bleiben oder ob sie einmalig für kürzere Zeitabschnitte abgegeben werden. Wenn wir uns das aktuelle Verkehrsgeschehen ansehen, hat es den Anschein, als ob Lkw über einen längeren Zeitraum hinweg dicht hinter dem jeweils vorausfahrenden Fahrzeug fahren. Es wird auch Situationen geben, in denen Pkw einfädeln oder ausscheren. In solchen Situationen gilt die Abstandswarnung jeweils nur einmalig und nur für einen kurzen Zeitraum. Um dies jedoch mit Sicherheit sagen zu können, bedarf es Bildmaterial der jeweiligen Situationen. Das *Mobileye*-System misst ausschließlich den Abstand und macht keine Bildaufnahmen.

Videomaterial würde uns ein noch deutlicheres Bild der heutigen Situation auf der Straße verschaffen. Eine andere Netzwerkfrequenz zeigt, ob die Verzögerung der Berichte durch eine bessere Netzabdeckung verringert wird. Die Nahbereichskommunikation könnte hervorragend dazu geeignet sein, die Verbindung zum Lkw konstant zu halten. Diese Praxisstudie war ein Schritt in die richtige Richtung, um Einblicke in die aktuelle Situation zu bekommen. Darüber hinaus macht sie auch deutlich, dass es notwendig ist, sich ein noch deutlicheres Bild der aktuellen Verkehrssituation zu verschaffen. Mit welchen Schritten und Mitteln ist dies möglich?

2.0 Einleitung – Anlass - Projektbegrenzung

Lkw-Platooning, nicht nur ein Wort, das einem beim Scrabble doppelten Wortwert verschafft. In den vergangenen Jahren war das Thema Lkw-Platooning in aller Munde. Es wurde sogar im Rahmen des niederländischen EU-Vorsitzes umfassend thematisiert. Aber worum handelt es sich dabei eigentlich und welche Vorteile bringt es mit sich?

Wir persönlich haben die Erfahrung gemacht, dass Lkw-Platooning dem durchschnittlichen Verkehrsteilnehmer nahezu nicht verständlich gemacht werden kann. Die häufigste Reaktion lautet, dass das doch heute schon Realität und bereits jeden Tag auf der Straße zu bewundern sei. Es sei doch nichts Neues, weil der rechte Fahrstreifen ja sowieso schon den „Elefanten“ gehöre.

Im Rahmen des Interreg Automated Transport-Projekts, nachfolgend I-AT genannt, haben wir mit dem Arbeitspaket 2 das Ziel verfolgt, diesen Aspekt genauer zu erforschen. Das wichtigste Ziel lautete, eine bessere Beschreibung des Inhalts zu erarbeiten und, was noch wichtiger ist, einen potenziellen (Nutzen) und ein potenzielles Geschäftsszenario tatsächlich zu verdeutlichen.

In technologischer Hinsicht müsste Lkw-Platooning mehr sein als (C-)ACC. Dabei handelt es sich aktuell um die logischste Technologie für das Zurücklegen der ersten Schritte. Diese Technologie hat allerdings einige Nachteile, z. B. das unverändert blinde Fahren, sowie einige verkehrstechnische Nachteile, z. B. der zu große Fahrzeugabstand zueinander. Auch diesen letzten Aspekt werden wir in unserer Studie näher untersuchen, damit wir in Bezug auf Aussagen von uns und anderen zum Thema Lkw-Platooning, das im deutschsprachigen Raum auch als „Elefantenrennen“ bezeichnet wird, fundierter argumentieren können.

Ausgangspunkt dieses Projekts war die folgende Auffassung: Es sind zwar die technologischen Entwicklungen, die uns Möglichkeiten des Lkw-Platoonings eröffnet haben, aber es ist der Mensch, der es bereits seit Langem praktiziert. Wir müssen darauf achten, dass die Technik menschliches Verhalten nicht korrigiert und beherrscht, weil wir wissen, dass die Technik es nicht besser kann als der Mensch.

I-AT hat uns bei der näheren Ausrichtung unterstützt. Darüber hinaus hat I-AT uns vor Augen geführt, was es bedeutet, diese Art von Dienstleistungen auch tatsächlich (grenzüberschreitend) zu ermöglichen. Da stoßen wir aber auch schnell an Grenzen, denn derzeit wissen wir eigentlich noch zu wenig über die aktuelle Situation auf der Straße. Gibt es Unterschiede beim Fahrverhalten eines Fahrers, sobald er in einem anderen Land fährt, in dem andere Regeln gelten, oder wenn die Sicht durch Nebel und/oder Starkregen schlecht ist, usw. All das sind Fragen, die I-AT aktuell beschäftigen und zu denen wir Daten benötigen, um fundierte Antworten geben zu können. Dieser Bericht ist eine Messung, die das Ziel verfolgt, die aktuelle Situation von Lkw, die die Niederlande und Deutschland durchqueren, zu ermitteln. Mit installierten Messgeräten werden Daten wie Geschwindigkeit, Fahrzeugabstand und Fahrstreifenwechsel gesammelt. Mit diesen Daten wird nach einem passenden Geschäftsszenario für einen wertvollen Einsatz bei „platoonenden“ Lkw gesucht.

Die nachfolgende schematische Wiedergabe haben wir früheren Studien über die Möglichkeiten des Lkw-Platoonings entnommen. Diese Initiative war vor allem dazu gedacht, die Kräfte aller Stakeholder zu bündeln. Die Zeitachse ist dabei das wichtigste wiederverwertbare Element. Unserer Ansicht nach ist diese realistisch, es bedarf jedoch noch einiger Forschung und Entwicklung.



Abbildung 1: Grafische Darstellung Lkw-Platooning

Für die Rahmenstudie unseres Arbeitspaketes war es wichtig, Deutlichkeit in Bezug auf diese Achse zu bekommen. Wie man der Einleitung bereits entnehmen kann, birgt dieses Thema die Gefahr, sich schnell auf Irrwege zu begeben. Für unser Arbeitspaket haben wir uns für folgende Projektbegrenzung entschieden:

- **Welche Technologie**
 - Für den Lkw
 - (Daten-)Kommunikation (Latency und Handover)
- **Auf welchen Straßen (aus der Perspektive des Straßenbetreibers)**
 - Autobahnen
 - Grenzüberschreitend (NL/D)
- **Für welche Waren (aus der Perspektive des Verladere)**
 - Hat für diese Studie keine spezifische Bedeutung. In Zukunft wird dies jedoch bedeutsam sein, wobei wir Container aufgrund des Volumens und des hohen Maßes an Automatisierung bevorzugen.
- **Welche Sicherheit / Nachhaltigkeitsziele (auf der Perspektive des Frachtführers)**
 - Entfernung zum vorausfahrenden Fahrzeug
 - Kraftstoffeinsparung

Wir hätten gern ein anderes wichtiges und häufig vergessenes Thema in unsere Projektabgrenzung aufgenommen, und zwar das Thema der „human factors“, sprich: den Faktor Fahrer. Es stellt sich die Frage, ob Lkw-Platooning wirklich ein gewerbliches Thema ist. Ist es nicht eigentlich so, dass wir ins Wohnzimmer des Fahrers und nicht in seinen Arbeitsplatz eindringen? Letzteres ist ohne Frage keine einfache Diskussion, vor allem, weil die Zahl der selbstständigen Fahrer steigt.

Dieses Thema ist, wie gesagt, sehr interessant, uns war es aber im Rahmen unserer Studie nicht möglich, näher darauf einzugehen. Wir plädieren allerdings dafür, den Stellenwert dieses Themas in Zukunft nicht zu unterschätzen.

Auf der Grundlage dieser Projektabgrenzung haben wir folgende Definition erarbeitet:

„Lkw-Platooning ist kein technologisches Ziel, sondern ein Mittel in einer komplexen Kette mit zahlreichen Stakeholdern.“

3.0 Hintergrund

Wie bereits gesagt, ist Lkw-Platooning ein Thema, das bereits seit Längerem diskutiert wird, dessen Umsetzung in die reale Welt aber ungemein komplex ist. Es gibt viele Stakeholder mit unterschiedlichen Interessen, wobei nicht geklärt ist, wer für die Investitionen aufkommt und wer am Ende profitieren wird.

Deswegen wollen wir an dieser Stelle eine allgemeine Betrachtung formulieren, damit der Leser weiß, von welchen Standpunkten wir ausgegangen sind und worauf wir uns konzentrieren wollen.

Im Jahr 2017 wurden in den Niederlanden mehrere Initiativen zu diesem Thema gestartet, von denen unserer Ansicht nach das sogenannte „doorpak diner“ (das „Abendessen, um das Ganze voranzubringen“) am 27. November 2017 die wichtigste war. Nachfolgend eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Resultate.

- Von entscheidender Bedeutung ist ein gemeinsames Ziel, das breite Unterstützung erfährt – hinter dem alle Stakeholder stehen.
- Aus Folgen wird Leiten.
- Innovationssprung („Fokuswechsel von Technik auf Systeminnovation“): Um Durchbrüche erzielen zu können, muss ein Wechsel von mono- auf multidisziplinär stattfinden (Mobilität und Logistik zusammen mit anderen Initiativen wie Nachhaltigkeit, um so Querverbindungen zu schaffen.) Hierzu bedarf es paralleler Schaltstellen, die im gegenseitigen Austausch entwickelt werden, wobei es wichtig ist, wichtige Pfade und gegenseitige Abhängigkeiten gut im Blick zu behalten. Insgesamt geht es dann um 4 bis 5 Disziplinen/Pfade z. B.:
 - Fahrzeuge: Technik (OEMs/Tier Ones)
 - Infrastruktur: Technologieanbieter
 - Gesetzlicher Rahmen: national/international (Behörden)
 - Matching - Datenaustausch (Transportunternehmen/Verlader/Daten-/Softwarelieferanten)
 - Soziale Innovation: Einfluss auf Fahrer, Benutzerakzeptanz
- Unterm Strich: Ziel/Mittel. Es geht nicht um (technisches) Lkw-Platooning – es geht um die maximale Nutzung von Durchbrüchen für unsere höheren Logistikziele (die ausgerichtet ist auf greifbare Beiträge zum Verkehrsfluss, zur Nachhaltigkeit, zur Sicherheit, und die in ausreichendem Maße den Nutzen für die teilnehmenden individuellen Parteien berücksichtigt).

Der Weg ist das Ziel (Abschluss „doorpak diner“ im November 2017).

„Sehr geehrte Damen und Herren, ich spüre bei Ihnen allen die richtige Portion Einsatzbereitschaft und das sorgt dafür, dass ich mich mit Ihnen allen gemeinsam mit großen Ambitionen auf diese Reise begeben werde. Die Richtung ist bekannt, das Ziel noch nicht. Unterwegs werden wir die Probleme, auf die wir stoßen werden, gemeinsam lösen. Dafür sind mehrere Anreize und Stimulanzen denkbar – meiner Ansicht nach ist genügend Raum da, um sich diesem Aspekt mit einem kreativen Blick und mit kreativen Maßnahmen anzunähern – insbesondere, wenn man sich die Dringlichkeit und die Chancen ins Bewusstsein ruft, die sich uns bieten. Wir werden nicht abwarten. Es liegt in unserer gemeinsamen Verantwortung, miteinander und JETZT die nächsten Schritte zu gehen, jeder in seiner individuellen Rolle und Verbundenheit. Ich verlasse mich auf euch.“

4.0 Stakeholder-Perspektive

Wie gesagt ist Lkw-Platooning eine Funktion, die keinem einzelnen Stakeholder zugewiesen werden kann. Es handelt sich stattdessen um eine Funktion, die von einer Reihe an Stakeholdern gestützt werden muss. Dabei lassen wir die Diskussion rundum die notwendigen Investitionen – wer investiert und wer fährt den Gewinn ein – vorläufig noch außer Acht. Diese Diskussion würde nämlich dafür sorgen, dass es von Anfang an unmöglich ist, das Thema anzugehen.

Nachfolgend gehen wir kurz auf die wichtigsten Stakeholder ein, um unsere Projektabgrenzung zu verdeutlichen. Dies sind die von uns gewählten Stakeholder:

- Straßenbetreiber
- Frachtführer
- Verlader
- Technologieanbieter

Die Lieferanten von Lkw und Trailern als Stakeholder haben wir bewusst außer Acht gelassen. Damit möchten wir verhindern, dass die Diskussion zwischen den Herstellern geführt wird, weil diese herstellerunabhängig geführt werden muss. Deswegen entscheiden wir uns für Technologieanbieter. Der Bereich Datenkommunikation stellt dabei die Basisdienstleistung dar.

4.1 AUS DER PERSPEKTIVE DES STRAßENBETREIBERS

Für Straßenbetreiber besteht die größte Herausforderung darin, die Sicherheit und den Verkehrsfluss auf dem Straßennetz zu garantieren. Dabei ist ein neuer Faktor hinzugekommen, den es zu berücksichtigen gilt: Nachhaltigkeit. Das ungebremste zusätzliche Asphaltieren bietet sich heutzutage aufgrund dieses Faktors nicht mehr als Standardlösung an. Die Frage, vor der sich die Straßenbetreiber immer häufiger gestellt sehen lautet: „Kann die vorhandene Infrastruktur die wachsende Belastung mit ihrem Alter schultern?“ Warum ist Überlastung ein Problem, obwohl es eigentlich ausreichend Asphalt vorhanden ist? Scheinbar ist die Nutzung, die Verteilung eines knappen Guts eher das Problem als die Menge.

Diese Stakeholder stellen angesichts unseres gesetzlichen Auftrags immer häufiger die Frage, welche Rolle sie in Zukunft spielen werden. Lkw-Platooning ist für die meisten Straßenbetreiber kein Muss, sondern ein Hilfsmittel, über das sie tiefer liegende Probleme zur Sprache bringen können, und zwar:

- Wie erreichen wir eine bessere Verteilung von Kapazität und Nutzung?
- Wie können wir Folgendes unter Gewährleistung der Sicherheit tun:
 - Straßenbauarbeiten
 - Unfallmanagement
- Was sind dann die Erwartungen an uns?

Viele Straßenbetreiber haben einen gesetzlichen Status. Diese klassische Zuschreibung geht zurück auf die Welt, die uns nur allzu vertraut ist, nämlich auf die physische Welt. Darüber hinaus steigt der Bedarf, diese Rolle nach den Regeln der zukünftigen Welt, der digitalen (virtuellen) Welt, zu organisieren.

Im Rahmen unserer Studie ist uns aufgefallen, dass das Thema Sicherheit in den Niederlanden und in Deutschland jeweils anders angegangen wird. Sicherheit ist in Deutschland die Domäne einer einzigen Instanz, und zwar die der Polizei. Diese Rolle wird ein Straßenbetreiber dort in keinem Fall ausfüllen können. Er kann beim Bau und bei der

Instandhaltung der Infrastruktur selbstverständlich seinen Beitrag leisten, aber die „aktive Sicherheit“ der Verkehrsteilnehmer bleibt Sache der Polizei. Diesen Aspekt haben wir nicht näher untersucht, dieser bedarf aber einer tiefergehenden Untersuchung, beispielsweise, um hinsichtlich des Lkw-Platoonings die nächsten Schritte gehen zu können.

4.2 AUS DER PERSPEKTIVE DES VERLADERS

Aus einer im Jahr 2014 durchgeführten Studie lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Im Rotterdamer Hafengebiet ist die Effizienz des Containertransports hoch
- Der Transport von Containern zwischen der Maasvlakte und dem Waal-Eemhaven hingegen ist weniger effizient.
- Es findet eine große Zahl von Fahrten mit unbeladenen Containern zwischen den unterschiedlichen Teilbereichen des Hafens statt.
- Optionen für die Durchführung von Verkehrsverlagerungen (modal shift) in Richtung Belgien (Grenzübergang A4/A16) und Mittel-/Süddeutschland (Grenzübergang Venlo).

An dieser letzten Schlussfolgerung haben wir uns im Rahmen unserer I-AT-Studie orientiert. Dabei handelt es sich mehr oder weniger um den Fernverkehr in Richtung Deutschland.

Für den gesamten Containerverkehr (gut 19.000 Fahrten pro Werktag) wurde festgestellt, dass:

- **21 %** (4.100 Fahrten) das Hafengebiet nicht verlassen (interner Verkehr).
 - **70 %** dieser internen Transporte innerhalb desselben Hafenteilbereichs bleiben,
 - **30 %** tatsächlichen Transport betreffen. Es ist auffällig, dass es sich bei gut 60 % (755) der Fahrten zwischen den Teilbereichen um Fahrten von unbeladenen Lkw handelt, wobei der Anteil der unbeladenen Lkw unter allen Lkw 32 % beträgt.
- **79 %** (14.900 Fahrten) haben einen Bestimmungsort außerhalb des Hafengebietes.
 - **33 %** (5.350 Fahrten) bleiben innerhalb des den Hafen der Stadt Rotterdam umgebenden Gebietes
 - **15 %** (2.235 Fahrten) haben einen Bestimmungsort in Barendrecht (AGF-Verkehr).

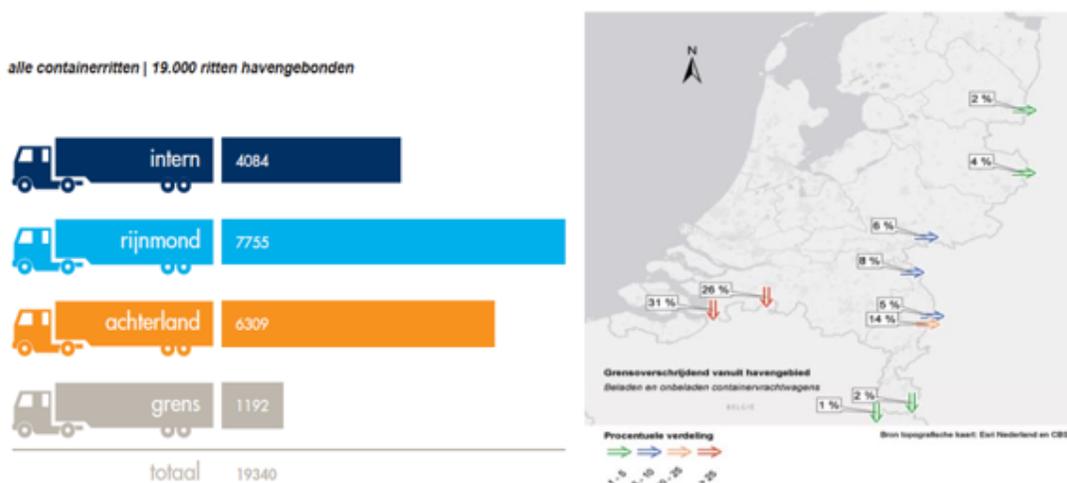


Abbildung 2: Containerströme pro Tag im Hinterland

4.3 AUS DER PERSPEKTIVE DES FRACHTFÜHRERS

Die größten Herausforderungen für die Transport- und Logistikbranche anno 2019 sind die Besetzung der offenen Stellen für internationale Fahrer, das Bedienen der Nachfrage nach Transportdienstleistungen, Nachhaltigkeit im Allgemeinen und, last, but not least, die Verbesserung der Sicherheit für die Fahrer und die Umgebung. Diese Herausforderungen sind keine Theorie, sondern Teil der alltäglichen Praxis. Es folgt eine schematische Aufteilung der Kostenverteilung.

Entwicklung Transportkosten

Panteia/NEA untersucht im Auftrag des NIWO-Fachrates jährlich die Entwicklung der Transportkosten. Dabei wollen wir in aller Deutlichkeit sagen, dass Tarifsteigerungen bei der Maut und bei den Kilometerabgaben in den unterschiedlichen Ländern außer Acht gelassen werden.

Lohnkosten

Von allen Kostenpunkten fallen die Lohnkosten bei den Selbstkosten des Transports am schwersten ins Gewicht. In einigen Teilmärkten bestehen die Selbstkosten zu mehr als der Hälfte aus Lohnkosten. Dabei handelt es sich hauptsächlich um Lohnkosten von Fahrpersonal. Hinzu kommen auch die Lohnkosten von Werkstatt- und sonstigem Personal. Hier wird der Einfachheit halber nicht zwischen Fahr- und Ruhezeiten unterschieden. Letzteres wird häufig als Argument für Lkw-Platooning verwendet. Die Umsetzung in der Praxis gestaltet sich unserer Ansicht nach jedoch alles andere als einfach. Vor allem, weil bei Lkw-Platooning dann die Frage gestellt wird: „Was genau ist Fahr- und was ist Ruhezeit?“

Kraftstoffkosten

Ein weiterer großer Teil der Selbstkosten entfällt auf die Kraftstoffkosten. Viele Transportunternehmen nehmen in ihre Verträge mit Auftraggebern eine Kraftstoffklausel auf, wobei hinsichtlich der Kraftstoffkosten zusätzliche Vereinbarungen getroffen werden, die Kostensteigerungen und -senkungen ausbalancieren sollen.

Zinsen Fahrzeug

Zinskosten sind Teil des Selbstkostenpreises der Fahrzeuge, weil Kapital in die Fahrzeuge investiert worden ist. 1 % des gesamten Selbstkostenpreises entfällt je nach Teilmarkt auf die Zinskosten.

Abschreibung Fahrzeug

Der Anteil der Abschreibungskosten variiert zwischen 4 % auf dem einen bis hin zu 14 % auf dem anderen Teilmarkt. Die Preisentwicklung von Transportmaterial hängt von unterschiedlichen Faktoren ab, z. B. von den Produktionskosten, dem Markt und neuen gesetzlichen Anforderungen.

Fahrzeugversicherung

Der Anteil der Versicherungskosten variiert je nach Teilmarkt zwischen 2 % und 4 %. Versicherungsgesellschaften haben in den vergangenen Jahren Prämienhöhungen durchgeführt. 2018 lagen diese für den WA-Teil bei 6,0 % und für den Casco-Teil bei 2,7 %. Die Prämienhöhung ist nicht nur auf den Anstieg bei den Unfallzahlen zurückzuführen, sondern auch auf den Anstieg des Listenpreises von Fahrzeugen.

Sonstige Elemente des Selbstkostenpreises

Der Anteil der Kfz-Steuer am gesamten Selbstkostenpreis ist in allen Teilmärkten gering und liegt unter 0,5 %. Die Tarife für die Kfz-Steuer werden jedes Jahr entsprechend der vom Staat festgelegten Inflationskorrektur geändert.

Reparatur- und Wartungskosten

Die Reparatur- und Wartungskosten sind für 5 % der gesamten Selbstkosten verantwortlich. Auch diese Kosten steigen; im Jahr 2018 um 2,2 %. Für Reifen verzeichnen wir einen Anstieg von 1,4 %, übereinstimmend mit dem allgemeinen Preisniveau. Die Kosten für Reparatur und Wartung sind dabei von den Kosten durch Einkommensverluste getrennt gehalten, die aufgrund geplanter oder ungeplanter Wartungsarbeiten entstehen.

Staukosten

Im Jahr 2017 ist das Stauaufkommen leicht gestiegen, sodass wir im inländischen Transport nur bei einer feinmaschigen Verteilung von 0,2 % infolge der abnehmenden Erreichbarkeit eine zusätzliche Kostensteigerung zu verzeichnen haben.

4.4 AUS TECHNOLOGISCHER PERSPEKTIVE

Die Fahraufgabe (Fahreraufgabe) ist in drei Hauptaufgaben unterteilt:

1. Operativ: auf die direkte Umgebung reagieren
2. Taktisch: vorausschauender Umgang mit der Verkehrssituation um sich herum
3. Strategisch: Entscheidungen hinsichtlich der zu fahrenden Route über das Straßennetz

Auf Fahrzeugniveau sind für die Durchführung dieser Aufgaben verschiedene Instrumente (Technologien) vorhanden, die den Fahrer soweit wie möglich unterstützen sollen:

- Sensoren: fungieren als Sinnesorgane des Fahrzeugs und scannen die direkte Fahrzeugumgebung, können aber nicht „durch das vorausfahrende Fahrzeug hindurch“ oder „um die Ecke“ blicken. Viele Sensoren haben ein/e schlechtere/s Wahrnehmung/Sichtfeld als ein durchschnittlicher menschlicher Fahrer. Aufgrund dieser Beschränkung besteht Bedarf an der Schaffung eines digitalen Horizonts. Dieser muss auf Grundlage zusätzlicher Datenkommunikation im Fahrzeug erschaffen werden.
- Nahbereichskommunikation (short range): Schnelle Kommunikation für zeitkritische Anwendungen. Diese Art der Kommunikation kann von der Allgemeinheit nach freien Stücken genutzt werden und beinhaltet keine Blockade in Form einer SIM-Karte. Darüber hinaus kann diese Art der Kommunikation als Absicherung oder als „Fallback“ fungieren, wenn (vorübergehend) die Langstreckenkommunikation (long range) nicht zur Verfügung steht.
- Langstreckenkommunikation: auf der Grundlage existierender Telekommunikationsanlagen und In-Car-Geräten. Für diese Art der Kommunikation ist Zugriff auf die Anlagen notwendig, beispielsweise über eine SIM-Karte.

Für diese letzte Art der Kommunikation, der Long-Range- oder Langstreckenkommunikation, haben wir folgende Aspekte untersucht:

- Handover national
- Handover international
- Latency

Diese Thematiken haben wir untersucht, um so mehr Klarheit schaffen zu können in Bezug auf die Brauchbarkeit dieser Kommunikationstechnologie für die Schaffung eines digitalen Horizonts zwecks Unterstützung der operativen und taktischen Fahraufgabe.

5.0 Ziel

Um ein deutliches Bild der Fahrzeugabstände zwischen den Lkw zu erhalten, werden Lkw mit einem ADAS-System in Kombination mit GPS ausgerüstet. Mithilfe eines ADAS-Systems, das mit dem CAN-bus kommuniziert, können Parameter wie Geschwindigkeit, Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug, Fahrbahnwechsel und Verkehrsschilder erkannt werden. In Kombination mit GPS wird ermittelt, an welchen Orten Probleme auftreten. Darüber wird so analysiert, wie eine Kolonne entsteht. Wenn der Fahrzeugabstand und die Position des Fahrzeugs über einen längeren Zeitraum hinweg gemessen werden, kann ein ausführlicher Datensatz gesammelt werden. Anhand dessen wird analysiert, wie der Lkw sich auf der Autobahn verhält.

Die Parameter für diese Messung sind vor allem auf das Verhalten des Fahrers selbst gerichtet. Damit wird untersucht, was heutzutage ohne den Einsatz von Technologie praktiziert wird. Schlussendlich wird diese Studie zu dem Ergebnis kommen, mit welchem Produkt ein Mehrwert geschaffen werden kann, um so Lkw-Platooning zu ermöglichen oder zu unterstützen. Ein wichtiger Punkt ist dabei der Aspekt, dass Landesgrenzen überschritten werden, wobei das damit zusammenhängende „Roaming gab“ ein zentrales Problem darstellt. Wie groß ist dieses „Roaming gab“ und wie lässt es sich verkleinern?

Die nachfolgenden Parameter werden drei Monate lang in mehreren Lkw gemessen, die häufig Grenzen überqueren (Crossborder-Verkehr):

- Geschwindigkeit
- GPS
- Roaming gab
- Forward Collision Warning
- Mobile Daten

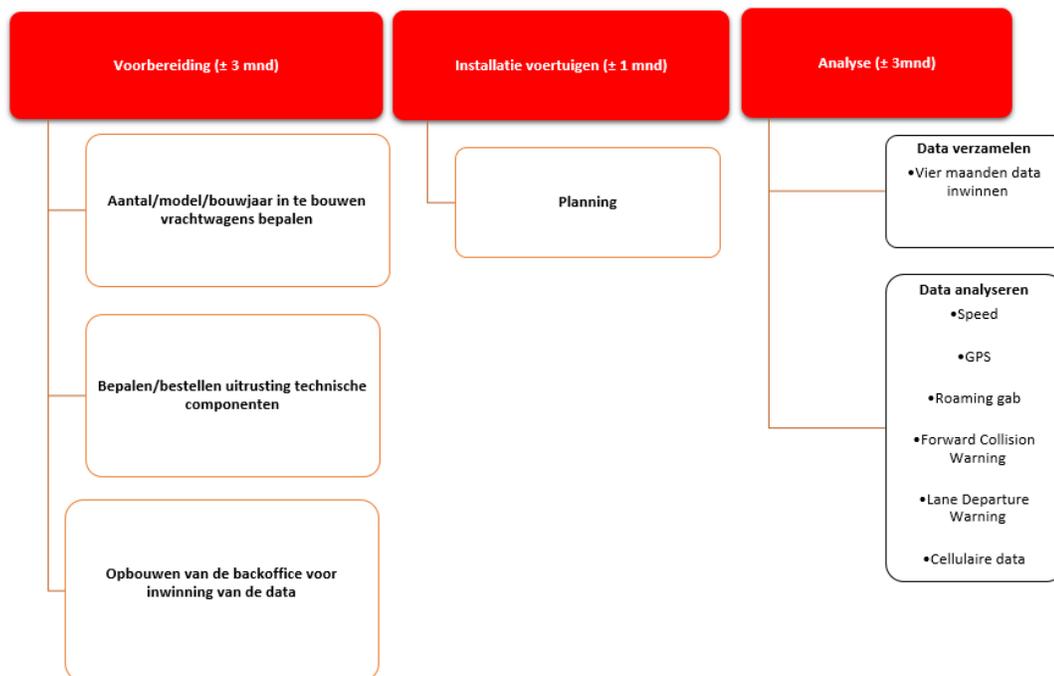


Abbildung 3: Projektstrukturplan I-AT

6.0 Messgeräte

In zwei Lkw, die I-AT vom Frachtführer Staalmeesters zur Verfügung gestellt wurden, sind Messgeräte angebracht, um Einblicke in die aktuelle Situation auf der Straße zu erhalten. Dabei kommt eine Mobileye-Kamera zum Einsatz (Abbildung 4). Diese Kamera wird an der Windschutzscheibe des Lkw montiert. Damit wird kontinuierlich der Fahrzeugabstand zum (auf demselben Fahrstreifen) vorausfahrenden Fahrzeug gemessen. So ist auch sichergestellt, dass die Privatsphäre des Fahrers nicht verletzt wird. Die Kamera ist ausschließlich nach außen und nicht auf den Fahrer gerichtet. Während der Montage wird diese Kamera kalibriert. Durch die Kalibrierung kennt das System die Maße des Fahrzeuges und kann somit anhand der Straßenmarkierungen auch dessen Position auf dem Fahrstreifen errechnen. Wenn das Fahrzeug sich einem anderen Fahrzeug zu stark nähert, wenn es zu schnell auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auffährt oder wenn es die Straßenmarkierung überfährt, wird der Fahrer audiovisuell gewarnt. Um zu verhindern, dass das Fahrverhalten von audiovisuellen Warnungen beeinflusst wird, ist das Display nicht montiert und gibt das System kein Audiosignal ab. Das Abschalten dieser Hilfsmittel hat keinen Einfluss auf die gesammelten Daten.



Abbildung 4: Installation Lkw

Die Datenarchitektur in Abbildung 5 ist eine globale Wiedergabe des Aufbaus, wie er für dieses Angebot gewählt wurde. Diese Wiedergabe muss von links nach rechts gelesen werden, wobei links die ADAS-Rohdaten eintreffen, die anschließend verarbeitet und gespeichert werden. Von der rechten Seite aus können autorisierte Dritte die gespeicherten Daten aufrufen.

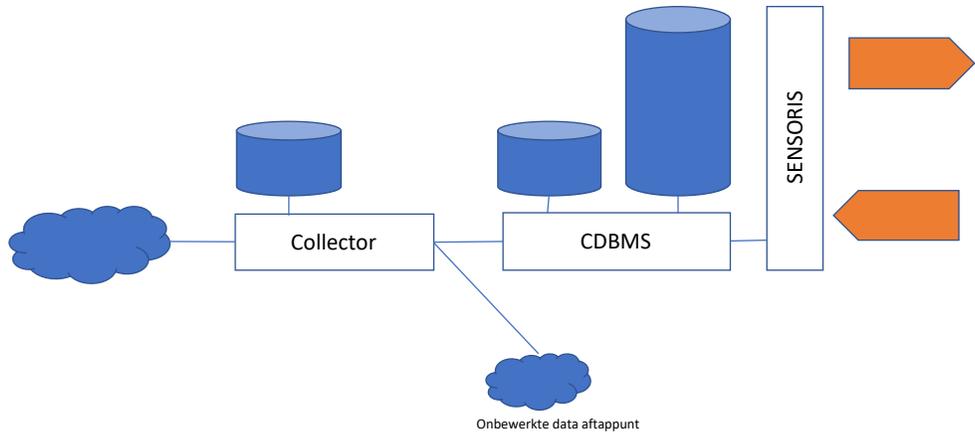


Abbildung 5: Datenarchitektur

7.0 Gefahrene Strecken

Seit der Installation am 12. Juni 2019 haben die Lkw in einem Zeitraum von vier Monaten 70.000 Kilometer zurückgelegt. Innerhalb dieser Zeit sind sie unterschiedliche Routen gefahren. In Abbildung 6 ist pro Monat angezeigt, welche Routen sie in den Niederlanden und in Deutschland gefahren haben. (Juli links oben, August rechts oben, September links unten, November rechts unten). Diese Fahrtrouten werden in den Kapiteln 6 und 7 hinsichtlich „Roaming gab“, Mobilfunkdaten und „Forward Collision Warning“ analysiert.

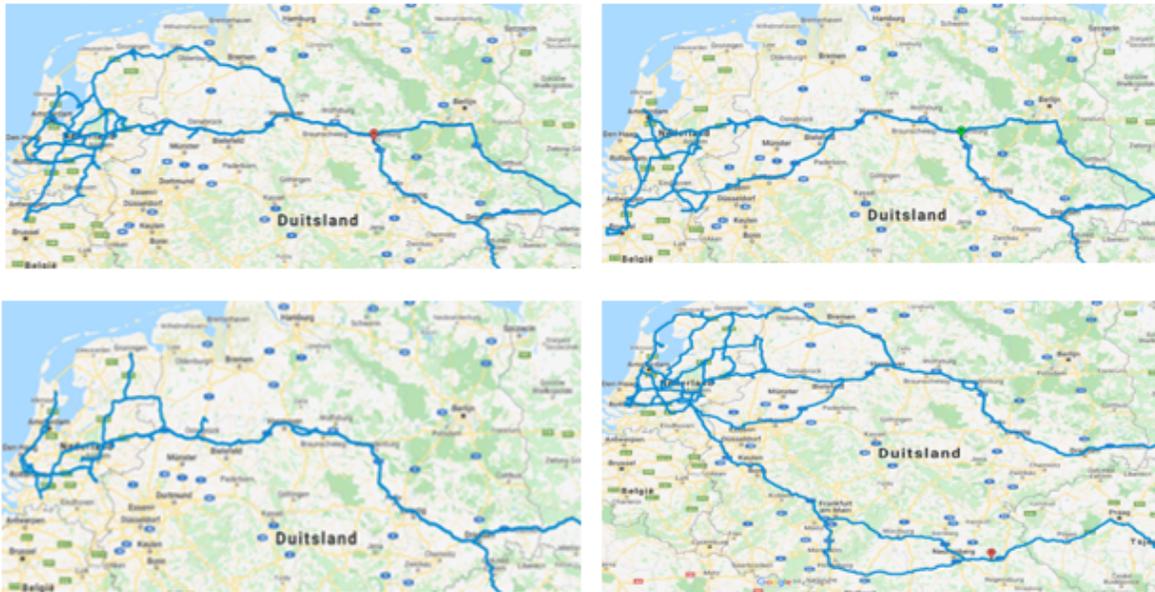


Abbildung 6: Fahrtrouten in den Monaten Juli bis November

Die am häufigsten gefahrene Strecke ist die Route, die im September - links unten zu sehen - kontinuierlich gefahren wurde. Dieser Frachtführer ist in den anderen Monaten auch durch Nord- und Süddeutschland gefahren, dabei handelte es sich aber nicht um gängige Fahrtrouten. Innerhalb dieser Zeit haben sie 70.000 Kilometer zurückgelegt und dabei einen Berg an Daten „erfahren“.

8.0 Grenzübertritt

In diesem Kapitel wird analysiert, wie die mobile 3G-Verbindung sich beim Überschreiten der Landesgrenzen und beim Fahren innerhalb der Grenzen eines Landes verhält. Wir gingen davon aus, dass die Mobilfunkverbindung beim Grenzübertritt eine Zeit lang wegfallen würde. Wir fokussieren uns in diesem Kapitel auf den Grenzübertritt von den Niederlanden in Richtung Deutschland.

8.1 DEUTSCHLAND

Unsere oben beschriebene Erwartung wurde in Deutschland sogar noch übertroffen. Nach dem Überschreiten der Landesgrenzen ist es nicht nur so, dass die Netzwerkverbindung für eine gewisse Zeit wegfällt, sondern dass der Netzbetreiber während der gesamten Fahrt durch Deutschland kontinuierlich gewechselt wird. In Abbildung 7 sehen wir eine Fahrt durch Deutschland von West nach Ost. Während dieser Fahrt wurde sage und schreibe 39 Mal der Netzbetreiber gewechselt. Die Netzbetreiberwechsel lassen sich anhand der Berichte ablesen. Jeder Netzbetreiber hat einen einzigartigen MCCMNC (Mobile Country Code und Mobile Network Code). In Deutschland wird zwischen den Netzbetreibern T-Mobile, Vodafone und E-Plus gewechselt.



Abbildung 7: Wechsel in Deutschland (West-Ost)

Die deutschen Netzbetreiber sind in Abbildung 7 farblich gekennzeichnet. T-Mobile ist rot, Vodafone grün und Telefonica blau. Von der niederländischen Grenze bis zur polnischen Grenze wechselt der Netzbetreiber durchschnittlich alle 22 Kilometer. Dieser Eindruck bestätigt sich auch in anderen Ländern. Das ist auf den bereits genannten MCCMNC zurückzuführen. Zudem lässt sich auch ablesen, zu welchem Zeitpunkt ein Bericht ausgelöst und wann dieser empfangen wurde. Vergleicht man diese beiden Daten miteinander, dann lässt sich so die Verzögerung berechnen.

Ein Netzbetreiberwechsel bedeutet eine starke Verzögerung. An manchen Orten dauert die Verzögerung sogar bis zu zehn Minuten. Bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h hat der Lkw dann auf einer Strecke von 13 Kilometern keine Verbindung. Sobald die Verbindung wiederhergestellt ist, werden alle Daten, die bis zu diesem Zeitpunkt gesammelt wurden, auf einmal „ausgespuckt“. Anschließend pendelt die Verzögerung sich wieder auf den Normalwert ein.

Die in Abbildung 8 dargestellte Fahrtroute wird in Abbildung 8 auf der Grundlage des Parameters Zeitverzögerung abgebildet. In dieser Grafik sind die 39 Netzbetreiberwechsel zu erkennen und lässt sich ablesen, wie groß die Verzögerung ist, die damit einhergeht. Dabei wird eine Einteilung in drei unterschiedliche Aspekte vorgenommen. Die blaue Linie zeigt, wie viel Verzögerung jeder erste Bericht hat, der verschickt wird, sobald die Verbindung mit

dem neuen Netzbetreiber wiederhergestellt ist. Die orangefarbene Linie zeigt, was die durchschnittliche Verzögerung aller Berichte ist, die während des Netzbetreiberwechsels verschickt werden. Zuletzt zeigt die graue Linie an, was die durchschnittliche Verzögerung unter normalen Umständen ohne Wechsel ist.

Mit dem 3G-Mobilfunk treffen die Berichte im Durchschnitt mit einer Verzögerung von sieben Sekunden ein. Die durchschnittliche Verzögerung während des Netzbetreiberwechsels ist zwei Minuten länger. In der Nähe der Grenze zu Polen erreicht die Verzögerung sogar einen Wert von bis zu acht Minuten.

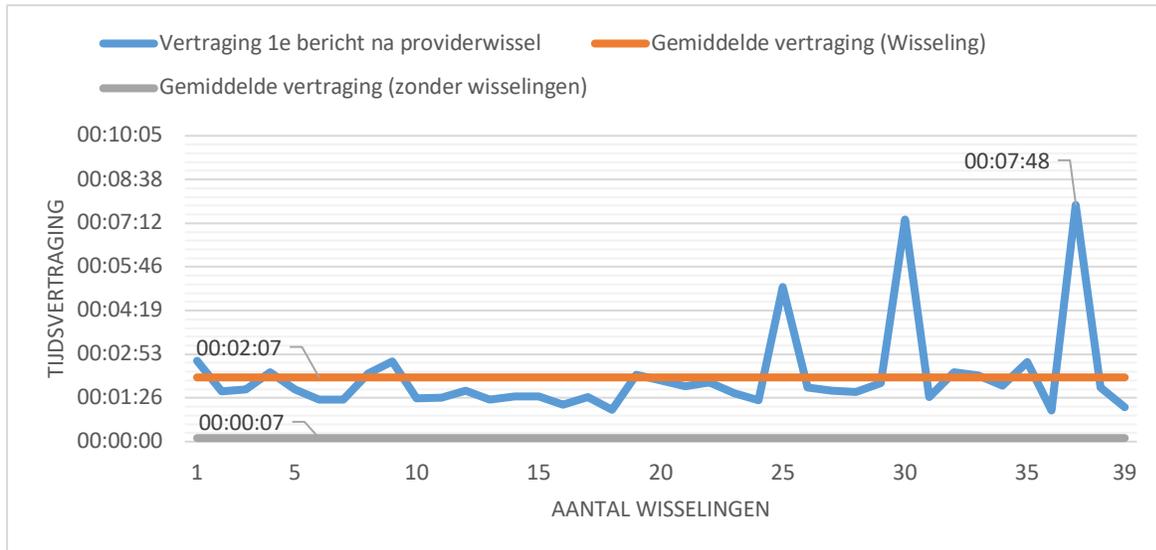


Abbildung 8: Verzögerung von Berichten auf Fahrtrouten durch Deutschland

In Abbildung 9 ist eine Fahrtroute sichtbar, die fast identisch ist mit Abbildung 7. Diese Fahrtroute wurde an einem anderen Tag gefahren. Auch auf dieser Strecke sucht das Netzwerk nach einem Netzbetreiber. Des Weiteren lässt sich komplette Willkür erkennen hinsichtlich des Standorts und des ausgewählten Netzbetreibers. Das Netzwerk hält bis ungefähr acht Kilometer hinter der Grenze den Kontakt zum niederländischen Netzbetreiber. Sobald der Wechsel zu einem deutschen Netzbetreiber vollzogen wurde, wechselt das Netzwerk kontinuierlich zwischen den unterschiedlichen deutschen Netzbetreibern.

In allen Fällen hält das Netzwerk beim Grenzübertritt so lang wie möglich fest am niederländischen Netzbetreiber. Dabei ist zu beobachten, dass dieses Netz bis ca. acht Kilometer hinter der Grenze ausreichende Abdeckung bietet. Die Mobilfunkverbindung versucht so lang wie möglich, die Verbindung zum Heimatnetz zu halten, bevor sie auf die deutschen Partner/Wettbewerber umschaltet.

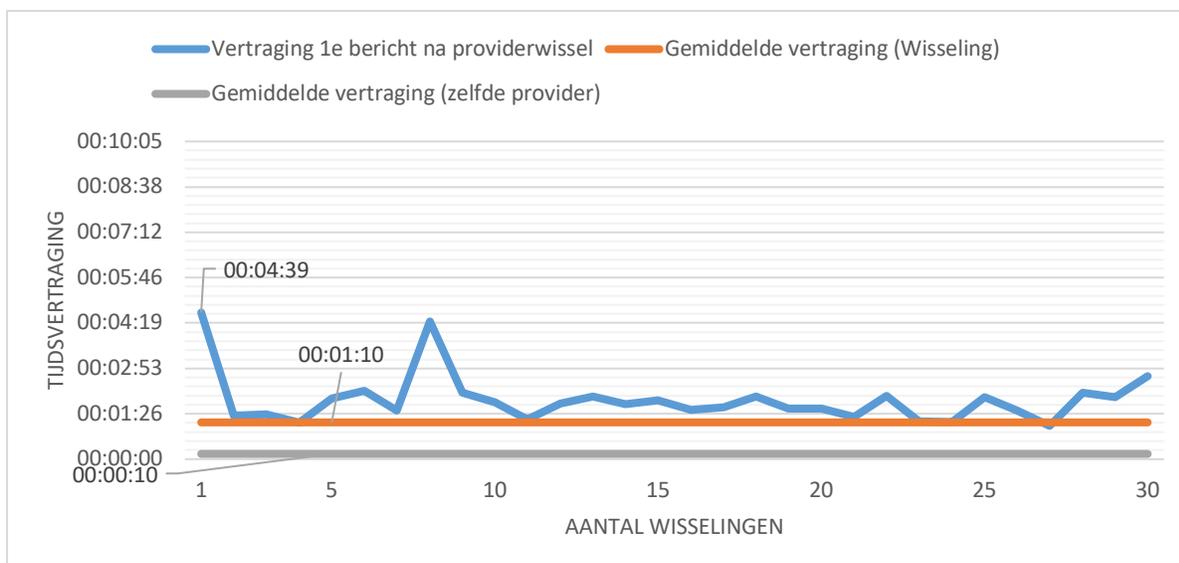


Abbildung 11: Verzögerung von Berichten

Auch ohne Netzbetreiberwechsel kann es bei der Verzögerung starke Ausreißer geben. Alle auf der Fahrtroute in Abbildung 10 empfangenen Berichte, bei denen der Netzbetreiber unverändert bleibt, sind in Abbildung 12 dargestellt. In die Darstellung der auf dieser 900 km langen Strecke verschickten Berichte wurden die während des Netzbetreiberwechsels verschickten Berichte nicht aufgenommen, um so einen besseren Eindruck vom 3G-Netzwerk in Deutschland zu erhalten.

Obwohl der Großteil der Berichte mit einer Verzögerung von maximal zwei Sekunden verschickt wird, gibt es auch viele Funklöcher im Netzwerk, die zu Verzögerungen von über drei Minuten führen. Diese Verzögerungen sind in Deutschland nicht standortgebunden, sondern werden an unterschiedlichen Standorten erreicht. Man sieht, dass diese Ausreißer auf der gesamten Länge der Strecke auftreten. Obwohl die durchschnittliche Verzögerung relativ niedrig ist, ist die Netzabdeckung der Netzbetreiber in Deutschland auf 3G-Niveau nicht ausreichend, um Kontinuität zu gewährleisten.

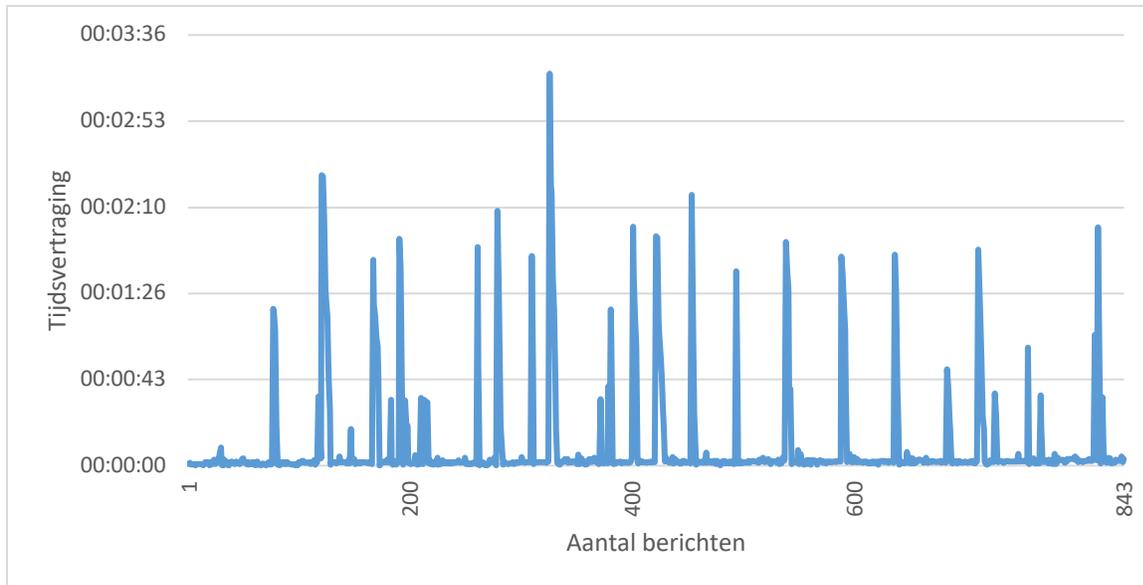


Abbildung 12: Durchschnittliche Verzögerung ohne Netzbetreiberwechsel

Was deutlich sichtbar wird, ist die Tatsache, dass die Verzögerungen durch die regelmäßigen Netzbetreiberwechsel insgesamt zu groß sind. Eine mögliche Ursache dafür ist die Netzabdeckung in Deutschland. Diese Studie wurde auf der Grundlage eines 3G Mobilfunknetzwerks durchgeführt. Die Abdeckungskarten von T-Mobile und Vodafone in Deutschland (Abbildung 13) zeigen, dass an unterschiedlichen Orten große Funklöcher vorliegen. Vor allem nahe der Grenze zu Polen ist die 3G-Abdeckung von T-Mobile lückenhaft. Die Funklöcher von Vodafone liegen über ganz Deutschland verteilt. Das würde auch die hohe Verzögerung der ersten Berichte bei der Annäherung an die Grenze erklären. Diese Lücken in der Netzabdeckung, bei denen die Verzögerung bis zu drei Minuten betragen kann, erklären die Verzögerung auf der gesamten Wegstrecke. Sowohl die 3G-Netzwerkverbindung von T-Mobile als auch jene von Vodafone bieten keine vollständige Abdeckung. In den Abbildungen 13 und 14 sind die 3G- und 4G-Mobilfunknetzwerke von T-Mobile (violett) und Vodafone (rot) wiedergegeben. Diese Langstreckenkommunikation (long-range) reicht offensichtlich nicht aus, um Garantien abgeben zu können.

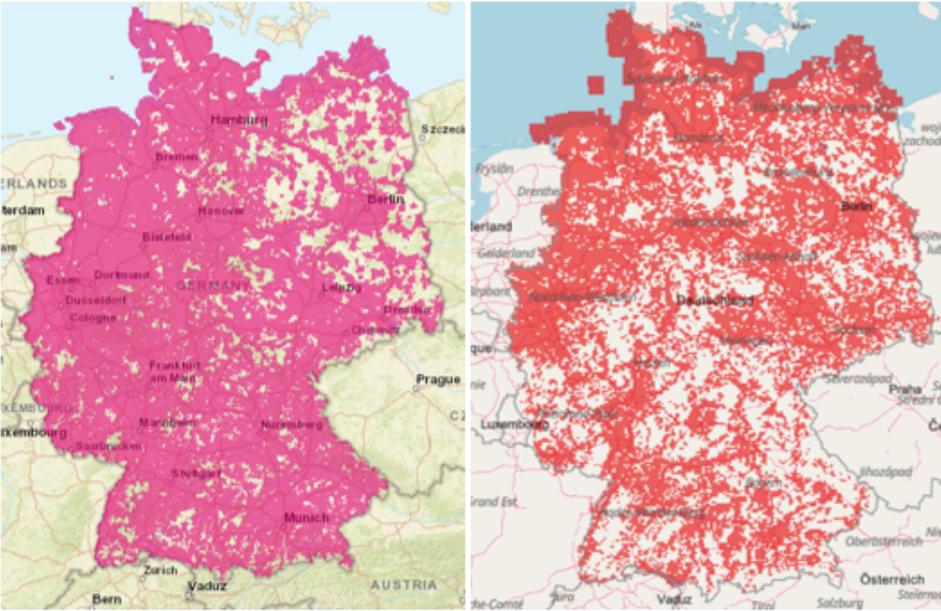


Abbildung 13: Netzabdeckungskarte Deutschland 3G T-Mobile und Vodafone

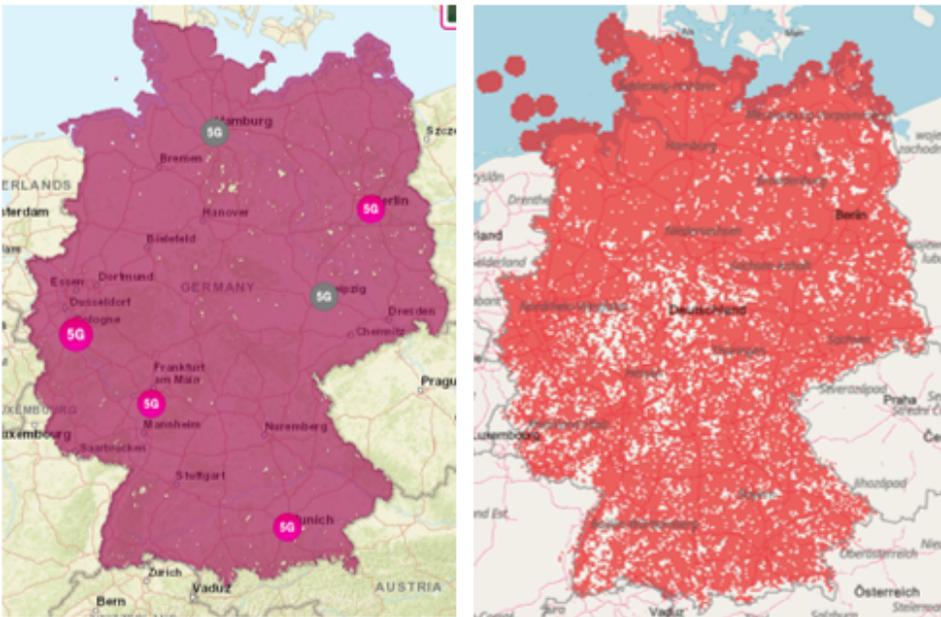


Abbildung 14: Netzabdeckungskarte Deutschland 4G T-Mobile und Vodafone

8.2 NIEDERLANDE

Im Gegensatz zur Situation in Deutschland hält der Lkw in den Niederlanden kontinuierlich die Verbindung zu einem Netzbetreiber. Für die Monate Juli bis Oktober sind alle Fahrten in Abbildung 15 wiedergegeben. Während dieser Fahrten wurden über 20.000 Berichte verschickt.



Abbildung 15: Fahrtrouten Niederlande (Juli bis Oktober)

Dadurch, dass bei der Langstreckenkommunikation in den Niederlanden eine konstante Verbindung zu ein und demselben Netzbetreiber gehalten wird, lässt sich darüber ein deutliches Bild der Netzabdeckung in den Niederlanden ableiten. Es ist zu erwarten, dass auf niederländischem Grundgebiet aufgrund der kleineren Oberfläche, die überbrückt werden muss, weniger Verzögerungen auftreten. Das 3G-Netzwerk hält konstant die Verbindung zu KPN Telecom und wechselt nicht zu anderen Netzbetreibern. Das ist auch vorteilhaft, weil die Verzögerung zwischendurch dann nicht die Werte erreicht, die in Deutschland erreicht werden.

Da das Netzwerk den Netzbetreiber nicht wechselt, sind alle in den Niederlanden verschickten Berichte in einer Grafik wiedergegeben. In Abbildung 17 sind die Verzögerungen der 20.278 Berichte, die in den Niederlanden in den Monaten Juli bis Oktober 2019 verschickt wurden.

Die Netzabdeckungskarte von KPN Telecom ist in Abbildung 16 wiedergegeben, wobei unterschieden wird zwischen Mobilfunkkommunikation auf 3G- und 4G-Niveau. Auch hier ist die Netzabdeckung lückenhaft. Anteilig herrscht in einem großen Teil der Niederlande allerdings eine gute Netzabdeckung, sowohl auf 3G- als auch auf 4G-Niveau.

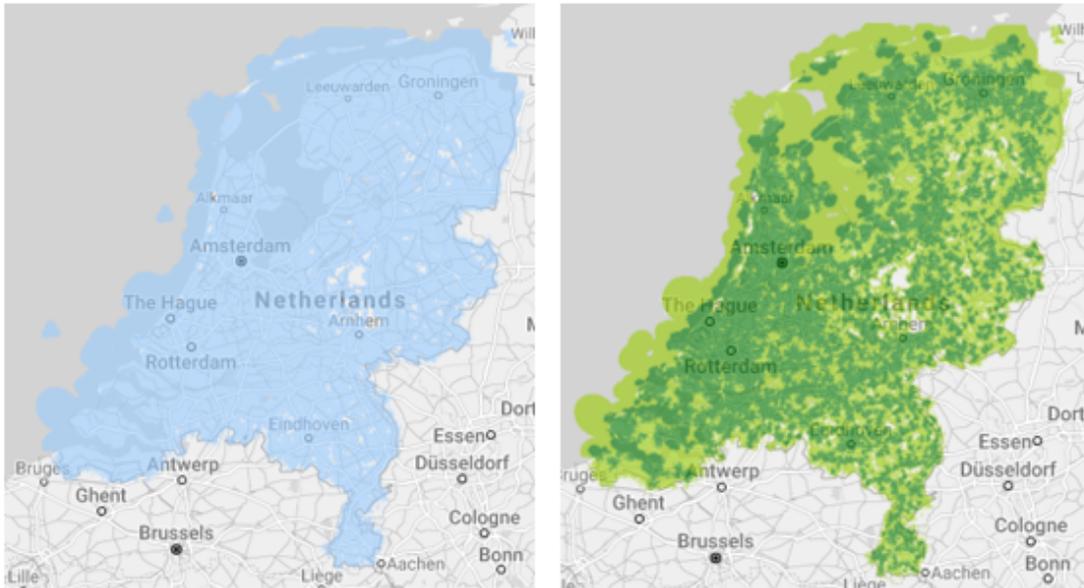


Abbildung 16: Netzabdeckungskarte KPN 3G und 4G

In Abbildung 17 sind einige Ausreißer zu sehen. Eine der möglichen Erklärungen dafür ist, dass das Fahrzeug, aus einem anderen Land kommend, die Grenze zu den Niederlanden überquert. Aufgrund der Suche nach dem niederländischen Netzbetreiber summiert sich die Verzögerung der ersten Berichte. Das ist aber nicht standardmäßig der Fall. In Abbildung 18 werden die Berichte, die innerhalb der Niederlande verschickt wurden, unter die Lupe genommen.

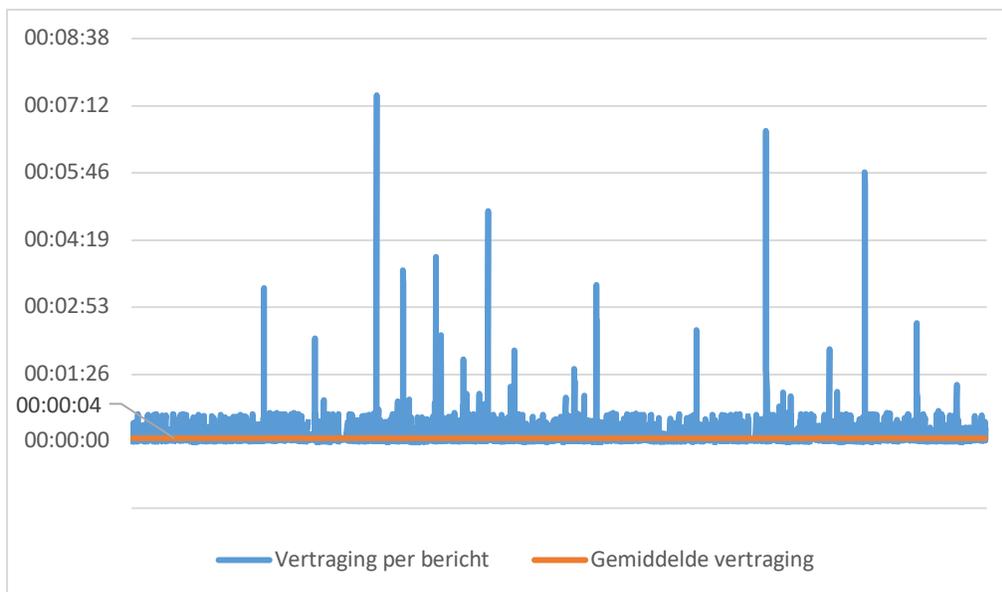


Abbildung 17: Verzögerung von Berichten

Die durchschnittliche Verzögerung beträgt drei Sekunden. Außerdem gibt es auch einzelne Berichte mit einer außergewöhnlichen Verzögerung von mehr als 1 1/2 Minuten. Dazwischen gibt es zahlreiche Berichte mit 30 Sekunden Verzögerung. Daraus folgt, dass das 3G-Mobilfunknetzwerk sowohl in den Niederlanden als auch in Deutschland für eine zuverlässige Verbindung zum Lkw nicht ausreichend ist. Trotz der kleinen Oberfläche kommt es bei der Langstreckenkommunikation zu Verzögerungen.

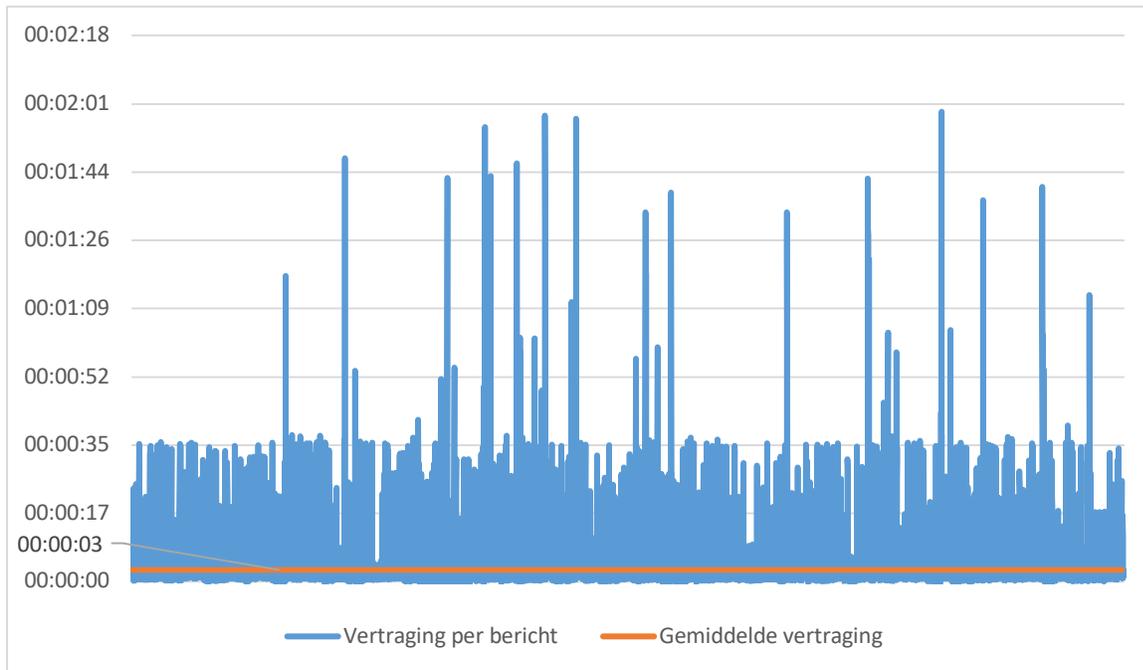


Abbildung 18: Verzögerung von Berichten ohne Ausreißer

Zusätzlich zur Langstreckenkommunikation ist Nahbereichskommunikation notwendig, um solche Lücken zu überbrücken, und nicht nur das; sie ist zur Absicherung sogar notwendig. Diese Art der Nahbereichskommunikation ist für schnelle Kommunikation für kritische Anwendungen notwendig und darf von der Allgemeinheit genutzt werden.

9.0 Fahrzeugabstand

Das Mobileye-System in der Windschutzscheibe des Lkw misst kontinuierlich den Abstand in Sekunden zum vorausfahrenden Fahrzeug. Sobald der Abstand zwischen dem Lkw und dem vorausfahrenden Fahrzeug den Wert von 1 Sekunde unterschreitet, gibt das Mobileye-System eine Abstandswarnung (headway alert) ab. Die Distanz, die ein Lkw innerhalb einer Sekunde zurücklegt, beträgt ungefähr 24 Meter. Abbildung 19 vermittelt einen Eindruck, um welchen Abstand es sich dabei handelt. Von oben betrachtet könnte man meinen, dass das eine ganze Menge ist, sie wissen aber mit Sicherheit selbst, wie schnell die Fahrbahnmarkierungen am Fahrzeug vorbeischnellen und wie nah es tatsächlich ist. Bei dieser Messung kann nicht angegeben werden, warum innerhalb einer Sekunde gefahren wird. Es wird nicht zwischen einfädelndem und ausscherendem Verkehr oder dem Fahren dicht hinter einem vorausfahrenden Fahrzeug unterschieden.



Abbildung 19: Distanz, die innerhalb einer Sekunde bei Cruise-Geschwindigkeit zurückgelegt wird.

Auch die Zeit, innerhalb derer die Abstandswarnung gilt, wird nicht wiedergegeben. Die Warnung erfolgt einmalig. Bevor die Warnung erneut abgegeben werden kann, muss das Fahrzeug zunächst einen Abstand außerhalb der 1-Sekunden-Grenze erreichen. Kurzum, es kann sein, dass das Fahrzeug über einen längeren Zeitraum hinweg innerhalb der 1-Sekunden-Grenze fährt. Das lässt sich jedoch erst mit Sicherheit sagen, wenn die gefahrenen Routen aufgezeichnet werden. Es wird auch Momente geben, in denen Autos einfädeln oder ausscheren, sodass die Warnmeldung für einen kurzen Zeitraum gilt.

Im restlichen Teil dieses Kapitels liegt der Fokus auf den gefahrenen Kilometern in den Niederlanden und in Deutschland. Dabei wurden vor allem die Autobahnkilometer unter die Lupe genommen. Die Beispiele sind dementsprechend zurückgelegte Fahrtrouten, auf denen über die gesamte Fahrtstrecke hinweg eine Geschwindigkeit von 80 km/h oder mehr gefahren wird. Diese zeichnen sich durch ihre starke und größtmögliche Wirklichkeitsnähe aus. Bei Stauaufkommen ist der Abstand ebenfalls sehr gering, was aber keinen Effekt auf den Kraftstoffverbrauch hat.

In den Beispielen dieses Kapitels sind auch Stausituationen enthalten, deren Aufkommen hält sich allerdings in Grenzen. Die Fahrer halten ihre Pausen exakt nach den Vorgaben des Tachografen und diese sind so geplant, dass sie in die Hauptverkehrszeiten fallen. So wird dafür gesorgt, dass die auf den Fahrtrouten gefahrene Geschwindigkeit häufig um die 80 km/h liegt.

In Abbildung 20 wird eine Fahrt durch die Niederlande und durch Deutschland dargestellt. Diese Fahrtroute ist die von diesem Frachtführer am häufigsten gefahrene Route, um Deutschland zu durchqueren. Die gefahrene Distanz beträgt ungefähr 875 Kilometer. Auf dieser Route kam es 124 Mal vor, dass der Lkw in einem 1-Sekunden-Fahrzeugabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug fuhr. Im Durchschnitt wurde die Abstandswarnung (headway alert) somit einmal alle sieben Kilometer abgegeben. Dabei ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass der Fahrzeugabstand während der sieben Kilometer unterhalb einer Sekunde bleibt.

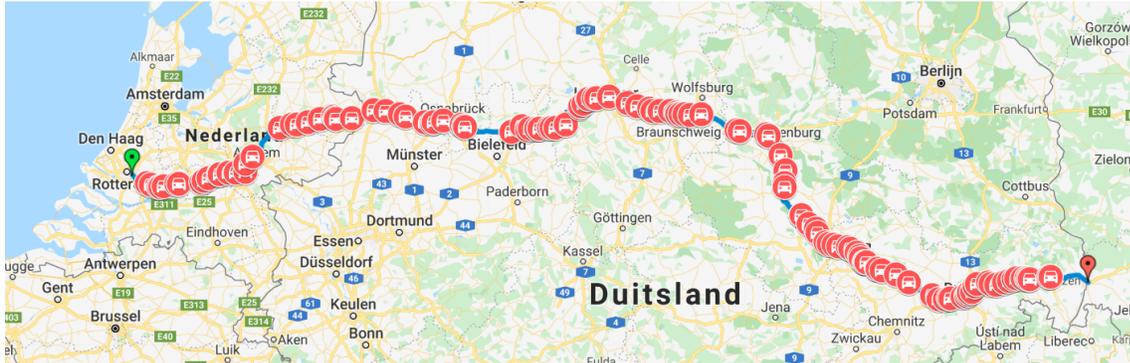


Abbildung 20: Abstandswarnungen (headway alerts) meistgefahrene Route

12:15 Startpunkt in Rotterdam

16:00 Grenzübergang Niederland-Deutschland

20:30 Halt bei Magdeburg

05:15 Abfahrt Magdeburg

09:40 Grenzübergang Deutschland-Polen

Auf dieser Route (Abbildung 21) durch Deutschland und die Niederlande wurden sogar noch mehr Abstandswarnungen (headway alerts) abgegeben. Auf dieser 840 km langen Fahrtroute gab es stolze 145 Abstandswarnungen. Die Abstandswarnung wurde somit durchschnittlich einmal alle sechs Kilometer abgegeben. Diese Fahrtroute umfasst auch sehr ruhige Streckenabschnitte in der Nähe der tschechischen Grenz.

In diesem Beispiel wird Frankfurt zur Hauptverkehrszeit passiert. Auf dieser Fahrtroute sehen wir tatsächlich auch viele Abstandswarnungen, die kurz hinter Frankfurt abgegeben wurden. Die Geschwindigkeit ist aber nichtsdestotrotz normal. Dies könnte auch ein optimales Beispiel für eine lange Kolonne von Lkw sein, die dicht hintereinanderfahren. Das dem so war, lässt sich leider nicht mit Sicherheit beweisen. Dennoch scheint Platooning ein sehr aktuelles Thema zu sein.



Abbildung 21: Abstandswarnungen (headway alerts) Deutschland auf alternativer Route

11:19 Startpunkt Grenzübergang Tschechien-Deutschland

16:30 Erster Halt nördlich von Stuttgart

07:00 Fahrt wird fortgesetzt

13:30 Grenzübergang Deutschland-Niederlande

15:55 Ankunft Rotterdam

Die Route in Abbildung 22 ist die gleiche wie in Abbildung 20. Wie bereits gesagt, ist dies die am häufigsten gefahrene Route. Auf dieser Route wurden 131 Warnungen im Zusammenhang mit der 1-Sekunden-Regel abgegeben. Das sind sechs Warnungen mehr als auf der in Abbildung 20 dargestellten Route. Das bedeutet, dass auf beiden Routen übereinstimmende Werte erzielt werden. Die Beispiele könnten noch zehn Mal wiederholt werden, was aber nichts am Ergebnis ändern würde. In allen Fällen liegt die durchschnittliche Anzahl an Abstandswarnungen in etwa gleichauf. Das Einzige, was fehlt, ist der eindeutige Grund für die Warnmeldung.



Abbildung 22: Route Niederlande Deutschland

11:55 Startpunkt

15:44 Grenzübergang Niederland-Deutschland

20:35 Halt bei Magdeburg

05:33 Abfahrt Magdeburg

10:00 Grenzübergang Deutschland-Polen

Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Grafische Darstellung Lkw-Platooning.....	6
Abbildung 2: Containerströme pro Tag im Hinterland.....	10
Abbildung 3: Projektstrukturplan I-AT	14
Abbildung 4: Installation Lkw.....	15
Abbildung 5: Datenarchitektur	16
Abbildung 6: Fahrtrouten in den Monaten Juli bis November	17
Abbildung 7: Wechsel in Deutschland (West-Ost)	18
Abbildung 8: Verzögerung von Berichten auf Fahrtrouten durch Deutschland	19
Abbildung 9: Netzbetreiberwechsel Deutschland (West nach Ost).....	20
Abbildung 10: Wechsel in Deutschland (Ost-West).....	20
Abbildung 11: Verzögerung von Berichten	21
Abbildung 12: Durchschnittliche Verzögerung ohne Netzbetreiberwechsel.....	22
Abbildung 13: Netzabdeckungskarte Deutschland 3G T-Mobile und Vodafone.....	23
Abbildung 14: Netzabdeckungskarte Deutschland 4G T-Mobile und Vodafone.....	23
Abbildung 15: Fahrtrouten Niederlande (Juli bis Oktober).....	24
Abbildung 16: Netzabdeckungskarte KPN 3G und 4G	25
Abbildung 17: Verzögerungen von Berichten	25
Abbildung 18: Verzögerung von Berichten ohne Ausreißer	26
Abbildung 19: Distanz, die innerhalb einer Sekunde bei Cruise-Geschwindigkeit zurückgelegt wird	27
Abbildung 20: Abstandswarnungen (headway alerts) meistgefahrene Route	28
Abbildung 21: Abstandswarnungen (headway alerts) Deutschland auf alternativer Route.....	29
Abbildung 22: Route Niederlande Deutschland.....	30