

# Bündelung von Lieferdiensten

*M. Brunner, V. Schönharting, S. Wolter, J. Schönharting*

Dr. Matthias Brunner, Böblinger Str. 43, 70199 Stuttgart, Mail: mbrunner@bringx.com, Tel: +49 175 523 4632

Dr. Volker Schönharting, Im Niedergarten 24A, 55124 Mainz, Mail: vs@abstractre.com, Tel: +49 6131 69629 0

Stefan Wolter, Am Lichtbogen 42, 45141 Essen, Mail: wolter@trc-transportation.com, Tel: +49 201 977 3454

Prof. em. Dr. Jörg Schönharting, Am Lichtbogen 42, 45141 Essen, Mail: schoenharting@trc-transportation.com, Tel: +49 172 722 1441

- Bündelung von Lieferdiensten..... 1
  
- 1 Ausgangssituation..... 2
- 1.1 Innenstadt Logistik..... 2
- 1.2 Lieferdienste / Pizza-Express ..... 3
  
- 2 Reale Rahmenbedingungen ..... 5
- 2.1 Zielfunktion..... 5
- 2.2 Erforderliche Randbedingungen..... 6
  
- 3 Simulation ..... 8
- 3.1 Datenbasis ..... 8
- 3.2 Auswertung ..... 11
  
- 4 Validierungstests ..... 13
  
- 5 Zusammenfassung ..... 15
  
- Literatur 15

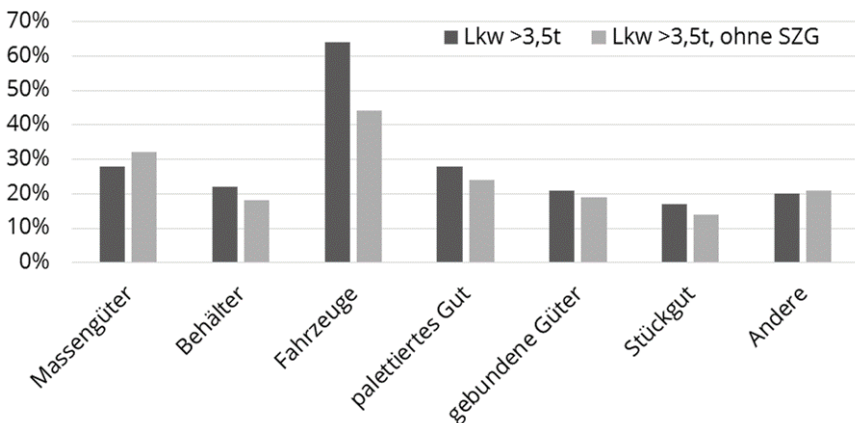
# 1 Ausgangssituation

## 1.1 Innenstadt Logistik

Der Online Versandhandel wird weiter zunehmen. Es ist folglich mit einem stetig wachsenden Warenverkehr zu rechnen. Um trotz zunehmendem Versandvolumen eine Reduktion des Warenverkehrs zu erreichen, ist es erforderlich, die Auslastung der bestehenden Ressourcen zu optimieren und freie Synergien zu nutzen. Und genau in diesem Bereich liegt gemäß der Auswertung der bundesweiten Studie Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010 (KiD) von Seidel S. et al., 2013, deutliches Potential, da aktuell Transporte mit Stückgut im Durchschnitt nur zwischen 15 und 17% ausgelastet sind.

Eine derartig geringe Auslastung erscheint angesichts des hohen Kostendrucks innerhalb der Branche als pure Verschwendung, ist aber Zeichen dafür, wie schwierig es ist, eine gute Kapazitätsauslastung in diesem volatilen Markt zu erreichen.

**Abbildung 1.1** Auslastungsgrad der Transportfahrzeuge nach Art des Transportguts (Quelle: Seidel S. et al., 2013) [1]



Es handelt sich hier um ein typisches „Last Mile“ Problem in Städten. Bisher wird

das Problem der Auslieferzeiten bei den Kunden dadurch gelöst, dass feste Zeitfenster vereinbart werden, in denen der Kunde zur Abnahme und Bezahlung der Waren und Dienstleistungen verpflichtet wird. Spontane Lieferwünsche können dadurch nicht berücksichtigt werden. Die Forderung nach einer flexiblen Lieferung bedingt, dass, abweichend vom heutigen Vorgehen, nicht mehr ein Großtransporter mit fest vorgegebener Route eingesetzt wird, sondern mehrere, kleinere Fahrzeuge.

Doch vor allem im Bereich der kleinen Lieferfahrzeuge kommt moderne Dispositions- und Tourenplanungssoftware aktuell nur zu einem geringen Anteil zum Einsatz kommt, siehe **Tabelle 1.1**. Eine breite Anbindung von PKW und Transportern per App an ein umfassendes Touren-planungs- und Dispositionssystem ist heute durch die große Verbreitung von leistungsfähigen Smartphones zu vertretbaren Kosten möglich.

**Tabelle 1.1** Einsatzanteil IT in der Logistikoptimierung nach Fahrzeugtyp (Seidel S., 2013) [1]

|             | Dispositionssoftware | Tourenplanungssoftware | Tourenplanung & Disposition | Navigations-Software |
|-------------|----------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| PKW < 3,5 t | 2,0 %                | 11,3 %                 | 5,4 %                       | 32,7 %               |
| LKW < 3,5 t | 3,8 %                | 9,8 %                  | 9,6 %                       | 20,0 %               |
| LKW > 3,5 t | 10,6 %               | 23,7 %                 | 17,6 %                      | 3,8 %                |
| SZM         | 20,9 %               | 27,6 %                 | 16,9 %                      | 1,1 %                |

## 1.2 Lieferdienste / Pizza-Express

In den letzten Jahren konnte eine deutliche Zunahme an Essens-Lieferdiensten, wie der Pizza Express oder ähnliches beobachtet werden. Der globale Markt für geliefertes Essen hat nach Aussage von Oliver Samwer, Rocket Internet ein Potential von 324 Milliarde Euro. Trotz der Größe des Marktes erfolgt die Koordination und Planung der Auslieferungen zurzeit noch weitgehend manuell, ohne computerunterstützte Optimierung.

Die Durchführung der hier vorgestellten Untersuchung wurde auf die Region

Stuttgart begrenzt. Allein in der Stadt Stuttgart sind an einem typischen Sonntagabend über 300 Fahrzeuge parallel bei der Auslieferung von Speisen im Einsatz. Hierbei fallen allein in Stuttgart pro Woche über 50.000 km Fahrtstrecke an. Der hier vorgestellte Planungsansatz ist nicht nur auf Großstädte limitiert, sondern kann national auf dem aktuellen Wachstumsgebiet der Paketlogistik, der schnellen Zustellung am gleichen Tag (Same Day Delivery) deutliche Einsparungen erzielen [2]. Durch den Einsatz von intelligenter Software kann in diesem Bereich ein signifikanter Beitrag zur Reduktion der Umweltbelastung erreicht werden. Für die Durchführung dieser Studie konnten elf lokale, Stuttgarter Lieferdienste gewonnen werden, ihre Auftrags- und Lieferdaten zur Auswertung zur Verfügung zu stellen.

## 2 Reale Rahmenbedingungen

Das Ziel dieser Studie ist es eine möglichst Wirklichkeits-getreue Abbildung der realen Anforderungen an einen Planungsalgorithmus zu erstellen, der Express-Aufträge in vorhandene Touren mit  $m$  Fahrern / Fahrzeugen und  $n$  Aufträgen optimal einbindet. Die Auftragsplanung ist in der Weise zu gestalten, dass die anstehenden Aufträge so auf die Fahrer verteilt und ständig überprüft werden, dass folgende Kriterien möglichst optimal berücksichtigt werden:

1. Pünktlichkeit: angenommene Aufträge dürfen sich nur so wenig wie unbedingt erforderlich verzögern.
2. Fahrzeit für die Touren: es sollen möglichst kurze Lieferwege erreicht werden, damit pro Fahrer möglichst viele Aufträge pro Stunde erledigt werden können.
3. Vorausschauende Lieferplanung: der Algorithmus soll auf eine ausgewogene Verteilung der Fahrer über das Liefergebiet achten, damit neue Aufträge keine unverhältnismäßig langen Anfahrwege erzeugen und Parallelfahrten vermieden werden.

### 2.1 Zielfunktion

Das Thema fällt methodisch in die operative Distributionslogistik. Dynamische Tourenplanung ist ein noch sehr junges Thema. Eine gute Übersicht vermittelt Aufderheide [3]. Psaraftis hat sich 1995 eingehend mit dem Stand der Technik zur dynamischen Tourenplanung befasst [4].

Dynamische Komponenten kommen in die klassische (statische) Tourenplanung vor allem durch

- Ungeplante Abholaufträge von Versendern
- Ungeplante Lieferaufträge von Empfängern
- Stornierung von Aufträgen
- Unbekannte Auftragsmenge (z.B. Tiefkühlmenge, die erst bei Auslieferung bestimmt wird)
- Unvorhergesehene Fahrzeiten

- Ungeplante Änderungen von Lieferzeitfenstern
- Standzeiten beim Kunden
- Unvorhersehbare Ausfälle von Fahrzeugen oder Fahrern

Eine numerische Lösung von dynamischen Tourenplanungsproblemen beschränkt sich auf sehr einfache Fälle. Es wurde eine heuristische, über Constraints reduzierte Enumeration der möglichen Lösungen gewählt. Als Zielgröße kann die Gesamtfahrzeit (ggf. auch die Kosten) der zum Zeitpunkt ( $t$ ) bekannten Lieferaufträge herangezogen werden. Es werden die im folgende Kapitel 2.2 beschriebenen Constraints überprüft, bei deren Verletzung die zugehörigen Beträge zu den entsprechenden Scores hinzuaddiert werden.

Die Lösung dieses Planungsproblems wird durch die Minimierung einer Zielfunktion definiert, welche aus der gewichteten Summe aus Reisekosten, Fahrerkosten und Kosten der Nichteinhaltung von Zeitfenstern und weiteren Randbedingungen besteht. Die Tourenplanung wird auf der Grundlage der aktuellen Auslieferungssituation, der Fahrzeugpositionen und der neu eingetroffener Meldungen jeweils neu aufgestellt.

## 2.2 Erforderliche Randbedingungen

Die gesuchte Lösung der Zielfunktion muss folgenden Restriktionen genügen:

- Ware muss aufgenommen werden, bevor sie ausgeliefert werden kann (precedence)
- Begrenzte Lieferdauer jedes Auftrags (maximum ride time)
- Einhaltung von gesetzlichen Arbeits- und Pausenzeiten (route duration)
- Ankunftszeit an jedem Zielort innerhalb eines Zeitfenster (multiple soft time windows)

Im Rahmen dieser Studie wurden die oben genannten Restriktionen berücksichtigt. Darüber hinaus sind jedoch auch folgende Restriktionen aus Sicht der realen Anwendung interessant:

- Anforderungen der Zielorte an die Fahrer hinsichtlich Qualifikation/Eignung (skill/suitability requirements)
- Begrenzte Transportkapazitäten der eingesetzten heterogenen Fahrzeuge (capacity)

- Umschlag der Ware zwischen mehreren Fahrern pro Auftrag und Route (transshipments)

Als Eingangsgrößen der Zielfunktion wurden in Abstimmung mit den beteiligten Lieferdiensten definiert:

- Kundenaufträge
  - Abholorte (pickup locations)
  - Lieferorte (delivery locations)
  - Entsprechende Zeitfenster
  - Be- und Entladezeiten (service times)
  - Prioritäten und entsprechende Strafkostenfunktionen für Zeitfensterverletzungen
  - Zu transportierende Güter
- Mögliche Orte für den Warenumschlag (transshipment locations)
- Verfügbare Fahrer-Fahrzeug-Kombinationen
  - Betriebskosten (variable cost)
  - Aktuelle Positionen
  - Angenommene Aufträge
  - (freie) Ladungskapazitäten
  - Korrekturfaktoren Geschwindigkeit Fahrer
  - Verkehrs-, Uhrzeit-, und Fahrzeug-abhängige Reisezeiten

Für die Ermittlung der Uhrzeit-abhängigen Reisezeiten wurden uns vom Verband Region Stuttgart freundlicherweise die Fahrzeiten- und Fahrtweitentabellen des Verkehrsmodells der Region Stuttgart (Analysezustand 2010) zur Verfügung gestellt.

## 3 Simulation

### 3.1 Datenbasis

Zur Überprüfung der Effizienz des entwickelten Planungsalgorithmus wurde ein Datensatz mit 164 realen Auslieferungsfahrten vom 27.10.2013 im Zeitfenster 18:00 – 23:00 Uhr von insgesamt 11 verschiedenen Restaurants bzw. Imbissstuben mit eigenem Lieferservice herangezogen.

Der Datensatz beinhaltet die Uhrzeit des Bestelleingangs, die Adresse des „Herstellers“, die Warenverpackungsart, die Uhrzeit der Warenbereitschaft sowie die Adresse des Kunden (Lieferadresse).

**Tabelle 3.1** Die ersten 5 Aufträge des Beispielliefertags im Stadtgebiet Stuttgart mit hoher Fahrtenauslastung

| # | Eingang | Adresse Abholung                | Bereitschaft | Adresse Ablieferung             |
|---|---------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| 1 | 18:01   | Neckarstraße<br>70190 Stuttgart | 18:10        | Am Mühlkanal<br>70190 Stuttgart |
| 2 | 18:04   | Rotebühlstr.<br>70178 Stuttgart | 18:04        | Urbanstr.<br>70182 Stuttgart    |
| 3 | 18:04   | Strohberg<br>70180 Stuttgart    | 18:14        | Rottannenweg<br>70184 Stuttgart |
| 4 | 18:20   | Rotebühlstr.<br>70178 Stuttgart | 18:20        | Rotebühlstr.<br>70178 Stuttgart |
| 5 | 18:21   | Neckarstraße<br>70190 Stuttgart | 18:31        | Landhausstr.<br>70188 Stuttgart |

Dem Scheduler werden diese Daten bei Bestellungseingang übermittelt, wobei die Warenverpackungsart außer Acht gelassen wird. Für die Bereitschaft der Ware wurde die angegebene Uhrzeit benutzt. Im Realbetrieb müsste der Hersteller eine geschätzte Warenverfügbarkeit angeben, alternativ könnten pauschal „x“ Minuten angesetzt werden.



Im Fall der ersten Bestellung ("DeliveryOrderId": 1) werden die Abhol- und Lieferadressen ("PickUpPosition": Neckarstraße 140a bzw. "DeliveryPosition": Am Mühlkanal 3) als x-y-Koordinaten ausgewiesen. Dem Kunden wird eine Zustell-dauer von 30 Minuten (abgehend von der Warenbereitstellung) bis max. 45 Minuten ("MaximumDelay": 15) zugesagt. Außerdem wird für den Abhol- und Zustell-vorgang (Parken, ein-/ausladen, Zugangszeit, ggf. Kassieren) eine Zeitdauer von 2 Minuten angesetzt ("ServiceTime": 2).

Im „Endeffekt“ hätte die ersten beiden Aufträge das Fahrzeug Nr. 1 übernommen. Bevor es Auftrag Nr. 1 ausgeliefert hätte, würde es noch Auftrag Nr. 5 aufnehmen. Auftrag Nr. 1 würde um voraussichtlich 18:44 zugestellt werden. Damit läge die Zustellung des Auftrags Nr. 1 zwar etwas über der angestrebten Zustelldauer von 30 Minuten (nach Warenbereitstellung), aber noch innerhalb des zulässigen Zeit-fensters von max. 45 Minuten, also keine „Verspätung“ (Delay = 0).

Mit zunehmender Anzahl an Auftragsanfrage werden der Umfang der aufgeführten, noch nicht zugestellten Bestellungen sowie die mit Aufträgen eingeplanten Fahrzeugrouten größer. Mit jeder Auftragsanfrage kann sich theoretisch die Vergabe von geplanten (noch nicht abgeholt) Aufträgen bzw. die Reihenfolge der Auslieferung bereits aufgenommenen Aufträge (unter Berücksichtigung der Constraints) ändern.

Neben den Bestelldaten wird die Position der insgesamt 10 Fahrzeuge ("Vehicles") und der aktuelle Status der Fahrzeuge (wie zugewiesene Lieferaufträge etc.) ermittelt. Wie oben bereits beschrieben wird für die erwartete Zustellzeit eine Fahrt-dauer aus der Fahrzeitentabelle des Verkehrsmodells der Region Stuttgart genutzt.

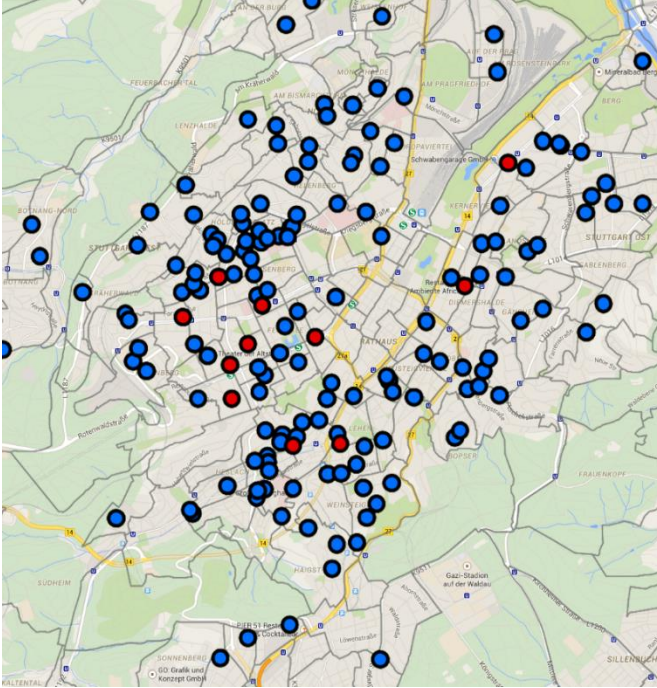
Für die Scheduler-Optimierung wurden die Fahrzeiten aus dem „belasteten“ Netz verwendet. Da es sich bei dem Testtag und den Testdaten um einen Sonntagabend handelte, sind die angenommenen Fahrzeiten wohl höher als in der Realität, da am Sonntagabend für gewöhnlich wenig Verkehr herrscht. Die Fahrzeiten aus dem „unbelasteten“ Netz kämen der Realität wahrscheinlich näher (wurde hier nicht näher untersucht).

Die Fahrtweiten unterscheiden sich hingegen zwischen unbelasteten und belaste-ten Netz nicht.

Um die Fahrzeiten zwischen simulierter Optimierung und tatsächlichen Fahrten vergleichbar zu machen, wurden für den „Vorher-Fall“ die Fahrzeiten ebenfalls aus der Fahrzeitentabellen des Verkehrsmodells übernommen. Dazu wurden die Start- und Endpunkte der Fahrten bzw. deren Koordinaten in ein GIS-Programm

(ArcGIS) übertragen, aus denen sich die jeweiligen Verkehrszellen zuordnen ließen (s. Abbildung Abbildung 3.1).

**Abbildung 3.1** [Übersicht bzw. grafische Zuordnung der Start- und Zielpunkte zu Verkehrszellen (rot = Restaurants, blau = Kunden)]



## 3.2 Auswertung

Für den Vergleich wurden mehrere Szenarien herangezogen:

- 1.) Für den „Selbstabholer“-Fall wurde angenommen, dass jeder Auftrag einzeln ausgeliefert wird. Bei diesem Szenario handelt es sich also um das maximal mögliche Optimierungspotenzial. Der Fall wurde mit den Fahrzeiten im belasteten als auch im unbelasteten Netz berechnet.
- 2.) Für den „Derzeitiges Vorgehen“-Fall wurde die tatsächliche Auslieferungsfolge angesetzt, da die einzelnen Lieferservices bereits heute eine gewisse Bündelung praktizieren in dem sie Lieferungen entsprechend des zeitlichen Eingangs und der Ausliefer-Region zusammenfassen. Dazu wurde der o.g. Realdatensatz vom Auftraggeber um Angaben zur Bündelung ergänzt. Der Fall wurde mit den Fahrzeiten im belasteten als auch im unbelasteten Netz berechnet.
- 3.) Für den optimierten, simulierten Fall wurden die sich endgültig ergebenden Fahrten aus der Ergebnisdatei verwendet. Der Fall wurde mit den Fahrzeiten im belasteten als auch im unbelasteten Netz berechnet (Anmerkung: Die Auftragsanfrage und die Optimierung unter Berücksichtigung der Constraints bezog sich auf die Fahrzeiten im belasteten Netz. Würde man den Algorithmus mit den Fahrzeiten aus dem unbelasteten Netz durchlaufen lassen, käme es vermutlich zu abweichenden Ergebnissen).

Für die Effizienzüberprüfung wurden nun die durch den Scheduler optimierten Fahrten (3) mit den Fahrten des o.g. Realdatensatzes ohne Bündelung (1) und mit realer Bündelung (2) verglichen. Dazu wurden den real durchgeführten Fahrten die Fahrzeiten und Fahrtweiten nach der Fahrtzeiten- und Fahrtweitentabelle des Verkehrsmodells zugeordnet und mit den Fahrzeiten und Fahrtweiten des Schedulers verglichen.

Die nachfolgende Ergebnistabelle gibt einen Überblick über die aufsummierten Fahrtweiten und Fahrzeiten:

**Tabelle 3.2** Auswirkung Planungsszenario auf Lieferfahrten

| Szenario | Gesamtfahrtweite | Gesamtfahrzeit<br>(unbelastetes Netz) | Gesamtfahrzeit<br>(belastetes Netz) |
|----------|------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.)      | 742 km           | 1.842 min                             | 2.011 min                           |
| 2.)      | 679 km           | 1.671 min                             | 1.837 min                           |
| 3.)      | 539 km           | 1.339 min                             | 1.466 min                           |

Verglichen mit dem Szenario (1), bei dem jeder Auftrag einzeln ausgeliefert würde, erreicht die derzeitige Bündelung (2) einiger Lieferdienste eine Reduktion von „nur“ rund 9 %. Mit der hier entwickelten optimierten Bündelung ließe sich ein dreifach höheres Einsparpotenzial erreichen.

Vergleicht man nur die Szenarien „derzeitige Teilbündelung“ (2) und optimierte Bündelung (3) ergibt sich eine Reduktion von gut 20 %.

**Tabelle 3.3** Vergleich Effizienz der Planungsszenarien

| Szenario                        | Fahrtweite       | Fahrzeit<br>(unbelastetes<br>Netz) | Fahrzeit<br>(belastetes<br>Netz) |
|---------------------------------|------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 2.) derzeitige<br>Teilbündelung | 100 %            | 100 %                              | 100 %                            |
| 3.) optimale<br>Disposition     | 79,5 % (-20,5 %) | 80,1 % (-19,9 %)                   | 79,8 % (-20,2 %)                 |

## 4 Validierungstests

Als nächster Schritt gilt es die Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit der Routenplanung zu belegen. Dazu wurden am 12. und 13.11.2014 die Reisezeiten für eine aus 31 einzelnen Stops bestehende Route quer durch das Stadtgebiet Stuttgart nach verschiedenen Methoden ermittelt und mit den Ergebnissen von realen Testfahrten verglichen. Diese 31 Strecken resultierten aus einer zufälligen Auswahl aus den möglichen Relationen zwischen den Binnen-Verkehrszellen des Verkehrsmodells der Region Stuttgart.

Für die genannten Relationen wurden Reisezeiten an den beiden Tagen 12. und 13. November 2014 nach folgenden Methoden ermittelt:

1. Reisezeitabelle nach Verkehrsmodell Stuttgart 2009 / 2010 für den Zustand „mit Verkehr“.
2. Reisezeiten nach Google Maps im Zeitraum 6:00 Uhr bis 10:30 Uhr und 15:00 Uhr bis 20:30 Uhr, alle 15 Minuten.
3. Reisezeiten nach TomTom analog des Vorgehens bei Google Maps alle 15 Minuten.
4. Reisezeiten durch Befahrung. In diesem Fall wurde für jede Relation mindestens eine Messfahrt durchgeführt. Aufgrund der Lage der Relationen im Stadtgebiet konnten einzelne Relationen mehr als einmal befahren werden.

Es wurden folgende Ergebnisse ermittelt:

Die Reisezeiten sind für die meisten Relationen durch deutliche Spitzen über den Tag gekennzeichnet. Für 29 der 31 Relationen liegt die maximale Reisezeit mehr als 5 Minuten über der minimalen Reisezeit dieser Relation. Dies ist überwiegend Ausdruck eines ausgeprägten Tagesgangs und erfordert für eine Logistiklösung eine geeignete tageszeitliche Differenzierung.

Die Auswertung der 31 ausgewählten Relationen zeigt starke Abweichungen zwischen gemessenen und mit dem Verkehrsmodell gerechneten Reisezeiten. Abweichungen treten dabei sowohl nach unten als auch nach oben auf. Dies bestätigt die Ergebnisse aus (1): Reisezeitabellen für einen Bündelliefersdienst erfordern schon aufgrund des ausgeprägten Tagesgangs eine tageszeitliche Differenzierung. Für dynamisch wirkende Störeinflüsse bedarf es darüber hinausgehend einer Dynamisierungslösung der Reisezeitabellen.

Vergleicht man die dynamischen Reisezeitprognosen von Google Maps und TomTom, so stellt man fest, dass von den 1.364 ermittelten Reisezeitwertepaaren je Anbieter nur ein Teil gut übereinstimmt. Die meisten Werte von TomTom liegen im minus 5-Minuten Bereich, was bedeutet, dass TomTom überwiegend niedrigere Reisezeiten prognostiziert als Google Maps. Wenn man 3 Minuten Unterschied als noch hinnehmbar ansetzte, dann würden 86% der Werte beider Anbieter übereinstimmen, aber immerhin 14% oder 200 Einzelwerte Unterschiede von mehr als 3 Minuten aufweisen. Das würde bedeuten, dass in 14% der Fälle die Zusage bezüglich Lieferzeiten ein hohes Risiko aufweist.

31 von 40 prognostizierten Reisezeiten oder 78% der von Google Maps vorhergesagten Reisezeiten liegen im  $\pm 5$ -Minuten-Korridor der gemessenen Reisezeiten. 22%, also 9 von 40 bzw. ein knappes Fünftel, liegt außerhalb. Im Durchschnitt werden zu geringe Reisezeiten prognostiziert. Die Ursache der Abweichungen konnte im Rahmen der Untersuchung nicht geklärt werden. Ebenso unterschätzt auch TomTom im Durchschnitt die realen Reisezeiten.

Wenn man die Relationen mit den stärksten Abweichungen zwischen Messung und Dienstleister-Prognose vergleicht, stellt man fest, dass es keine Übereinstimmung der Kombination „Relation und Uhrzeit“ gibt. Daraus folgt, dass keiner der Dienstleister auf Basis von Einzelfahrten ausreichend verlässliche Reisezeiten prognostizieren kann.

Das Hauptproblem bei der Nutzung der Reisezeittabellen des Verkehrsmodells liegt in deren unzureichenden zeitlichen Dynamik. Es soll untersucht werden, ob Reisezeittabellen unter Nutzung eines dynamisierten Verkehrsmodells, ggf. unter Nutzung von Messdaten der lokalen Messstationen, zuverlässig erzeugt werden können.

## 5 Zusammenfassung

Die positiven Ergebnisse der Studie zeigen ein deutliches Optimierungspotential durch den gewählten Ansatz der Cloud-basierten Routenplanung. Die entwickelte Lösung ist für den realen Einsatz im Bereich von Essens-Lieferdiensten geeignet. Die Optimierung längerer und komplexerer Routen mit einer höheren Anzahl an Stopps kann mit dem gewählten Ansatz jedoch nicht mit zufriedenstellender Pünktlichkeit durchgeführt werden. Der Grund hierfür liegt nicht im Konzept der Studie, sondern der nicht ausreichenden Präzision sämtlicher aktuell zur Verfügung stehenden Reisezeitprognosen. Die Studie zeigt einen deutlichen Bedarf an einer präzisen, Mittelwert-optimierten Reisezeitprognose unter Nutzung eines dynamischen Verkehrsmodells.

## Literatur

- [1] Seidel S.: „Güterverkehre des Handelssektors“, Fachtagung Wirtschaftsverkehr, 2013
- [2] Manner-Romberg H., Symanczyk W., Miller J., „Der KEP-Markt in Deutschland“. 2013, MRU GmbH: Hamburg. p. 1-18
- [3] Aufderheide, B. „Dynamische Tourenplanung“, 2009, Diplomarbeit Diplomica Verlag
- [4] Psaraftis, H.N., “Dynamic Vehicle Routing: Status and Prospects,” 1995, Annals of Operations Research 61, p. 143-164