



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Optimierung von LKW-Touren durch die Entwicklung eines Dashboards zur Identifikation von Restkapazitäten in der Transportlogistik

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirtsch.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Dipl.-Ing. Christoph Ecker

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Daniel Zöttl

1426396



Wien, im September 2021

Daniel Zöttl



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im September 2021

Daniel Zöttl

Danksagung

An der Stelle möchte ich mich bei allen Personen herzlich bedanken, die mich während meines Studiums und dem Verfassen dieser Arbeit unterstützt haben.

Allen voran, möchte ich mich bei meinen Eltern und meiner Schwester für den emotionalen Rückhalt und die bedingungslose Unterstützung während der gesamten Studienzeit bedanken. Ohne sie wäre mein Studienabschluss nicht möglich gewesen.

Weiters möchte ich mich bei meiner Freundin dafür bedanken, dass sie mir nach Rückschlägen stets zur Seite stand und mich in anstrengenden Phasen immer unterstützt und motiviert hat.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn Dr. Werner Kiehn, Geschäftsführer der casaGeo Data + Service GmbH, für die kostenlose Bereitstellung eines Software-Paketes bedanken. Ohne dem Software-Paket wäre die Diplomarbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinen Kollegen bei Fraunhofer Austria für ihre Menschlichkeit und die Bereitschaft, aufkommende Fragen jederzeit zu beantworten, bedanken.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer Dipl.-Ing. Christoph Ecker bedanken, der durch konstruktives Feedback für einen kontinuierlichen Fortschritt meiner Diplomarbeit gesorgt hat. Herzlichen Dank für die fachlich kompetente Unterstützung, die freundschaftliche Betreuung und die Zeit, die für mich aufgebracht wurde.

Kurzfassung

In den letzten Jahren reduzieren Unternehmen unterschiedlicher Branchen ihre Lagerkapazität stetig und setzen auf kurzfristige Lieferungen. Systeme zur Unterstützung der täglichen Abläufe in der Transportlogistik werden daher immer informationsintensiver und technologieabhängiger. Zwischen diesen Systemen existieren derzeit noch keine harmonisierten Schnittstellen sowie erforderliche Daten- und Kommunikationsstandards.

Dadurch findet zwischen Spediteuren und verladenden Unternehmen keine oder nur schwach ausgeprägte Kooperation statt, die für eine optimale Auslastung von Transportkapazitäten jedoch dringend erforderlich ist. Deshalb beträgt aktuell die durchschnittliche Auslastung von beladenen LKWs nur ca. 50 bis 55% der zur Verfügung stehenden Lademeter. Bezogen auf die gefahrenen Distanzen sind 25% der LKW-Fahrten, Leerfahrten. Dies führt zu erhöhten Emissionen von LKWs und der Verschwendung von zeitlichen und finanziellen Ressourcen.

Das Ziel dieser Arbeit ist die Optimierung der Auslastung von LKWs durch die Entwicklung eines Dashboards zur Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten. Logistikdienstleister sollen damit bei der Entscheidung, ob weitere Aufträge angenommen werden oder nicht, unterstützt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, werden zu Beginn der Arbeit die theoretischen Grundlagen der Transportlogistik erläutert. Im Anschluss wird eine State-of-the-Art Literaturrecherche zum Thema „Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten“ durchgeführt. Dadurch wird ermittelt, inwiefern digitale Plattformen aktuell zur Identifikation von freien Transportkapazitäten eingesetzt werden. Basierend auf den Ergebnissen der State-of-the-Art Recherche werden Anforderungen und Restriktionen abgeleitet und zur Entwicklung der zugrundeliegenden Logiken hinter dem Dashboard herangezogen. Der Fokus wird dabei auf die Erarbeitung eines Algorithmus gelegt, der in der Lage ist, Touren aus einem Transportnetzwerk zu identifizieren, mit denen bestimmte Ladungen kurzfristig transportiert werden können. Dies erfolgt durch die Berechnung verfügbarer Restkapazitäten in LKWs und den Distanzen zwischen dessen Stationen und dem Standort der Ladung. Die Touren werden im Anschluss so optimiert, dass trotz zusätzlicher Stationen die Gesamtstrecke minimiert wird. Zur Umsetzung des Algorithmus und der Visualisierung im Dashboard werden die Software-Pakete Alteryx Designer und Tableau Desktop verwendet. Abschließend wird das Dashboard durch die Anwendung im Transportnetzwerk eines österreichischen Spediteurs evaluiert und gezeigt, dass dessen Einsatz zur Optimierung des Auslastungsgrads von LKWs beitragen kann.

Abstract

In recent years, companies in various industries have been steadily reducing their storage capacity and relying on short-term deliveries. Systems to support daily processes in transport logistics are therefore becoming increasingly information-intensive and technology-dependent. Currently, there are no harmonized interfaces and required data and communication standards between these systems.

As a result, there is no or only weakly developed cooperation between forwarders and loading companies, which is, however, urgently required for optimal utilization of transport capacities. Therefore, the average utilization of loaded trucks is currently only about 50 to 55% of the available loading capacity. In terms of distances traveled, 25% of truck movements are empty runs. This leads to increased emissions of trucks and the waste of time and financial resources.

The aim of this work is to optimize the utilization of trucks by developing a dashboard for identifying, visualizing and optimizing tours with available residual capacities. Logistics service providers should thus be supported in deciding whether to accept further orders.

To achieve this objective, the theoretical basics of transport logistics are explained at the beginning of the thesis. Subsequently, a state-of-the-art literature research on the topic "Identification, visualization and optimization of tours with available residual capacities" is conducted. This will determine the extent to which digital platforms are currently used to identify available transportation capacity. Based on the results of the state-of-the-art research, requirements and restrictions will be derived and used to develop the enabling logic behind the dashboard. The focus will be on the development of an algorithm that is able to identify tours from a transport network with which specific loads can be transported at short term. This is done by calculating available residual capacities in trucks and the distances between their stations and the location of the load. The tours are then optimized to minimize the total distance despite additional stations. The Alteryx Designer and Tableau Desktop software packages are used to implement the algorithm and the visualization in the dashboard. Finally, the dashboard is evaluated by applying it to the transport network of an Austrian forwarder and it is shown that its use can contribute to the optimization of truck utilization rates.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation und Problemstellung.....	1
1.2	Forschungsfragen und Ziele der Arbeit	3
1.3	Lösungsansatz und Aufbau der Arbeit.....	3
2	Transportlogistik.....	6
2.1	Begriffsdefinition	6
2.2	Einordnung der Transportlogistik.....	8
2.3	Verkehrs- und Transportsysteme	13
2.4	Straßengüterverkehr.....	15
2.4.1	Transportmittel und Aufbauten.....	18
2.4.2	Transportprozess	23
2.5	Disposition verfügbarer Kapazitäten in der Transportlogistik.....	37
2.5.1	Begriffsabgrenzung und Aufgaben der Disposition	37
2.5.2	Akteure der Transportlogistik	39
2.5.3	Informations- und Kommunikationssysteme	43
3	State-of-the-Art „Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten“	48
4	Entwicklung eines Dashboards zur Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten.....	63
4.1	Anforderungen an das Dashboard	63
4.2	Auswahl und Beschreibung der verwendeten Software	65
4.2.1	Alteryx Designer.....	65
4.2.2	Tableau Desktop.....	70
4.3	Entwicklung der Methode des Dashboards	74
4.3.1	Datenaufbereitung	74
4.3.2	Matching-Algorithmus	75
4.3.3	Tourenoptimierung.....	78
4.3.4	Visualisierung.....	81
4.4	Umsetzung der Programmierung	82
4.4.1	Datenaufbereitung	83
4.4.2	Matching-Algorithmus und Tourenoptimierung	91

4.4.3	Visualisierung.....	103
5	Evaluierung des entwickelten Dashboards	109
5.1	Beschreibung des Unternehmens	109
5.2	Problemstellung.....	110
5.3	Anwendung des Dashboards	111
5.3.1	Originaltouren	111
5.3.2	Neue Touren.....	112
5.4	Ergebnisse und Fazit des Fallbeispiels	118
5.4.1	Ergebnisse.....	118
5.4.2	Fazit.....	119
6	Auswertung und Resultate	121
6.1	Resultate	121
6.2	Ausblick.....	123
7	Anhang.....	125
7.1	Experteninterview	125
7.2	Vergrößerte Darstellungen	129
8	Literaturverzeichnis.....	138
8.1	Verwendete Literatur	138
8.2	Internetquellen.....	142
8.3	Experteninterview.....	143
9	Abbildungsverzeichnis	144
10	Tabellenverzeichnis	147
11	Abkürzungsverzeichnis.....	148

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

In den letzten Jahren haben Unternehmen unterschiedlicher Branchen versucht Kosten zu senken, indem sie ihre Lagerkapazität stetig reduzieren und auf kurzfristige Lieferungen setzen. Dies betrifft zum einen die Beschaffung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen und zum anderen den Abtransport von fertigen Produkten. Durch die geringeren Lagerkapazitäten erhöht sich das Risiko von Produktions- bzw. Verkaufsausfällen. Um dem entgegenzuwirken, wird die Transportlogistik und die damit verbundene Planung logistischer Distributionssysteme zu einem immer wichtigeren Faktor.^{1 2}

Durch die zunehmende Digitalisierung moderner Logistikketten wird das Planungssystem, das zur Unterstützung der täglichen Abläufe eingesetzt wird, immer informationsintensiver und technologieabhängiger. Große verladende Unternehmen und Spediteure wollen je nach Szenario Entscheidungen in Echtzeit treffen, um einerseits die Qualität und Transparenz der Lieferungen zu erhöhen und andererseits die Gesamtprozesskosten zu reduzieren. Dafür entwickeln sie sogenannte Supply-Chain-Event-Management (SCEM)-Systeme.^{3 4}

Damit diese Systeme funktionieren, ist der Informationsaustausch zwischen Spediteuren und Verladern ein entscheidender Faktor. Das Problem ist, dass derzeit noch keine harmonisierten Schnittstellen sowie erforderliche Daten- und Kommunikationsstandards existieren und dadurch die datengetriebene Wertschöpfung entlang der Transportkette nur sehr schwach ausgeprägt ist. Folglich müssen mittelständische Spediteure unterschiedliche Softwarevarianten einsetzen, die jeweils verschiedene Schnittstellen und Datenbanken verwenden. Die dadurch notwendige Übertragung von Daten, von einem System in ein anderes, führt zu ineffizienter, manueller Routinearbeit.^{5 6}

Neben der mangelnden Verknüpfung bestehender Systeme stellen die fehlende Prozessdokumentation und die unzureichende Transparenz der Transportkette weitere Probleme dar. Dies wird durch die Tatsache verschärft, dass beteiligte Transportunternehmen oftmals vertrauliche und betriebsinterne Daten nicht zur Verfügung stellen wollen. Dadurch findet zwischen Spediteuren und Verladern keine

¹ vgl. *Meier, A./Portmann, E.*, 2016, S. 240

² vgl. *Hompel, M. ten et al.*, 2020, S. 5

³ vgl. *Heinbach, C. et al.*, 2020a, S. 460

⁴ vgl. *Feng, F. et al.*, 2017b, S. 551

⁵ vgl. *Heinbach, C. et al.*, 2020a, S. 458

⁶ vgl. *Gansterer, M. et al.*, 2020a, S. 1

oder nur schwach ausgeprägte Kooperation statt, die für eine optimale Auslastung von Transportkapazitäten jedoch notwendig ist.^{7 8}

Die daraus resultierenden Folgen sind für die Nutzung verfügbarer LKW-Kapazitäten dramatisch. Die durchschnittliche Auslastung von beladenen LKWs beträgt nach Lademetern nur ca. 50 bis 55 Prozent. Des Weiteren werden 25 Prozent der gefahrenen Kilometer in Form von Leerfahrten zurückgelegt. Dies führt zu erhöhten Emissionen von LKWs und der Verschwendung von zeitlichen und finanziellen Ressourcen.^{9 10}

Transportmittel effizient auszulasten und gleichzeitig die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit zu gewährleisten, wird durch folgende Punkte zusätzlich erschwert:^{11 12}

- Die Anzahl kurzfristiger Lieferaufträge von Stückgütern steigt kontinuierlich. Die dabei eingesetzten Transportmittel sind schlechter ausgelastet als bei langfristigen Lieferaufträgen.¹³
- Transportmittel sind bezüglich des maximalen Transportvolumens und des maximalen Transportgewichts begrenzt. Durch schwere Transportgüter wird oft nicht das zur Verfügung stehende Volumen genutzt, durch großvolumige Transportgüter nicht das zulässige Maximalgewicht.¹⁴
- Unternehmen, die kostengünstige Produkte wie Baustoffe (z.B. Ziegel, Styropor) herstellen, erschließen neue Produktionsstandorte, um weitere Märkte wirtschaftlich erreichen zu können. Die damit verbundenen Transporte in weiter entfernte Regionen sind aufgrund der hohen Transportkosten nicht rentabel und ineffizient.
- Die Fähigkeit Transporte zu kombinieren ist nicht gegeben, wodurch Leerfahrten auftreten. Nachhaltige und effiziente Rücktransporte sind in aktuellen Transportketten nicht vorhanden.¹⁵
- Die mangelnde Datenverfügbarkeit und -weitergabe zwischen den Akteuren der Transportkette erhöht die Komplexität und den Steuerungsaufwand.¹⁶

⁷ vgl. *Heinbach, C. et al.*, 2020a, S. 462

⁸ vgl. *Gansterer, M. et al.*, 2020a, S. 1

⁹ vgl. *Daudi, M./Thoben, K.-D.*, 2020b, S. 102

¹⁰ vgl. *Schlott, S.*, 2017, S. 9

¹¹ vgl. *Allaoui, H. et al.*, 2019, S. 761

¹² vgl. *He, P. et al.*, 2019, S. 1

¹³ vgl. *Grazia Speranza, M.*, 2018, S. 833

¹⁴ vgl. *Rizet, C. et al.*, 2012, S. 185

¹⁵ vgl. *Schulte, F. et al.*, 2017, S. 204

¹⁶ vgl. *Gardner, T. et al.*, 2019, S. 173

1.2 Forschungsfragen und Ziele der Arbeit

Ausgehend von der dargelegten Problemstellung lässt sich die Zielsetzung dieser Diplomarbeit ableiten: Das Ziel ist die Optimierung aktuell nicht genutzter Ressourcen in der Transportlogistik durch die Identifikation von LKW-Touren, die über Restkapazitäten verfügen. Diese Zielsetzung soll mittels eines Optimierungsalgorithmus und der grafischen Ausgabe in einem Dashboard erreicht werden.

Die damit verknüpften Sub-Ziele dieser Arbeit sind:

- Steigerung der Effizienz und Transparenz der Transportkette
- Reduktion von Emissionen
- Verbesserung der Lieferqualität durch die Erhöhung der Nutzbarkeit vorhandener Daten sowie der Integration neuer Daten
- Validierung der in dieser Arbeit entwickelten Methode im Rahmen eines datengetriebenen Fallbeispiels

Um diese Zielsetzungen zu erreichen sollen folgende Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie werden freie Transportkapazitäten identifiziert und welche unternehmensübergreifenden Plattformen und Schnittstellen werden zur Nutzung von Restkapazitäten verwendet?
- Inwiefern kann ein Dashboard zur Identifikation und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten zur Erhöhung der Auslastung von LKWs beitragen?

1.3 Lösungsansatz und Aufbau der Arbeit

Um die formulierten Forschungsfragen beantworten zu können und die Ziele der Diplomarbeit zu erfüllen, wird die deduktive Forschungsmethode angewandt. Dabei wird von allgemeinen Schlussfolgerungen auf das Spezifische geschlossen:

- Beginnend mit der Erläuterung der theoretischen Grundlagen zum Thema "Transportlogistik" wird im Anschluss eine State-of-the-Art Literaturrecherche zum Thema „Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten“ durchgeführt. Dadurch soll ermittelt werden, ob und in welcher Form, digitale Plattformen bereits zur Identifikation von freien Transportkapazitäten eingesetzt werden und ob die Touren entsprechend optimiert werden. Zusätzlich zur Literaturrecherche wird auch ein Experteninterview durchgeführt, um aktuelle Herausforderungen in Transportnetzwerken aufzuzeigen und optimieren zu können.

- Der zentrale Teil dieser Diplomarbeit besteht aus der Entwicklung eines Algorithmus, zur Identifikation freier LKW-Transportkapazitäten. Die Touren der LKWs mit Restkapazitäten sollen im Anschluss für die Aufnahme zusätzlicher Ladungen optimiert und in einem Dashboard visualisiert werden.
- Zur Validierung werden im Rahmen eines Fallbeispiels mit Datensätzen eines österreichischen Spediteurs die im Dashboard integrierten Funktionen evaluiert und die Ergebnisse dokumentiert. Dadurch soll festgestellt werden, ob die entwickelte Methode die Ziele der Arbeit erfüllt und entsprechend der Forschungsfragen, zur Erhöhung des Auslastungsgrads von LKWs beitragen kann.

Abbildung 1-1 zeigt den Aufbau der Arbeit in graphischer Form.

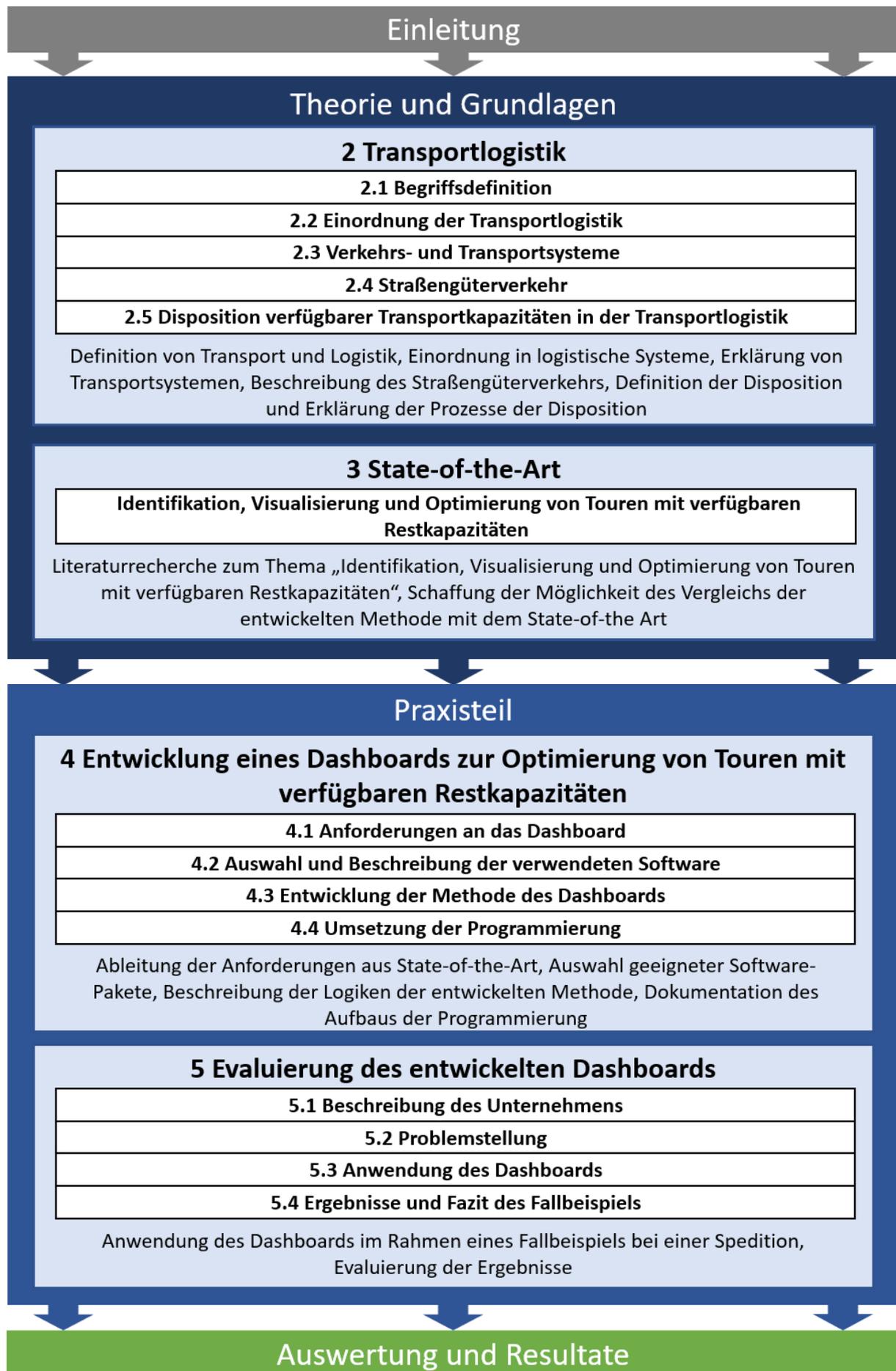


Abbildung 1-1: Aufbau der Diplomarbeit

2 Transportlogistik

In diesem Kapitel werden zunächst kurze Einführungen in die Begriffe und Einordnung der Transportlogistik gegeben und anschließend theoretische Grundlagen für die weitere Arbeit bezüglich Verkehrs- und Transportsysteme sowie dem Straßengüterverkehr erklärt. Abschließend wird die Disposition von verfügbaren Transportkapazitäten näher erläutert.

2.1 Begriffsdefinition

Der Begriff Transportlogistik setzt sich aus den beiden Wörtern „Transport“ und „Logistik“ zusammen, deren Bedeutung folgendermaßen definiert wird.

Transport

Die vielfältigen Aufgaben des Transports und der sprachlich oftmals synonyme Gebrauch von Verkehr und Transport, führen trotz zahlreicher Definitionen zu einem sehr unterschiedlichen Verständnis des Begriffs Transport und keiner einheitlichen Abgrenzung von Transport und Verkehr. Eine hilfreiche Betrachtung, um Transport von Verkehr abzugrenzen, ist wie in Abbildung 2-1 dargestellt, Transporte als eine Teilmenge der Verkehrsvorgänge zu sehen und diese in weiterer Folge als Teilmenge logistischer Prozesse. ^{17 18}

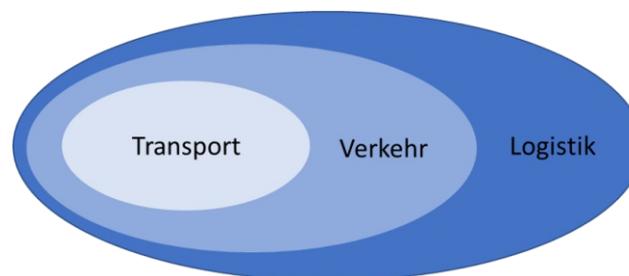


Abbildung 2-1: Hierarchie der Bereiche Transport, Verkehr und Logistik ¹⁹

Im Sinne eines Teilsystems des Verkehrs wird Transport als Ortsveränderung von Gütern definiert, die mittels Transportmittel durchgeführt wird. ²⁰ Dies ist prinzipiell gegeben, sobald ein Gut von Ort A nach Ort B bewegt wird. Somit beinhaltet Transport alle Prozesse, welche die Raumkoordinaten von Gütern verändern. Grundsätzlich unterscheidet man zwischen innerbetrieblichem und außerbetrieblichem Transport. ²¹

22

¹⁷ vgl. Koch, S., 2012, S. 66

¹⁸ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 6

¹⁹ in Anlehnung an Koch, S., 2012, S. 66

²⁰ vgl. Clausen, U., 2013, S. 3

²¹ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 5

²² vgl. Pfohl, H.-C., 2018, S. 169

Als innerbetrieblicher Transport wird der Transport von Gütern innerhalb eines Werks, zwischen verschiedenen Produktionsorten und Lagerhäusern verstanden. Auch der Transport zwischen verschiedenen Bereichen innerhalb eines Lagerhauses wird als innerbetrieblicher Transport bezeichnet.²³

Als außerbetrieblichen Transport versteht man hingegen den Transport von Gütern vom Lieferanten zum Abnehmer oder unternehmensintern, zwischen verschiedenen Werken und Lagerhäusern.²⁴ Er findet im Freien statt und erfolgt in der Regel unter der Nutzung der öffentlichen Verkehrsinfrastruktur. Deshalb wird außerbetrieblicher Transport auch als Güterverkehr bezeichnet.²⁵

Als Abgrenzung zum Transport dient der Verkehr dem Verbraucher bei der Raumüberwindung und verknüpft die Güterentstehung mit der Güterverwendung. Die Raumüberbrückung, sprich der Transport, ist in diesem Prozess jedoch zeitlich definiert und ist Teil der Verkehrsleistung. Die Verkehrsleistung an sich beinhaltet somit noch weitere Leistungsaspekte, die über die Transportleistung hinausgehen.²⁶

Logistik

Eine einheitliche Definition des Begriffs Logistik gibt es in der Betriebswissenschaft nicht. Es haben sich unterschiedliche Definitionsansätze etabliert, von denen zwei häufig in der Literatur zu finden sind: Der flussorientierte Ansatz und der koordinierungs- und dienstleistungsorientierte Ansatz.²⁷

Im flussorientierten Ansatz werden die Mobilisation und der Fluss von Objekten in Netzen, Fließsystemen und Prozessen in den Vordergrund gerückt und dessen dynamischen Aspekte betont.²⁸ Pfohl definiert den Begriff Logistik im Sinne eines flussorientierten Definitionsansatzes folgendermaßen:

„Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die die raumzeitliche Gütertransformation und die damit zusammenhängenden Transformationen hinsichtlich der Gütermengen und -sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert oder kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluss in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet.“

²⁹

²³ vgl. Pfohl, H.-C., 2018, S. 168

²⁴ vgl. ebenda, S. 168

²⁵ vgl. Clausen, U., 2013, S. 3

²⁶ vgl. Muchna, C. et al., 2018, S. 13

²⁷ vgl. Koch, S., 2012, S. 6

²⁸ vgl. Klaus, P. et al., 2012, S. 330f.

²⁹ Pfohl, H.-C., 2018, S. 12

Der koordinierungs- und dienstleistungsorientierte Ansatz betont hingegen die ganzheitliche Optimierung verschiedener Funktionen im Unternehmen, wie z.B. die Produktions-, Beschaffungs- und Distributionsfunktionen und die dafür notwendigen steuernden und planenden Aktivitäten des Koordinierens.³⁰ Eine Definition der Logistik im Sinne des koordinierungs- und dienstleistungsorientierten Ansatzes nach Weber und Kummer lautet:

„Logistik ist das Management von Prozessen und Potenzialen zur koordinierten Realisierung unternehmensweiter und unternehmensübergreifender Materialflüsse und der dazugehörigen Informationsflüsse (Prozessmanagement der Wertschöpfungskette).“³¹

Transportlogistik

Die Transportlogistik, auch Verkehrslogistik oder Güterverkehr genannt, bezeichnet im Rahmen des volkswirtschaftlichen Verkehrssystems, die Organisation und den Transport von Waren oder Gütern im Sinne des außerbetrieblichen Transports. Darunter fallen die Planung, Steuerung und Abwicklung von Material-, Ver- und Entsorgungstransporten sowie Teile- und Erzeugnistransporte. Des Weiteren schließt sie alle dazu notwendigen Informationsflüsse unter Berücksichtigung der erforderlichen Verkehrsträger ein, mit dem Ziel den Materialfluss zu beschleunigen und das Transportaufkommen sowie den Gesamtaufwand der Transportprozesse zu minimieren.^{32 33}

2.2 Einordnung der Transportlogistik

Güter werden durch Verbrauchs- und Gebrauchsprozesse in privaten Haushalten sowie in Dienstleistungs-, Handels- oder Industrieunternehmen verwendet. Um die Güterbereitstellung mit der Güterverwendung zu verknüpfen, bedarf es der Güterverteilung. Sie erfolgt durch Transformationsprozesse, genauer Lager- und Bewegungsprozesse, welche die Güter zwar raumzeitlich, aber nicht qualitativ verändern. Systeme, in denen diese Gütertransformationen stattfinden, nennt man Logistiksysteme.³⁴

Die Einordnung dieser Logistiksysteme erfolgt nach dem Betrachtungsumfang und bezieht sich dabei entweder auf funktionelle oder auf institutionelle Aspekte. Während sich die institutionelle Sichtweise auf die Anzahl und die Art der betrachteten

³⁰ vgl. Klaus, P. et al., 2012, S. 330f.

³¹ Weber, J./Kummer, S., 1990, S. 256

³² vgl. Gudehus, T., 2012a, S. 6

³³ vgl. Linke, R., 2014, S. 22f.

³⁴ vgl. Pfohl, H.-C., 2018, S. 3

Institutionen des Systems fokussiert, orientiert sich die funktionelle Abgrenzung am Güterfluss und den dazugehörigen Phasen.³⁵

Gemäß der institutionellen Sichtweise lassen sich makro-, mikro- und mesologistische Systeme unterscheiden.³⁶ Zu makrologistischen Systemen zählen gesamtwirtschaftliche Logistiksysteme, welche die gesamte Volkswirtschaft betreffen, z.B. nationale oder internationale Güterverkehrssysteme. Die Mikrologistik umfasst hingegen Systeme einzelwirtschaftlicher Art.³⁷

Als System der Makrologistik versteht man das Verkehrssystem einschließlich der gesamten Infrastruktur, die für die Zwischenlagerung und den Umschlag von Gütern notwendig ist.³⁸ Zu diesem Verkehrssystem gehören das Verkehrsnetz bestehend aus Wasser-, Luft-, Schienen-, und Straßenwegen sowie alle Prozesse des individuellen und öffentlichen Personen- und Güterverkehrs.³⁹

Logistische Systeme einzelner Unternehmen oder Subsysteme davon, betrachten hingegen einzelwirtschaftliche Ebenen der Logistik und werden somit als mikrologistisches System bezeichnet. Dies betrifft die individuelle Logistik sowohl öffentlicher als auch privater Organisationen.⁴⁰ Mikrologistik findet vor allem in Dienstleistungs-, Industrie- und Handelsunternehmen statt.⁴¹ Bei Industrie- und gegebenenfalls auch Handelsunternehmen ist es zudem sinnvoll zwischen innerbetrieblicher und zwischenbetrieblicher Logistik zu differenzieren.⁴² Die Mikrologistik umfasst Umschlag- und Lagerprozesse im Unternehmen sowie alle Transporte in, zu und vom Unternehmen. Sie sind bei Handels- und Industrieunternehmen als notwendige Servicefunktion zu betrachten, um die primären Prozesse der Produktion, Beschaffung und des Absatzes zu ermöglichen.⁴³ In Logistik-Dienstleistungsunternehmen ist die Logistik als Primärleistung zu sehen und stellt somit die eigentliche Betriebstätigkeit dar.⁴⁴ Derartige Unternehmen bilden als Solches ein Logistiksystem.⁴⁵

Makro- und Mikrologistik sind oft eng miteinander verknüpft. Elemente der logistischen Infrastruktur, wie Umschlagsanlagen oder Straßen, werden teilweise von privaten Unternehmen errichtet und betrieben. Sie müssen wiederum sinnvoll in das Gesamtkonzept der Makrologistik integriert werden, da die Durchführung und

³⁵ vgl. *Winter, F.*, 2008, S. 32

³⁶ vgl. *Fleischmann, B.*, 2018, S. 3

³⁷ vgl. *Winter, F.*, 2008, S. 32f.

³⁸ vgl. *Gudehus, T.*, 2012a, S. 4

³⁹ vgl. *Fleischmann, B.*, 2018, S. 3

⁴⁰ vgl. *Muchna, C. et al.*, 2018, S. 15

⁴¹ vgl. *Aberle, G.*, 2009, S. 505

⁴² vgl. *Winter, F.*, 2008, S. 33f.

⁴³ vgl. *Gudehus, T.*, 2012a, S. 5

⁴⁴ vgl. *Muchna, C. et al.*, 2018, S. 15

⁴⁵ vgl. *Fleischmann, B.*, 2018, S. 3

Effektivität mikrologistischer Prozesse auch von der Qualität der makrologistischen Infrastruktur abhängen. ⁴⁶

Eine weitere Abgrenzung bringt die Mesologistik mit sich, die wirtschafts- und unternehmensübergreifende Logistikbeziehungen betrachtet. Logistische Verflechtungen z.B. eines Industrieunternehmens, seiner Kunden und Lieferanten sowie des beauftragten Logistikdienstleisters, finden oft zusammen mit Handelsunternehmen oder auch zwischen Verladern und Speditionsunternehmen untereinander statt. ⁴⁷ Dadurch wird eine Kooperation zwischen Handels- und Industrieunternehmen zur Auslieferung ihrer Waren möglich. Fasst man beide Segmente zusammen, spricht man von der verladenden Wirtschaft. ⁴⁸ Mesologistische Systeme sind nach der vorliegenden Betrachtungsebene zwischen Systemen der Makro- und Mikrologistik einzuordnen. ⁴⁹

In Abbildung 2-2 ist die weitere Unterteilung der Systeme Makro-, Mikro- und Mesologistik dargestellt. So können Industrie-, Handels- und Dienstleistungslogistik beispielsweise der Unternehmenslogistik zugeordnet werden, die wiederum als Unterkategorie der Mikrologistik zu sehen ist. Auf der Seite der Mesologistik wird je nach Ausprägung der Zusammenarbeit zwischen der Kooperation der verladenden Wirtschaft, der Kooperation von Logistikunternehmen oder einer bereichsübergreifenden Kooperation zwischen diesen Segmenten unterschieden.

Die Transportlogistik ist nach der in Abbildung 2-2 dargestellten, institutionellen Sichtweise somit grundsätzlich dem Bereich des volkswirtschaftlichen Verkehrssystems, sprich der Makrologistik und Mesologistik, zuzuordnen. ⁵⁰

⁴⁶ vgl. *Muchna*, C. et al., 2018, S. 15

⁴⁷ vgl. *Aberle*, G., 2009, S. 505

⁴⁸ vgl. *Muchna*, C. et al., 2018, S. 15

⁴⁹ vgl. *Winter*, F., 2008, S. 33f.

⁵⁰ vgl. *Muchna*, C. et al., 2018, S. 107

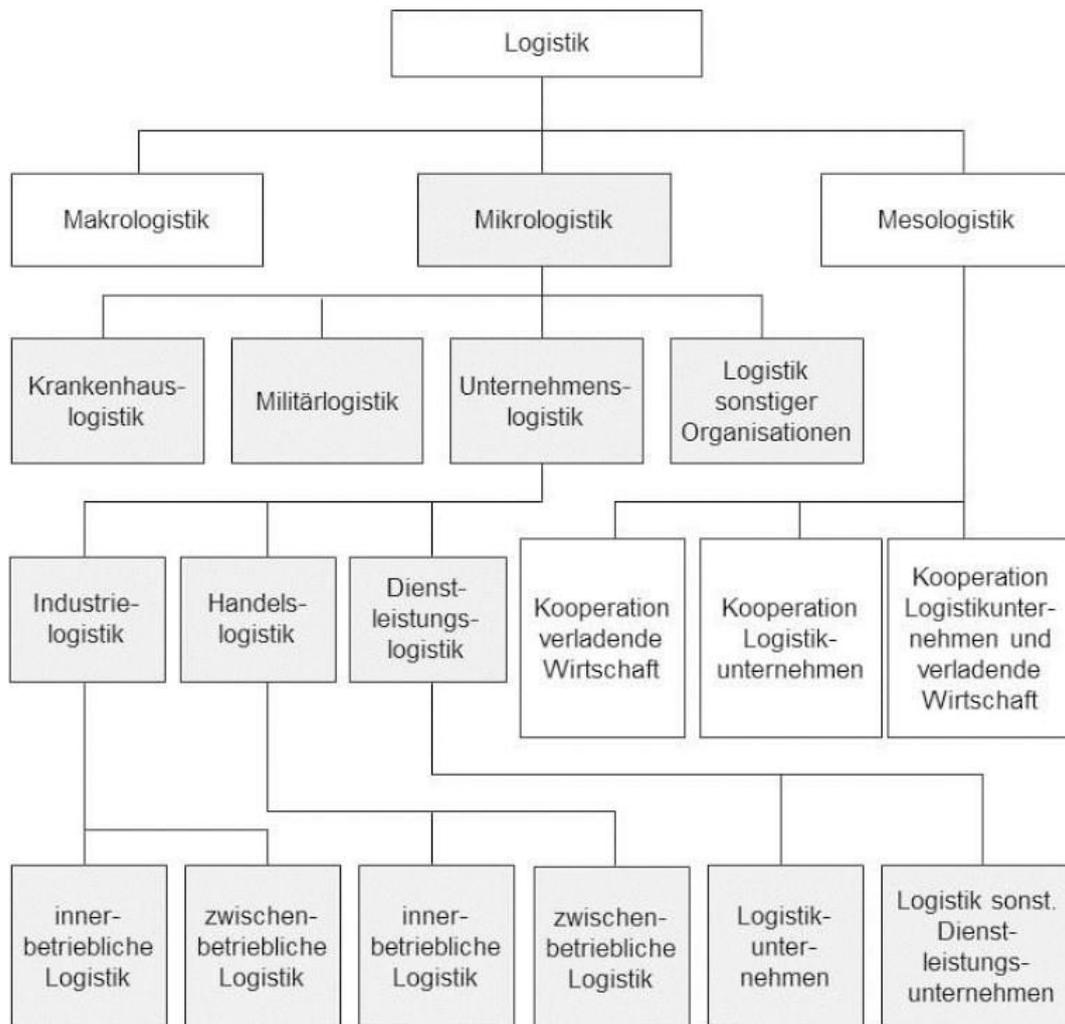


Abbildung 2-2: Institutionelle Abgrenzung von Logistiksystemen ⁵¹

Im Sinne der Abgrenzung nach funktionellen Aspekten lassen sich orientiert an den verschiedenen Phasen des Güterflusses eines Industrieunternehmens, entsprechende Logistik-Subsysteme bilden. Sie reichen vom Beschaffungsmarkt über die Produktion bis hin zum Absatz: ^{52 53}

- Beschaffungslogistik: Die Beschaffungslogistik befasst sich mit der bedarfsgerechten Beschaffung der für die Produktion erforderlichen Güter und umfasst dabei den Abschnitt vom Lieferanten bis zum Werk. ^{54 55}
- Produktionslogistik: Die Produktionslogistik behandelt die Planung des Materialflusses sowie dessen Überwachung und Steuerung im

⁵¹ Pfohl, H.-C., 2018, S. 15

⁵² vgl. Winter, F., 2008, S. 34f.

⁵³ vgl. Linke, R., 2014, S. 12

⁵⁴ vgl. Wehking, K.-H., 2020a, S. 40

⁵⁵ vgl. Gudehus, T., 2012a, S. 5f.

Produktionsprozess. Sie beginnt beim Rohmaterial und endet mit dem fertigen Produkt, im Fertigwarenlager. ^{56 57}

- Distributionslogistik: Die Distributionslogistik beschäftigt sich mit allen Tätigkeiten, welche für die Belieferung der Kunden mit Erzeugnissen erforderlich sind. Sie beinhaltet somit die Auslieferung der Waren, beginnend bei den Betrieben bis zu den Empfängern. ^{58 59}
- Entsorgungslogistik: Die Entsorgungslogistik ist für die Entsorgung bzw. Rückführung von Konsumabfällen, Produktionsrückständen, Verpackungsmaterialien, verbrauchte Güter, Leergut und Reststoffen zuständig. Sie müssen entsprechend abtransportiert, zwischengelagert und für eine mögliche Wiederverwendung aufbereitet und zugeführt werden oder in einem Endlager dauerhaft deponiert werden. ⁶⁰

Wie in Abbildung 2-3 ersichtlich, beinhaltet die Unternehmenslogistik sowohl die innerbetriebliche- oder Intralogistik als auch die außerbetriebliche Logistik. Die Intralogistik verbindet den Wareneingang mit dem Warenausgang eines Werkes sowie dessen interne Quellen und Senken. Die außerbetriebliche Logistik setzt sich hingegen mit der Verbindung von Warenausgängen und Wareneingängen verschiedener Werke, Betriebe und Logistikstandorten auseinander. Sie wird in diesem Zusammenhang entsprechend des Güterflusses in zulaufender Richtung als Beschaffungslogistik, in auslaufender Richtung als Distributionslogistik und in rücklaufender Richtung als Entsorgungslogistik bezeichnet. ⁶¹

Logistik, die sich auf Transferbeziehungen zwischen mehreren Produktionsstandorten fokussiert, kann als Zwischenwerkslogistik bezeichnet und als eigenes Subsystem gesehen werden. ⁶²

Nach Pfohl ergibt sich am Beispiel eines Industrieunternehmens die in Abbildung 2-3 dargestellte, funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen.

⁵⁶ vgl. Linke, R., 2014, S. 12

⁵⁷ vgl. Wehking, K.-H., 2020a, S. 53

⁵⁸ vgl. Linke, R., 2014, S. 12

⁵⁹ vgl. Gudehus, T., 2012a, S. 5f.

⁶⁰ vgl. Wehking, K.-H., 2020a, S. 73

⁶¹ vgl. Gudehus, T., 2012a, S. 5f.

⁶² vgl. Winter, F., 2008, S. 34f.

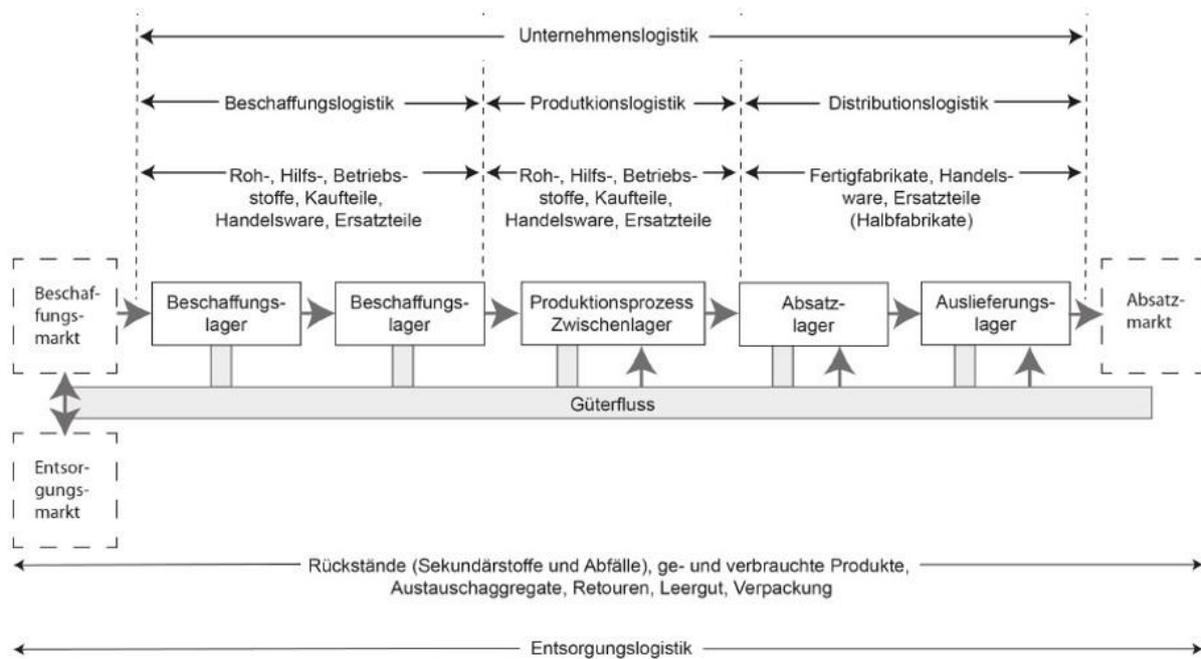


Abbildung 2-3: Funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen ⁶³

Die Transportlogistik wird in der Wissenschaft überwiegend nicht der Unternehmenslogistik zugeteilt. Das liegt daran, dass nicht alle Unternehmen einen eigenen Fuhrpark besitzen und Tätigkeiten der Transportlogistik an Dienstleister und Spediteure vergeben werden. Sie wird nach der funktionellen Sichtweise deshalb als Verbindung zwischen den Kernbereichen Beschaffungs-, Distributions- und Entsorgungslogistik gesehen. ⁶⁴

2.3 Verkehrs- und Transportsysteme

Das Güterverkehrssystem besteht aus den Verkehrsträgern und den dazugehörigen Verkehrsmitteln sowie der Verkehrsinfrastruktur. ⁶⁵ Die Infrastruktur enthält vor allem die ortsfesten Verkehrswege und Verkehrsknotenpunkte des Verkehrssystems, wie z.B. Flughäfen, Rohrleitungssysteme, Binnenwasserstraßen oder Straßen- und Schienennetze. ⁶⁶ Unter Verkehrsträger versteht man die Gesamtheit der Technologien, die im Verkehrssystem aufeinander abgestimmt sind und die Durchführung von Transportleistungen ermöglichen. ⁶⁷ Unternehmen die Transportleistungen anbieten bedienen sich somit der Verkehrsinfrastruktur und der Verkehrsträger des Güterverkehrssystems. ⁶⁸

⁶³ in Anlehnung an Pfohl, H.-C., 2018, S. 19

⁶⁴ vgl. Wehking, K.-H., 2020a, S. 39

⁶⁵ vgl. Koch, S., 2012, S. 67

⁶⁶ vgl. Kummer, S., 2018, S. 359

⁶⁷ vgl. Wehking, K.-H./Hager, H.-J., 2020, S. 743

⁶⁸ vgl. Koch, S., 2012, S. 67

Diese Sichtweise, Transporte als Teil der Verkehrsvorgänge zu definieren, wurde bereits in Kapitel 2.1. erläutert. Im Folgenden werden daher Transportsysteme als Teil des Güterverkehrssystems verstanden.

Transporte können je nach Transportobjekt in Personentransporte und Gütertransporte unterschieden werden, in diesem Kapitel werden ausschließlich Letztere betrachtet. Sie werden innerhalb des Güterverkehrssystems mittels Transportsysteme durchgeführt. Unter Transportsysteme versteht man alle organisatorischen und technischen Einrichtungen, die zur Abwicklung der Ortsveränderung von Gütern erforderlich sind und deren Kooperation.⁶⁹ Sie dienen der Überwindung der Distanzen zwischen den Quellen oder Eingangsstationen und den Senken oder Ausgangsstationen eines Logistiknetzwerks.⁷⁰

Transportsysteme bestehen immer aus dem Transportmittel, dem Transportprozess und einem Transportgut.⁷¹ Transportmittel werden entsprechend der geeigneten Verkehrsträger und -wege gewählt und dienen der Aufnahme und Beförderung von Gütern, innerhalb der jeweiligen Verkehrsträger. Dazu zählen beispielsweise die Bahn im Schienenverkehr, LKWs im Straßenverkehr, Schiffe im Seeverkehr oder Flugzeuge im Luftfrachtverkehr.⁷² Die von den Transportmitteln erbrachte Leistung wird als Transportleistung bezeichnet⁷³ und berechnet sich aus dem Produkt der Transportentfernung und dem beförderten Gewicht. Sie wird in Tonnenkilometern (tkm) angegeben.⁷⁴ Der Transportprozess beschreibt hingegen die Ablauforganisation des Gütertransports. Er setzt sich aus der Transportkette und dem Transportnetz zusammen.⁷⁵

Transportsysteme werden, wie in Abbildung 2-4 dargestellt, zunächst in die drei Unterkategorien des Güterverkehrssystems eingeteilt, dem Land-, Luft- und Wasserverkehr.⁷⁶ Innerhalb dieser Kategorien werden sechs wichtige Verkehrsträger unterschieden. Dazu zählen der Straßengüter-, der Schienengüter-, der Rohrleitungs- und Luftfrachtverkehr sowie die Binnenschifffahrt und der Seeverkehr.^{77 78 79}

⁶⁹ vgl. *Kummer, S.*, 2018, S. 359f.

⁷⁰ vgl. *Gudehus, T.*, 2012b, S. 819

⁷¹ vgl. *Klaus, P. et al.*, 2012, S. 590

⁷² vgl. *Muschkiet, M./Ebel, G.*, 2013, S. 125

⁷³ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 5

⁷⁴ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 742

⁷⁵ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 5

⁷⁶ vgl. *Wannenwetsch, H.*, 2021, S. 760

⁷⁷ vgl. *Koch, S.*, 2012, S. 68

⁷⁸ vgl. *Wannenwetsch, H.*, 2021, S. 763

⁷⁹ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 743

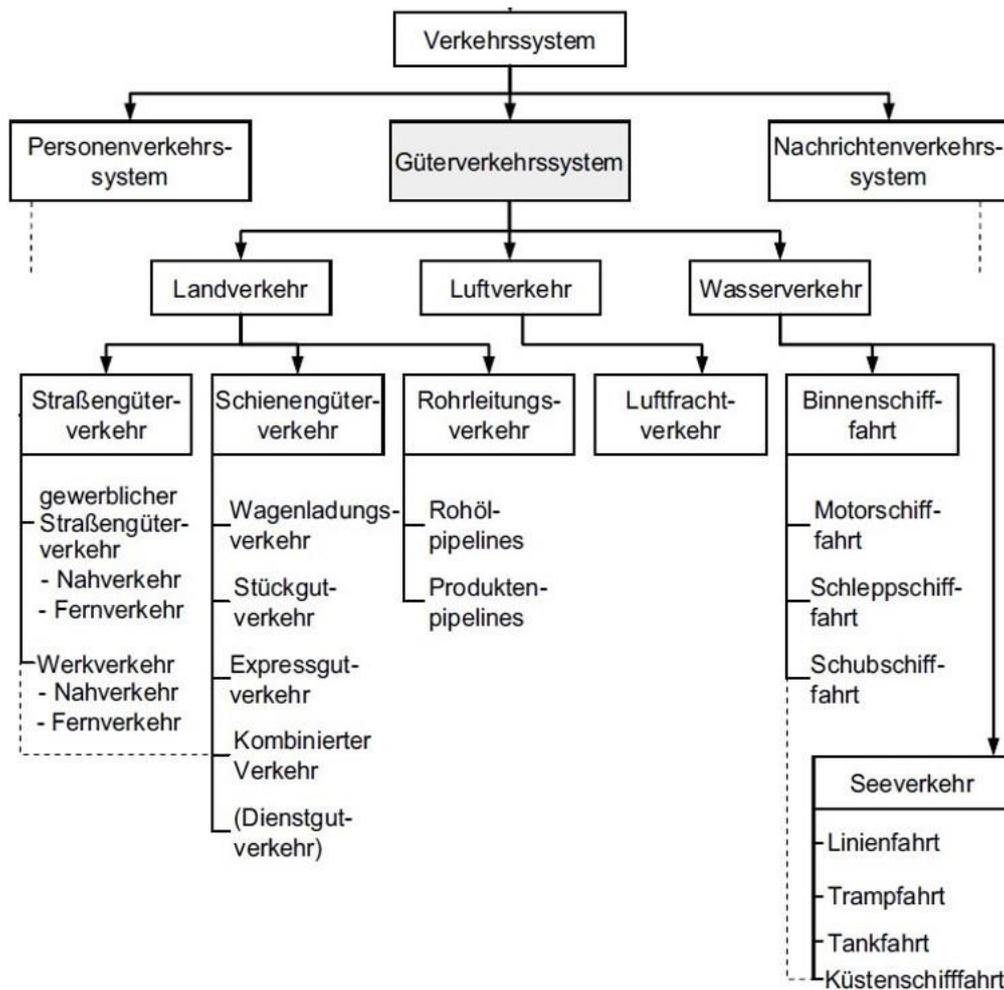


Abbildung 2-4: Güterverkehrssysteme ⁸⁰

Da der Straßengüterverkehr für den Praxisteil dieser Arbeit besonders relevant ist, wird er im nächsten Kapitel näher betrachtet. Im Zuge dessen werden auch die oben erwähnten Transportmittel und der Transportprozess genauer erklärt.

2.4 Straßengüterverkehr

Der Straßengüterverkehr verfügt über das dichteste Verkehrsnetz in Europa und ist somit der bedeutsamste Verkehrsträger in der EU. Neben dem hohen Flächenerschließungsgrad ist es bezogen auf die vielseitigen Aufgaben der Verlager, vor allem die hohe Flexibilität in der Bestimmung der Transportroute und der Terminvereinbarung, die den Straßengüterverkehr auszeichnet. ^{81 82}

Ein weiterer Vorteil im Gegensatz zu anderen Verkehrsträgern ist die Möglichkeit der Tür-zu-Tür Lieferung. Dadurch entfallen Vor- und Nachläufe und die damit verbundenen Umschlagaktivitäten, die mit Risiken, Kosten und Zeitverlusten

⁸⁰ in Anlehnung an Pfohl, H.-C., 2018, S. 176

⁸¹ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 9ff.

⁸² vgl. Leitner, W., 2015, S. 5

einhergehen. Der Straßengüterverkehr ist deshalb in vielen Fällen kostengünstiger als andere Verkehrsträger. Sofern andere Haupttransportmittel, wie z.B. die Bahn, zum Einsatz kommen, werden die notwendigen Vor- und Nachläufe angesichts der hohen Netzdichte häufig mit Hilfe des Straßengüterverkehrs durchgeführt. Ebenso von Vorteil ist die niedrige Transportzeit bei kurzen und mittleren Entfernungen, da Warte- und Stillstandzeiten in der Regel gering ausfallen. Verglichen mit der Bahn ist ein LKW, im Nahbereich und bei Distanzen von bis zu 400 km, deutlich schneller.^{83 84 85}

Technisch spezialisierte Transportmittel des Straßengüterverkehrs sind außerdem leicht in intermodale Transportketten zu integrieren. Dazu gehören z.B. LKWs, die 20- und 40- Fuß Container transportieren und dadurch einfach mit dem Schienengüterverkehr, dem Binnenschiffsverkehr oder dem Seegüterverkehr kooperieren können. Des Weiteren wird die Tatsache, dass das Transportgut ständig durch den Fahrer begleitet wird, als vorteilhaft gesehen.⁸⁶

Die im Vergleich zu anderen Transportmitteln geringe Laderaumkapazität pro Fahrzeug und die Abhängigkeit von äußeren Bedingungen, wie z.B. der Witterung, sowie die Anfälligkeit für Verkehrsstörungen, gelten hingegen als die wesentlichen Nachteile des Straßengüterverkehrs. Die Abgase, der Lärm und der ständige Ausbau der Straßeninfrastruktur, führen außerdem zu einer hohen ökologischen Belastung.⁸⁷ Des Weiteren ist er für den Transport von Gefahrgut schlechter geeignet als der Binnenschiffahrts- und Schienengüterverkehr.⁸⁸

Der Straßengüterverkehr kann gemäß Abbildung 2-5 in gewerblichen Güterverkehr und Werkverkehr und weiter in Fern- und Nahverkehr unterteilt werden.

⁸³ vgl. *Leitner, W.*, 2015, S. 5

⁸⁴ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 255

⁸⁵ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 11

⁸⁶ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 255

⁸⁷ vgl. *Leitner, W.*, 2015, S. 5f.

⁸⁸ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 255

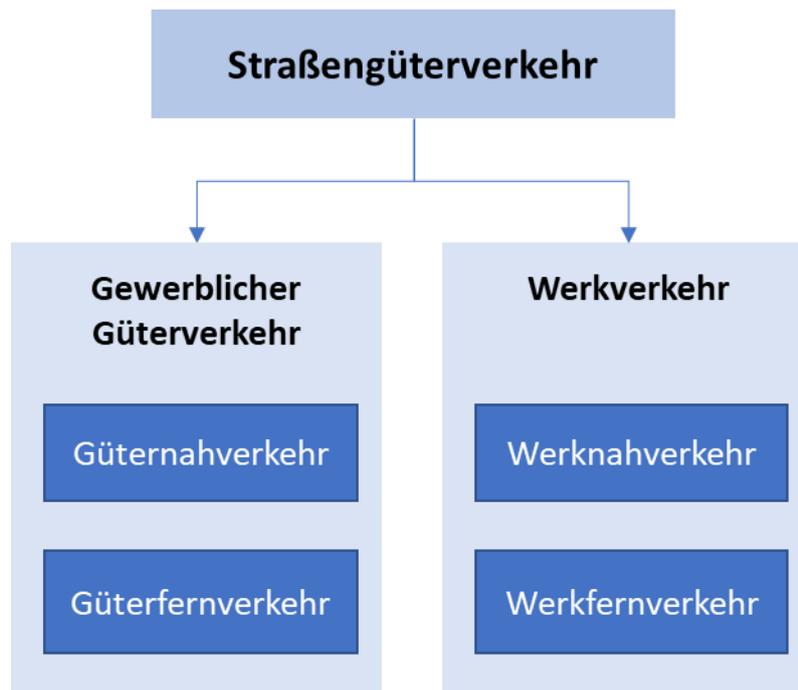


Abbildung 2-5: Unterscheidungsmerkmale des Straßengüterverkehrs ⁸⁹

Werden Güter geschäftsmäßig bzw. entgeltlich befördert, spricht man vom gewerblichen Güterverkehr. Die Durchführung des Transports mit eigenen Fahrzeugen, wie es bei Industrie- und Handelsunternehmen oftmals der Fall ist, wird hingegen als Werkverkehr bezeichnet ⁹⁰, sofern Transporte nicht als Hauptaufgabe des jeweiligen Unternehmens zu verstehen sind. ⁹¹

Der Nahverkehr hat als Aufgabe, Direktlieferungen zum Verbraucher durchzuführen sowie Güter innerhalb von Industriegebieten und Ballungsräumen im Vorlauf zu sammeln und im Nachlauf zu verteilen. ⁹² Dabei erfolgt auch eine Übergabe des Transportguts an andere Verkehrsmittel wie Schiffe, die Bahn oder Flugzeuge. Der Nahverkehr bildet somit den Flächenverkehr ab und fungiert als Vor- und Nachlauf zum Fernverkehr. ⁹³

Der Fernverkehr hat seine Aufgaben hauptsächlich als Streckenverkehr und befördert Güter in Form von Komplettladungen zwischen Sender und Empfänger. Diese Transporte verlaufen dabei häufig zwischen zwei Umschlagpunkten im sogenannten Hauptlauf. ⁹⁴ Abgesehen vom Fährverkehr und dem kombinierten Verkehr, ist er nicht mit anderen Verkehrsmitteln verknüpft. ⁹⁵

⁸⁹ in Anlehnung an *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 10

⁹⁰ vgl. *ebenda*, S. 9

⁹¹ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 749

⁹² vgl. *Frindik, R.*, 2008, S. 730

⁹³ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 749

⁹⁴ vgl. *Frindik, R.*, 2008, S. 730

⁹⁵ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 749

2.4.1 Transportmittel und Aufbauten

Die im Straßengüterverkehr eingesetzten Transportmittel bestehen entweder aus einzelnen beladbaren Transportfahrzeugen, oder sie werden zu einem Transportzug kombiniert. Dieser besteht aus einem Zugfahrzeug und einem oder mehreren Anhängern. Die Transportmittel folgen den Vorgaben der Transportsteuerung und bewegen sich beladen oder unbeladen zwischen den Stationen durch das Transportnetz.⁹⁶ Die eingesetzten Transportmittel können nach ihrem zulässigen Gesamtgewicht unterteilt und dementsprechend als Kleinlast, leichter, mittelschwerer und schwerer LKW bezeichnet werden:^{97 98}

- Kleinlast bis 3,5 t
- Leichte LKW bis 7,5 t
- Mittelschwere LKW bis 12 t
- Schwere LKW in Österreich: Solo-LKW bis 32 t mit Anhänger bis 40 t

Die für den internationalen und nationalen Fernverkehr am häufigsten eingesetzten Transportmittel im Straßengüterverkehr und ihre Ausführungsformen sind in Abbildung 2-6 dargestellt.^{99 100}

⁹⁶ vgl. *Gudehus*, T., 2012b, S. 848

⁹⁷ vgl. *Frindik*, R., 2008, S. 728

⁹⁸ vgl. *Koch*, S., 2012, S. 71

⁹⁹ vgl. *Linke*, R., 2014, S. 29

¹⁰⁰ vgl. *Gudehus*, T., 2012b, S. 849



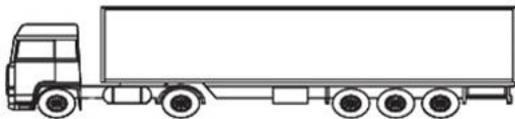
Kleinlaster



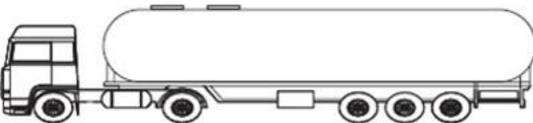
Lkw mit Wechselbrücke



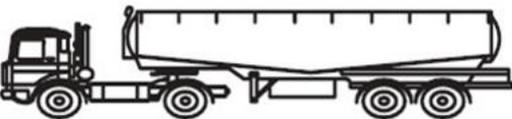
Lkw als Gliederzug



Sattelzug mit Sattelaufleger



Sattelzug mit Tankaufbau



Sattelzug mit Kippaufbau

Abbildung 2-6: Transportmittel im Straßengüterverkehr ¹⁰¹

Im Allgemeinen ist ein Trend zu Wechselsystemen, die mit einem Sattel- bzw. Gliederzug realisiert werden können, zu erkennen. Dies liegt daran, dass kapitalintensive Zugmaschinen durch den Wechsel der Anhänger effizienter eingesetzt werden können. ¹⁰² Im Folgenden werden die in Abbildung 2-6 dargestellten Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen sowie deren Aufbauarten genauer erklärt.

Kleinlaster

Bei Kleinlaster, auch Kasten- oder Lieferkraftwagen genannt, ist der Fahrzeugaufbau so gestaltet, dass der Insassenraum und der Laderaum eine Einheit bilden. ¹⁰³

Lastkraftwagen

Lastkraftwagen oder kurz LKWs, sind Nutzkraftwagen, die nach ihrer Bauart und Ausstattung zum Gütertransport bestimmt sind. ¹⁰⁴ Sie bestehen im Wesentlichen aus einem tragenden Unterbau, in der Regel ist dies ein Leiterraum, einer Fahrerkabine, einem Aufbau zum Tragen des Ladeguts sowie einem geeigneten Antrieb. LKWs sind dafür geeignet, die Ladung selbst zu befördern und in Form eines Gliederzugs,

¹⁰¹ in Anlehnung an *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 11

¹⁰² vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 29

¹⁰³ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 752

¹⁰⁴ vgl. *ebenda*, S. 752

zusätzlich Anhänger mitzuziehen ¹⁰⁵ oder verfügen über eine Vorrichtung zum Transport von Wechselbrücken und Containern. ¹⁰⁶

Sattelzug

Sattelzugmaschinen sind nicht zum eigenständigen Transport von Gütern geeignet ¹⁰⁷, da sie keine Ladefläche haben und werden deshalb nicht zu den Lastkraftwagen gezählt, sondern stellen eine eigene Fahrzeugkategorie dar. Die Hauptaufgabe der Sattelzugmaschine besteht somit aus dem Ziehen von Sattelauflegern ¹⁰⁸, mit dem sie zusammen den Sattelzug bilden. ¹⁰⁹

Die gesamte Ladung wird daher im Sattelaufleger untergebracht, woraus sich folgende Vorteile ergeben: ¹¹⁰

- Großflächiger, durchgängiger Laderaum,
- einfaches Rückwärtsfahren,
- Auflieger kann von der Zugmaschine getrennt werden und dadurch über mehrere Stunden be- oder entladen werden, während die kostenintensive Zugmaschine für andere Transporte genutzt werden kann.

Gliederzug

Um die zu transportierende Last zu erhöhen können LKWs, wie bereits erwähnt, in Kombination mit einem Anhänger zum Gliederzug erweitert werden. ¹¹¹ Es wird sowohl mit dem Anhänger als auch mit der Zugmaschine selbst Ladung befördert. Außerdem ist die maximal erlaubte Gesamtlänge beim Gliederzug mit 18,75m größer, im Vergleich zu Sattelzügen mit 16,5 m. Dies schafft zusätzlichen Laderaum. ¹¹²

Standard-Aufbauarten

Abhängig vom Verwendungszweck bieten einige Hersteller unterschiedliche Aufbauten für Transportmittel an. Die Aufbauarten lassen sich prinzipiell in vielseitig einsetzbare Standardaufbauten und für spezielle Transportgüter entworfene Sonderaufbauten einteilen. Mit Sonderaufbauten werden unter anderem Gefahrguttransporte oder Kühltransporte durchgeführt. Des Weiteren bedarf es für riesel- oder pulverförmiges Schüttgut und flüssige Güter einen sogenannten Siloaufbau, der oft mit einer Aufstellvorrichtung kombiniert wird, um den Behälter für die Entleerung zu kippen. Sowohl die Standardaufbauten als auch die

¹⁰⁵ vgl. Koch, S., 2012, S. 71

¹⁰⁶ vgl. Linke, R., 2014, S. 28

¹⁰⁷ vgl. Koch, S., 2012, S. 71

¹⁰⁸ vgl. Linke, R., 2014, S. 28

¹⁰⁹ vgl. Koch, S., 2012, S. 71

¹¹⁰ vgl. Koether, R., 2014, S. 168

¹¹¹ vgl. Linke, R., 2014, S. 29

¹¹² vgl. Frindik, R., 2008, S. 728

Spezialaufbauten sind dabei nur durch das erlaubte Gesamtgewicht und die maximalen Abmessungen beschränkt. ¹¹³ Im folgenden Abschnitt werden die häufigsten Aufbauarten kurz beschrieben.

- **Pritschenaufbau:** Beim Pritschenaufbau wird die Ladefläche durch Rungen, Bordwände und eine mit dem Boden fest verbundene Plane allseitig begrenzt. ¹¹⁴ Die Plane dient dabei als Schutz vor Witterungseinflüssen und ist oftmals als Schieberverdeck konzipiert, die eine seitliche Be- und Entladung sowie eine Kranbeladung ermöglicht. ¹¹⁵ Ein wesentlicher Vorteil dieser Aufbauart ist die beliebige Reihenfolge, in der die Güter be- und entladen werden können. ¹¹⁶
- **Kofferaufbau:** Der Kofferaufbau besteht in der Regel aus einem Leiterraum aus Stahl und festen Seitenwänden aus Aluminium oder Holz, selten auch aus Kunststoff. Er bietet gegenüber Pritschenaufbauten einen umfassenderen Schutz vor Witterung und Diebstahl und erhöht die Transportsicherheit während der Beförderung. ¹¹⁷ Es können auch Transporteinheiten in zwei Ebenen transportiert werden, die üblicherweise nicht stapelbar sind. Sie werden durch Träger gesichert, die in die Seitenwände eingehängt werden. Als Nachteil gilt der einseitige Zugang über die Hecktür. Die Reihenfolge der Entladung muss deshalb bereits beim Beladen berücksichtigt werden. ¹¹⁸
- **Plattformaufbau:** Für den Transport von großen Stückgütern, Fahrzeugen und Maschinen kommt in der Regel der Plattformaufbau zum Einsatz. Er weist keine Bordwände auf, sondern besteht lediglich aus einer Ladefläche, die entweder eben oder in der Höhe abgestuft ist. ¹¹⁹
- **Kastenaufbau:** Das Hauptmerkmal des Kastenaufbaus ist die Öffnung zwischen dem Aufbau und der Fahrerkabine. Dadurch kann der Fahrer den Laderaum betreten, ohne aussteigen zu müssen. Daher werden Kastenaufbauten vor allem im Bereich der Kurier-, Express- und Paketdienstleister genutzt. ¹²⁰ Die Wände bestehen aus Leichtbaumaterialien und umschließen den Aufbau gänzlich. Dies führt zu einer hohen Transportsicherheit bei der Beförderung und einem guten Schutz gegen Diebstahl. ¹²¹

¹¹³ vgl. Koch, S., 2012, S. 72

¹¹⁴ vgl. Dabidian, P./Langkau, S., 2013, S. 142

¹¹⁵ vgl. Linke, R., 2014, S. 28

¹¹⁶ vgl. Frindik, R., 2008, S. 729

¹¹⁷ vgl. ebenda, S. 729

¹¹⁸ vgl. Koether, R., 2014, S. 168

¹¹⁹ vgl. Dabidian, P./Langkau, S., 2013, S. 142

¹²⁰ vgl. ebenda, S. 142

¹²¹ vgl. Linke, R., 2014, S. 28

- **Kippaufbau:** Kippaufbauten werden hauptsächlich in der Bau- und Landwirtschaft eingesetzt. Sie haben den Vorteil mit Hilfe hydraulisch funktionierender Kippeinrichtungen, Schüttgüter durch einfaches Neigen des Behälters zu entleeren. ¹²²
- **Tank- und Siloaufbau:** Behälter in zylindrischer Form oder als Kofferbauweise, die Flüssigkeiten (z.B. Öl, Lebensmittel, Chemikalien), Gase oder rieselfähige Schüttgüter transportieren, werden als sogenannte Tank- und Siloaufbauten bezeichnet. ¹²³

Wechsel-Aufbauarten

Im Straßengüterverkehr spielen außerdem Wechselaufbauten eine wichtige Rolle. Dafür werden LKW-Rahmen mit genormten Aufnahmevorrichtungen ausgestattet, deren Gegenstücke ebenfalls genormte, austauschbare Behälter sind. Dazu zählen beispielsweise Sattelaufleger, Wechselbrücken oder Container. ¹²⁴ Im folgenden Abschnitt werden diese Wechselaufbauten kurz beschrieben.

- **Sattelaufleger:** Sattelaufleger besitzen keine Vorderachse, sondern liegen mit dem Vorderteil und dementsprechend mit einem Teil des Gesamtgewichts auf der Achse der Sattelzugmaschine auf. Als Verbindungsstücke dienen die sogenannte Sattelplatte und der Königszapfen, der eine bewegliche Verbindung zwischen dem Sattelaufleger und der Zugmaschine sicherstellt. ¹²⁵ Mit der dadurch entstehenden, besseren Kräfteverteilung eignet sich der Sattelaufleger besonders zum Transport von großen Lasten. ¹²⁶
- **Wechselbrücke:** Wechselbrücken, auch Wechselbehälter oder Wechselaufbaubridgen genannt, sind austauschbare Ladungsträger, die sich vom Transportmittel trennen lassen. ¹²⁷ Von den genormten Standard-Containern unterscheiden sie sich hauptsächlich durch eigene, ein- und ausklappbare Stützen. Für den LKW-Verkehr besteht dadurch die Möglichkeit Wechselbrücken an beliebigen Orten aufzunehmen und abzusetzen, ohne der Notwendigkeit von Containerkränen. ¹²⁸ Ein weiterer Vorteil ist die Be- und Entladung der Wechselbrücken, während sie vom Fahrzeug getrennt sind. Auf diese Weise lassen sich Umschlagprozesse optimieren. ¹²⁹

¹²² vgl. *Dabidian, P./Langkau, S.*, 2013, S. 142

¹²³ vgl. *ebenda*, S. 142

¹²⁴ vgl. *Koch, S.*, 2012, S. 72

¹²⁵ vgl. *Dabidian, P./Langkau, S.*, 2013, S. 143

¹²⁶ vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 757

¹²⁷ vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 28

¹²⁸ vgl. *Koch, S.*, 2012, S. 72

¹²⁹ vgl. *Frindik, R.*, 2008, S. 729

- **Container:** Im Gegensatz zu Wechselbrücken haben vor allem geschlossene Container keine eigenen Stützen und können daher in der Regel nicht selbsttätig vom LKW aufgenommen werden. Allerdings sind sie stapelbar und sind somit speziell für den internationalen Schiffsverkehr geeignet, was als Vorteil gegenüber Wechselbrücken gilt.¹³⁰ Neben der Anwendung im Schiffsverkehr werden sie auch häufig im Schienengüterverkehr eingesetzt.¹³¹

2.4.2 Transportprozess

Bevor auf die Komponenten des Transportprozesses, der Transportkette und das Transportnetz eingegangen wird, werden noch einführend die Begriffe Ladungs-, Teilladungs- und Stückgutverkehr erklärt.

Die Unterscheidung dieser drei Transportarten ist in Abbildung 2-7 dargestellt und wird nach der Auslastung des Transportmittels vorgenommen. Man spricht vom Ladungsverkehr, sofern das Fahrzeug mit einer Ladung voll ausgelastet ist und daher keine zusätzliche Ware mehr aufgenommen werden kann.¹³²

Teilladungsverkehr hingegen bedeutet, dass Ladungen von einem Lieferanten für mehrere Empfänger zusammengefasst werden und die Abladestellen im sogenannten Milkrun nacheinander angefahren werden, sodass immer wieder neue Teilladungen oder auch Rückfracht aufgenommen werden kann.¹³³

Bei Stückgutverkehren werden einzelne Gebinde versendet, die in der Regel auf Paletten befestigt oder in einer Gitterbox transportiert werden. Um das Transportmittel auszulasten müssen somit mehrere Gebinde gesammelt und zusammengefasst werden.¹³⁴ Aus diesem Grund wird beim Stückgutverkehr meist eine Auslieferungstour mit mehreren Versendern und Empfängern organisiert und die Transportkette in der Regel in Vor-, Haupt- und Nachlauf gegliedert. Je nach Ausgestaltung des Transportnetzes werden Direkttransporte oder Umschlagprozesse im Hauptlauf vorgenommen.¹³⁵

¹³⁰ vgl. *Frindik, R.*, 2008, S. 729

¹³¹ vgl. *Koch, S.*, 2012, S. 72

¹³² vgl. *Muschkiel, M./Ebel, G.*, 2013, S. 134

¹³³ vgl. *Koether, R.*, 2014, S. 83

¹³⁴ vgl. *ebenda*, S. 84f.

¹³⁵ vgl. *Muschkiel, M./Ebel, G.*, 2013, S. 134

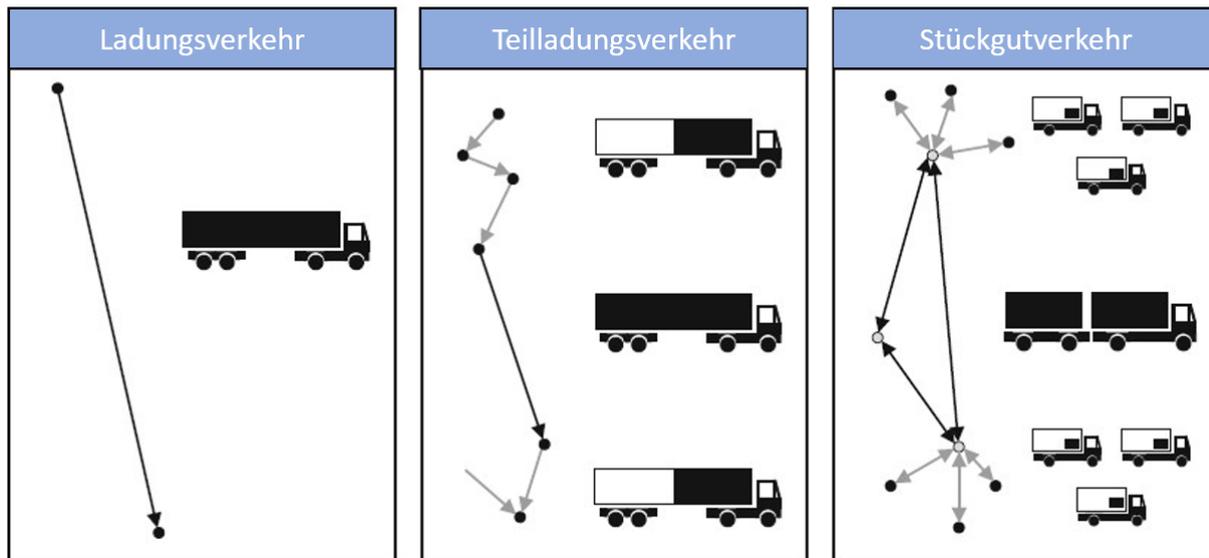


Abbildung 2-7: Transportarten im Straßengüterverkehr ¹³⁶

Transportnetze und logistische Netzwerke

Das Transportnetz ist ein wesentlicher Bestandteil zur Erfüllung der von der Transportsteuerung vorgegebenen Transportaufträge. Es wird durch Transportverbindungen zwischen den Ein- und Ausgängen der Leistungsstellen eines Logistiksystems gebildet und ermöglicht dadurch die Beförderung von Lade- und Transporteinheiten. ¹³⁷ Im Straßengüterverkehr wird das Transportnetz durch Straßen abgebildet, die als befestigte und planmäßig angelegte Verkehrswege definiert sind. Das Straßennetz beinhaltet Straßen verschiedener Leistungsfähigkeiten und Kategorien, die an wichtigen Verkehrsknoten sowohl miteinander als auch mit anderen Verkehrsträgern verbunden sind. ¹³⁸

Innerhalb des Transportnetzes werden logistische Netzwerke konfiguriert. Die Konfiguration wird vom strategischen Logistikmanagement des jeweiligen Unternehmens vorgenommen und umfasst somit langfristige Entscheidungen zur Festlegung der Netzwerkstrukturen bezüglich der kapazitiven Auslegung und räumlichen Anordnung von Produktions- und Logistikstandorten. ¹³⁹

Logistiknetzwerke werden oftmals in Zusammenarbeit mit mehreren Unternehmen geplant und betrieben. Die Kooperationspartner stimmen dabei ihre Ressourcennutzung und Prozesse aufeinander ab, um ein effektives und effizientes Netzwerk zu bilden. Sie gehen eine Wertschöpfungspartnerschaft ein und erzielen ökonomische Vorteile gegenüber Wettbewerbern. ¹⁴⁰

¹³⁶ in Anlehnung an *Dabidian, P./Langkau, S.*, 2013, S. 146

¹³⁷ vgl. *Gudehus, T.*, 2012b, S. 825

¹³⁸ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 262

¹³⁹ vgl. *Stich, V./Quick, J./Cuber, S.*, 2013, S. 36

¹⁴⁰ vgl. *Muchna, C. et al.*, 2018, S. 121

In Logistiknetzwerken finden vor allem Transport-, Umschlags und Lagerprozesse zur Zeit- und Raumüberbrückung statt. Des Weiteren ist es von Transaktions- und Informationsprozessen zwischen den Beteiligten geprägt. ¹⁴¹

Ziel bei der Planung eines Logistiknetzwerkes ist die Organisation möglichst effektiver Transportverbindungen zwischen den einzelnen Logistikstandorten. Sie müssen dabei an sämtliche Kosten-, Organisations- und Terminanforderungen sowie an die Transporthäufigkeit und Güterstrukturen angepasst werden. Dies führt zu vielen verschiedenen Netzausprägungen. ¹⁴²

Mit Hilfe der Graphentheorie lassen sich die Netzwerke als Geflecht von Beziehungen zwischen den jeweiligen Quellen und Senken abbilden. ¹⁴³ Dabei dienen wie in Abbildung 2-8 ersichtlich, Knoten und verbindende Elemente wie Kanten und Pfeile, als Symbole. ¹⁴⁴

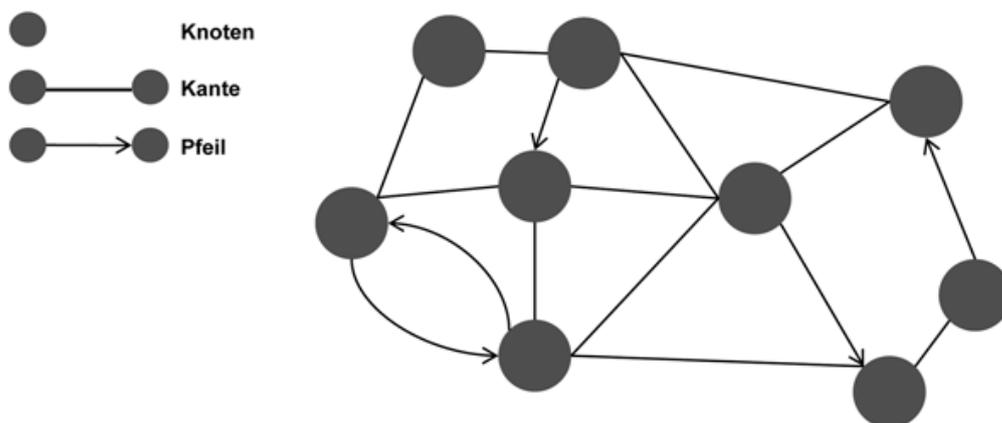


Abbildung 2-8: Das Grafenmodell und seine Elemente ¹⁴⁵

Kanten und Pfeile dienen der Abbildung von Transportrelationen. Während Kanten ungerichtete Transportbeziehungen darstellen, verwendet man Pfeile als richtungsdefinierende Notationen. Sie stellen klassische Transporte, also eine Raumänderung der jeweiligen Güter, dar ¹⁴⁶ und verkörpern somit prozessuale Eigenschaften in Form von Kosten, Entfernung und Zeitverbräuchen. ¹⁴⁷

Knoten modellieren hingegen ortsfeste Elemente des Netzwerkes, wie Lager, Umschlagknoten, Produktionsstätten oder Verbraucher. Hier findet Wertschöpfung in

¹⁴¹ vgl. Muchna, C. et al., 2018, S. 120

¹⁴² vgl. ebenda, S. 125

¹⁴³ vgl. Stich, V./Quick, J./Cuber, S., 2013, S. 36

¹⁴⁴ vgl. Geiger, M./Huber, S., 2018, S. 760

¹⁴⁵ Stich, V./Quick, J./Cuber, S., 2013, S. 40

¹⁴⁶ vgl. Geiger, M./Huber, S., 2018, S. 761

¹⁴⁷ vgl. Stich, V./Quick, J./Cuber, S., 2013, S. 40

Form der Herstellung, Weiterverarbeitung, Zwischenlagerung und Umverteilung von Gütern statt.¹⁴⁸

Je nach Anordnung der Transportknoten und Transportverbindungen, besteht ein Netzwerk aus den in Abbildung 2-9 abgebildeten Grundformen: Linien-, Ring-, und Sternstrukturen.¹⁴⁹

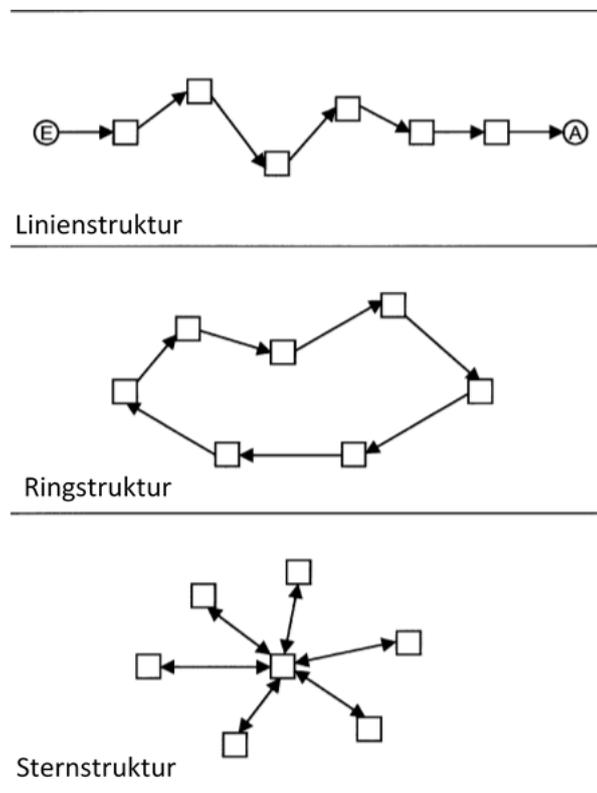


Abbildung 2-9: Grundformen von Netzstrukturen¹⁵⁰

Linien und Ringstrukturen

Linienstrukturen werden als hintereinander angeordnete Kanten und Knoten aufgebaut.¹⁵¹ Transporte in dieser Netzwerkstruktur weisen einen hohen Anteil an Leerfahrten auf, vor allem wenn die Transporte vom Versender zum Empfänger ohne Rückladung stattfinden.¹⁵²

Leerfahrten können bei Anordnung der Knoten und Kanten in Form einer Ringstruktur durch entsprechende Rückladungen reduziert werden. So können z.B. Teilladungen bei einem Empfänger abgeladen werden und der freiwerdende Laderaum für eine Teilladung bei demselben oder einem folgenden Versender der Ringstruktur genutzt

¹⁴⁸ vgl. Geiger, M./Huber, S., 2018, S. 761

¹⁴⁹ vgl. Gudehus, T., 2012b, S. 825

¹⁵⁰ in Anlehnung an ebenda, S. 826

¹⁵¹ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 36

¹⁵² vgl. Muchna, C. et al., 2018, S. 125

werden. Dies führt zur Optimierung von Transportmittelumläufen und einer hohen durchschnittlichen Auslastung der Transportmittel. ¹⁵³

Die Sternstrukturen werden später im Zusammenhang mit Hub-and-Spoke Systemen noch genauer betrachtet. Des Weiteren lassen sich die Grundformen zu komplexeren Strukturen wie die baumartige Netzstruktur, Sammelgutverkehre, Rasternetze oder auch hybride Netzstrukturen, kombinieren. Sie werden im Folgenden genauer erklärt.

Baumartige Netzstruktur

Baumartige Netzstrukturen, wie in Abbildung 2-10 dargestellt, zeichnen sich durch den gerichteten Gütertransport von einem oder nur wenigen Sendern zu vielen Empfängern aus. Sie können jedoch auch im umgekehrten Fall auftreten, d.h. Güterströme von vielen Versendern zu einem oder nur wenigen Empfängern. ¹⁵⁴

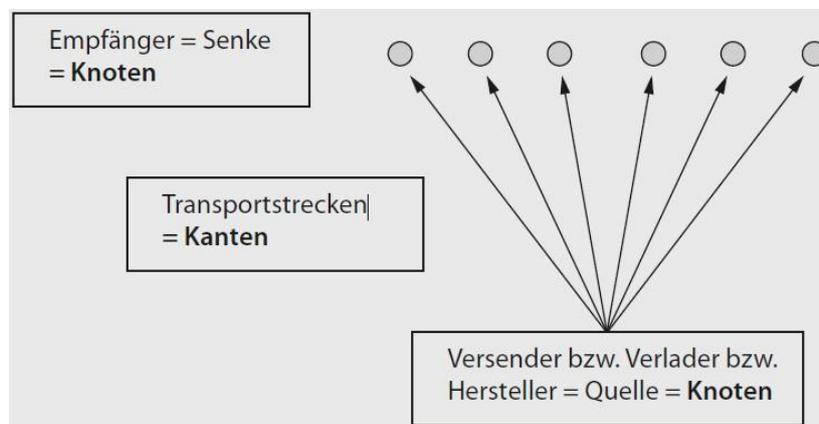


Abbildung 2-10: Baumartige Netzstruktur ¹⁵⁵

Sammelgutverkehre

Bei Sammelgut- oder Stückgutverkehren, deren Ablauf in Abbildung 2-11 abgebildet ist, übernehmen Versandspediteure Einzelsendungen von verschiedenen Versendern, ordnen sie nach Verkehrsrichtungen und bündeln sie zu einer geschlossenen Ladung. Anschließend wird die Ladung als Ladungs- oder Teilladungstransport zum Empfangsspediteur weitertransportiert. Der Empfangsspediteur bewerkstelligt wiederum die Verteilung der Sammelladung an die Endempfänger, indem er die Lieferungen entweder selbst zustellt oder für die Selbstabholung avisiert. ¹⁵⁶ Dafür werden die baumartige Netzstruktur und die Linienstruktur miteinander kombiniert. Sammelgutverkehre sorgen aufgrund des guten Kooperations- und

¹⁵³ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 36

¹⁵⁴ vgl. *Muchna, C. et al.*, 2018, S. 126

¹⁵⁵ *ebenda*, S. 126

¹⁵⁶ vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 49

Organisationsgrads für eine Optimierung der Transportmittelumläufe und eine hohe durchschnittliche Fahrzeugauslastung.¹⁵⁷

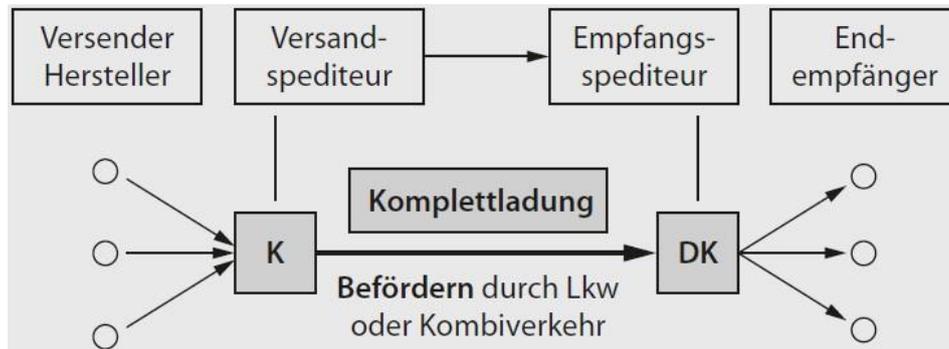


Abbildung 2-11: Kombination von Linien und baumartiger Netzstruktur¹⁵⁸

Rasternetz

In Rasternetzen, auch dezentrale Netze genannt, besteht wie in Abbildung 2-12 ersichtlich, zwischen allen Versand- und Empfangsdepots jeweils ein Direktverkehr und somit eine vollständige Vernetzung. Der Gütertransport kann dadurch ohne Zwischenumschlag erfolgen. Die jeweiligen Depots verfügen über eine Ausliefer- und Sammelfunktion, um die Vor- und Nachläufe zu ermöglichen sowie über eine Sortier- und Bereitstellungsfunktion für die Hauptläufe.¹⁵⁹

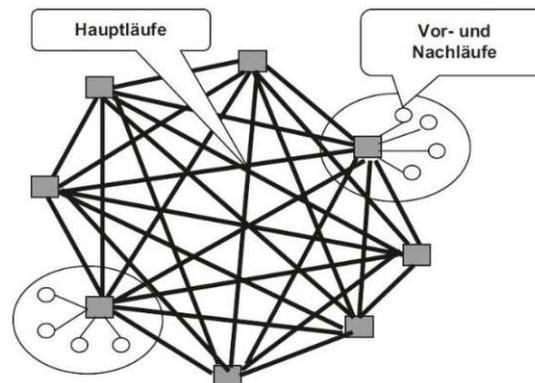


Abbildung 2-12: Rasternetz¹⁶⁰

Sternstrukturen und Hub-and-Spoke Netze

Sternstrukturen werden auch als Hub-and-Spoke Netze bzw. zentrale Netze bezeichnet. In dieser Netzstruktur gehen die als Spoke bezeichneten Transportrelationen ausgehend vom Hub, sternförmig zu den einzelnen Depots. In dieser Netzwerkform werden Güter nach der Sammlung im Depot des jeweiligen Quellbereichs unsortiert zum Hub befördert. Dort findet die Vorbereitung für den

¹⁵⁷ vgl. Muchna, C. et al., 2018, S. 126f.

¹⁵⁸ ebenda, S. 127

¹⁵⁹ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 36f.

¹⁶⁰ Bretzke, W.-R., 2020, S. 436

Weitertransport statt, indem die Güter entsprechend ihres Zieldepots sortiert und gebündelt werden, zu dem sie im zweiten Hauptlauf befördert werden. Von dort wird im anschließenden Nachlauf die Zustellung der Güter zum Endempfänger durchgeführt. Für n Depots ergeben sich somit $2n$ Transportrelationen, da die Güter zum Hub und wieder zurücktransportiert werden. Verglichen mit dem Rasternetz sind daher weniger Relationen notwendig, was jedoch wiederum längere Transportzeiten und -wege zur Folge hat.¹⁶¹ In Abbildung 2-13 sind unterschiedliche Ausprägungen eines Hub-and-Spoke Netzes dargestellt.

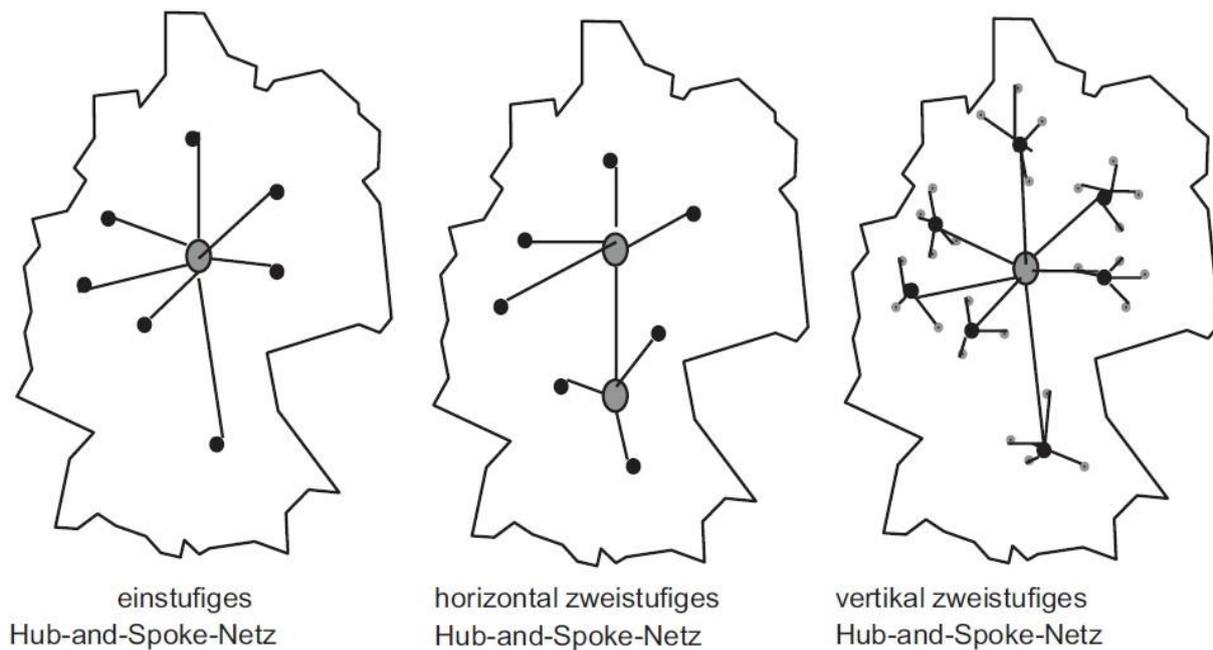


Abbildung 2-13: Hub-and-Spoke Netze¹⁶²

Ein wesentlicher Vorteil ist neben der geringen Anzahl an Transportrelationen und damit verbunden oftmals geringere Gesamtkosten, eine hohe Fahrzeugauslastung durch Transportbündelungen. Des Weiteren wird eine flächendeckende Bedienung der Nachfrage durch die Kombination von lokalen Abholungen bzw. Anlieferungen und Ferntransporten ermöglicht.¹⁶³

Hybride Netzstrukturen

Raster- und Hub-and-Spoke-Netze werden auch häufig zu sogenannten hybriden Netzstrukturen kombiniert. In diesem System werden Relationen mit geringem Transportaufkommen über ein Hub und jene mit starkem Transportaufkommen als Direktverkehr realisiert. Weitere Varianten sind, wie in Abbildung 2-14 dargestellt, Hub-and-Spoke-Systeme mit regionalen Hubs sowie Single Hub-and-Spoke Systeme.¹⁶⁴

¹⁶¹ vgl. Dabidian, P./Langkau, S., 2013, S. 152

¹⁶² Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 38

¹⁶³ vgl. Geiger, M./Huber, S., 2018, S. 766f.

¹⁶⁴ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 38f.

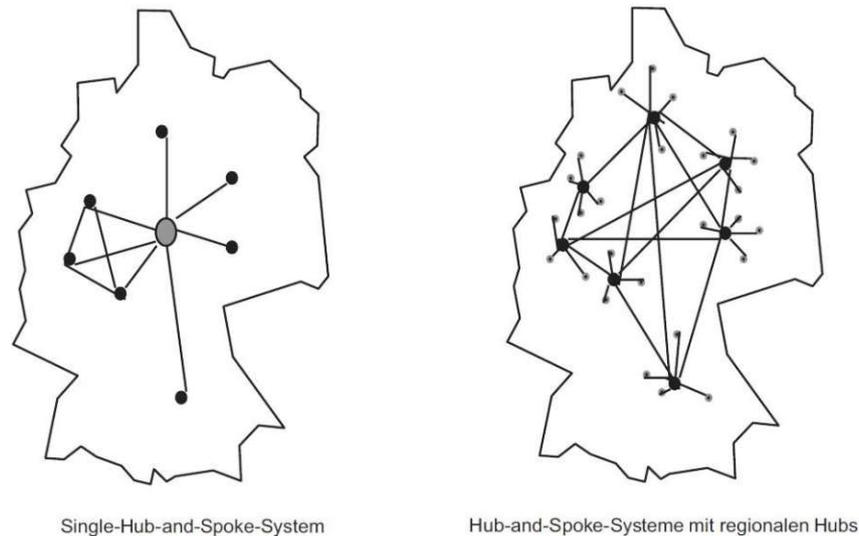


Abbildung 2-14: Kombination von Rasternetzen und Hub-and-Spoke-Netzen ¹⁶⁵

Transportkette

Sowohl die informationstechnische als auch die physische Abwicklung des Transports wird innerhalb der sogenannten Transportkette umgesetzt. ¹⁶⁶ Sie enthält Umschlagspunkte bzw. -knoten und keine bestandsführenden Zwischenstationen. ¹⁶⁷ Definiert werden Transportketten als die Abfolge von organisatorischen und technischen miteinander verbundenen Transporten, bei denen Güter oder Personen von einer Quelle zu einem Ziel befördert werden. ¹⁶⁸ Um das Zusammenspiel der organisatorischen und technischen Vorgänge zu gewährleisten, kommen unternehmensübergreifende Informations- und Steuerungssysteme zum Einsatz. ¹⁶⁹

Standardtransportketten

Die Unterteilung der Transportketten in Vor-, Haupt-, und Nachlauf ist hauptsächlich im Stückgutverkehr notwendig und findet nahezu unabhängig vom Transportmittel Anwendung. Dabei wird das Einsammeln der Güter von den jeweiligen Absendern und der anschließende Transport zu einem Umschlagpunkt als Vorlauf bezeichnet. Dort werden die Sendungen zu Ladungen zusammengefasst und im so genannten Hauptlauf zu einem empfängernahem Umschlagpunkt weitertransportiert. Im Nachlauf erfolgt schließlich die Verteilung der Ladung an die Empfänger. ¹⁷⁰

Der Großteil nationaler und internationaler Transportketten entspricht somit einer der fünf in Abbildung 2-15 dargestellten Ausführungen: ¹⁷¹

¹⁶⁵ Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 39

¹⁶⁶ vgl. Schuh, G. et al., 2013, S. 140

¹⁶⁷ vgl. Linke, R., 2014, S. 48f.

¹⁶⁸ vgl. Kummer, S., 2018, S. 360

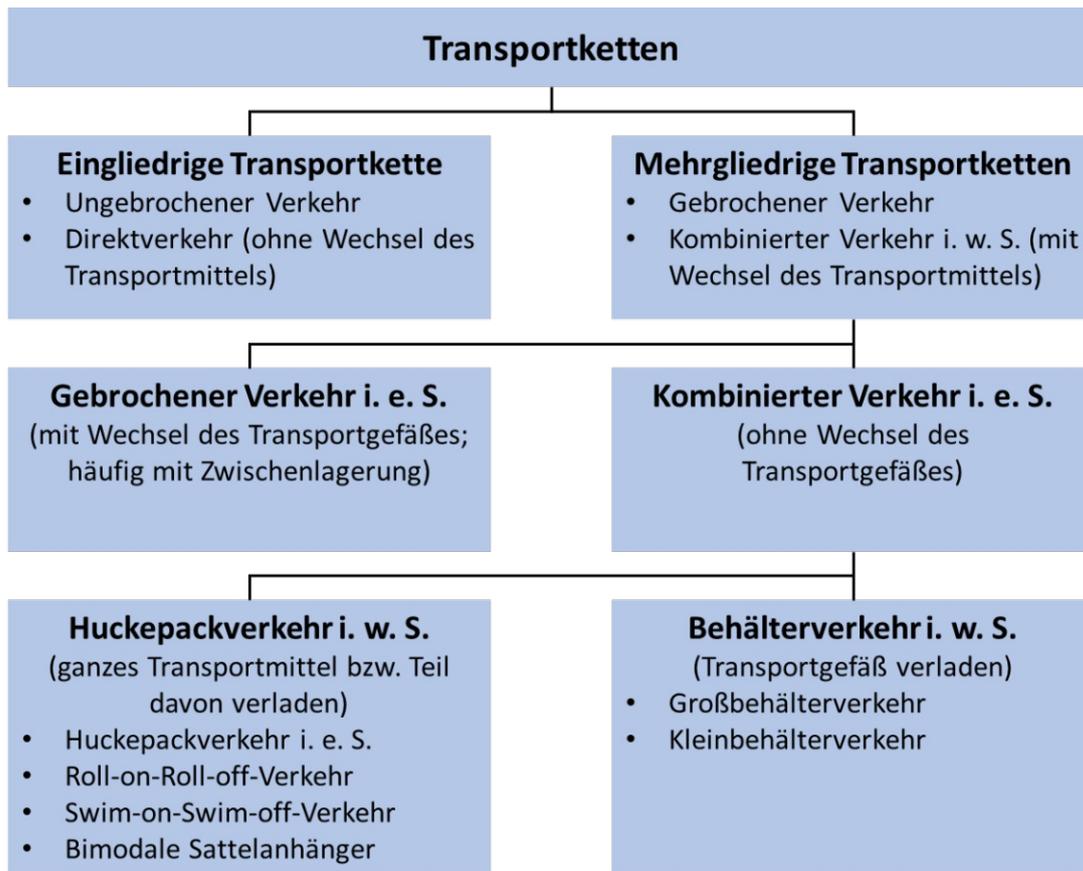
¹⁶⁹ vgl. Schuh, G. et al., 2013, S. 139

¹⁷⁰ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 39

¹⁷¹ vgl. Gudehus, T., 2012b, S. 990

- Transportkette 1: Bei ausreichendem Ladungsaufkommen wird ein Direkttransport zwischen Sender und Empfänger realisiert.
- Transportkette 2: Wird meist im Einzugsgebiet eines Umschlagpunktes zur Verteilung kleinerer Ladungen eingesetzt.
- Transportkette 3: Ist mit dem Vor-, Haupt- und Nachlauf, eine für Stückgutverkehr übliche Ausführung.
- Transportkette 4: Sie ist aufgrund zweier über einen Umschlagpunkt verbundenen Hauptläufe typisch für die Anwendung in einem zentralen Transportnetzwerk.
- Transportkette 5: Bei unimodalen Transporten über größere Distanzen kann ein weiterer Umschlagpunkt zwischen den Hauptläufen zu den regionalen Umschlagpunkten erforderlich sein.

Die in Abbildung 2-15 ersichtlichen Umschlag-, Sammelumschlag- und Verteilumschlagpunkte sind mit UP, SP bzw. VP gekennzeichnet.

Abbildung 2-16: Aufbau von Transportketten ¹⁷⁴

Eingliedrige Transportkette bzw. ungebrochener Verkehr

Bei der eingliedrigen Transportkette, auch ungebrochener Verkehr genannt, ist die Quelle ohne Umschlagpunkte direkt mit der Senke verbunden. Im Straßengüterverkehr werden ungebrochene Transporte vor allem bei Ladungs- und Teilladungstransporten realisiert. ¹⁷⁵ Neben dem Straßengüterverkehr kommen sie auch in geringem Maße im Schienengüter- und Binnenschiffverkehr vor. ¹⁷⁶ Da jeweils nur ein Verkehrsträger zum Einsatz kommt werden derartige Transporte auch als unimodal bezeichnet. ¹⁷⁷

Mehrgliedrige Transporte

Wie bereits beschrieben können mehrgliedrige Transportketten und die damit verbundenen Unterbrechungen des Transports sinnvoll sein, wenn Vorlaufphasen dazu benutzt werden, Güter aus einem regionalen Raum zu sammeln. Danach wird der für den Hauptlauf verantwortliche Verkehrsträger durch Frachtbündelung optimal

¹⁷⁴ in Anlehnung an *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 40

¹⁷⁵ vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 49

¹⁷⁶ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 40f.

¹⁷⁷ vgl. *Kummer, S.*, 2018, S. 360

ausgelastet und die Güter können schließlich im Nachlauf an die jeweiligen Empfänger verteilt werden.¹⁷⁸

Mehrgliedrige Transportketten können noch weiter in den kombinierten und gebrochenen Verkehr unterteilt werden. Wird beim Wechsel des Transportmittels auch das Transportbehältnis gewechselt, spricht man vom gebrochenen oder multimodalen Verkehr. Beim kombinierten Verkehr wird das Transportgut hingegen im Transportbehältnis belassen und dieses im Verlauf der Transportkette mit zwei oder mehreren Verkehrsträgern transportiert.¹⁷⁹

Kombinierter Verkehr

Der kombinierte Verkehr hat als Ziel eine wirtschaftliche Nutzung der zur Verfügung stehenden Kapazitäten des Binnen-, See- und Schienenverkehrsnetzes zu ermöglichen. Dadurch soll vor allem der Straßengüterverkehr bezüglich des Verkehrsflusses und des Umweltschutzes entlastet und die Verkehrssicherheit erhöht werden.¹⁸⁰ Die Vorteile der jeweiligen Verkehrsträger können dabei insbesondere auf längeren Transportdistanzen optimal genutzt werden.¹⁸¹

Klassische Beispiele des kombinierten Verkehrs sind Transportketten, in denen der Schienengüterverkehr den Hauptlauf abwickelt und der Straßengüterverkehr den Vor- und Nachlauf. Des Weiteren werden Container oftmals im Vorlauf über Schienen- oder Straßentransporte zu Häfen befördert und von dort mit See- oder Binnenschiffen weitertransportiert.¹⁸²

Im Wesentlichen lässt sich der kombinierte Verkehr in zwei Unterkategorien aufteilen, dem Huckepack- und Behälterverkehr.¹⁸³

Behälterverkehr

Im Behälterverkehr werden genormte Klein- und Großbehälter von einem Verkehrsmittel auf ein anderes umgeladen.¹⁸⁴ Dabei kommen im Wesentlichen Container, Wechselbrücken und Sattelaufleger als Behälter zum Einsatz.¹⁸⁵

Huckepackverkehr im weiteren Sinne

Ladeeinheiten, die einen eigenen Antrieb besitzen, werden als selbstständige Ladeeinheiten bezeichnet. Mit ihnen werden Huckepackverkehre im weiteren Sinne

¹⁷⁸ vgl. *Schieck*, A., 2008, S. 171

¹⁷⁹ vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 139

¹⁸⁰ vgl. *ebenda*, S. 140

¹⁸¹ vgl. *Gleißner*, H./*Femerling*, J., 2016, S. 41

¹⁸² vgl. *Muchna*, C. et al., 2018, S. 142

¹⁸³ vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 140

¹⁸⁴ vgl. *Leitner*, W., 2015, S. 11

¹⁸⁵ vgl. *Aberle*, G., 2009, S. 21f.

durchgeführt.¹⁸⁶ Beim Huckepackverkehr im weiteren Sinne werden folgende Transportarten unterschieden:

- **Huckepackverkehr im engeren Sinne:** Huckepackverkehre im engeren Sinne beschreiben die Verladung von Transportmittel des Straßengüterverkehrs wie LKWs oder Sattelzüge, auf Waggon des Schienengüterverkehrs.¹⁸⁷ Da die Fahrzeuge beim Umschlag aus eigener Kraft auf die Waggon auffahren, sind für den Umschlag keine Kräne notwendig.¹⁸⁸
- **Roll-on Roll-off:** Bei Fährverbindungen in Rand- und Nebenmeeren kommen häufig Roll-on/Roll-off-, kurz Ro-Ro-Verkehre, zum Einsatz.¹⁸⁹ Hier bewegen sich die beladenen Transportmittel des Schienen- und Straßengüterverkehrs mittels Rampen direkt in die Laderäume von Seeschiffen,¹⁹⁰ wodurch keine weiteren Umschlaggeräte erforderlich sind.¹⁹¹ Ro-Ro-Verkehre erreichen ihre höchste Wirtschaftlichkeit vorrangig auf kurzen Transportstrecken.¹⁹²
- **Swim-on Swim-off:** Swim-on/Swim-off Transporte beschreiben die Aufnahme von beladenen Schubleichtern durch größere Seeschiffe, mit denen sie über längere Distanzen weitertransportiert werden.¹⁹³ Als Leichter werden schwimmfähige, großräumige Behälter bezeichnet.¹⁹⁴
- **Bimodale Sattelanhänger:** Bimodale Sattelanhänger sind speziell konzipierte Auflieger, die auf Eisenbahndrehgestelle geschoben und zu einem Zug verbunden werden können. Obwohl außer einem gepflasterten Gleis keine weiteren Umschlaganlagen notwendig sind, hat sich diese Transporttechnik aufgrund der geringen Nutzlast und hohen Investitions- und Betriebskosten nicht am Markt etabliert.¹⁹⁵

Zusammengefasst gelten folgende Aspekte als wirtschaftliche Vorteile des kombinierten Verkehrs:¹⁹⁶

- Energie- und umweltfreundliche Transportverfahren durch verkehrsmittel- und verkehrsträgerübergreifende Transportketten.

¹⁸⁶ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 173

¹⁸⁷ vgl. *Kummer, S.*, 2018, S. 361

¹⁸⁸ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 173

¹⁸⁹ vgl. *ebenda*, S. 173

¹⁹⁰ vgl. *Leitner, W.*, 2015, S. 11

¹⁹¹ vgl. *Aberle, G.*, 2009, S. 23

¹⁹² vgl. *Schuh, G. et al.*, 2013, S. 140

¹⁹³ vgl. *Kummer, S.*, 2018, S. 361

¹⁹⁴ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 173

¹⁹⁵ vgl. *Aberle, G.*, 2009, S. 23

¹⁹⁶ vgl. *ebenda*, S. 22

- Während Vor- und Nachläufe über den Straßengüterverkehr erfolgen, können Langstreckentransporte vom Schienengüter- und Seeschiffverkehr übernommen werden.
- Durch Behälterverkehre können generell Verpackungskosten eingespart werden, insbesondere im Seeschiffverkehr.
- Spezialbehältertypen wie z.B. Kühl-, Tank-, und Gascontainer können auch im kombinierten Verkehr eingesetzt werden.

2.5 Disposition verfügbarer Kapazitäten in der Transportlogistik

Im folgenden Kapitel wird zunächst der Begriff Disposition definiert und deren Bedeutung in der Transportlogistik erklärt. Anschließend werden die daran beteiligten Akteure und deren Aufgaben beschrieben sowie die zur Disposition und Tourenplanung eingesetzten Informations- und Kommunikationssysteme erklärt.

2.5.1 Begriffsabgrenzung und Aufgaben der Disposition

Allgemein wird Disposition nach Gudehus folgendermaßen definiert:

*„Disposition (scheduling) ist die mengenmäßige Einteilung der Aufträge mit aktuellen Leistungsanforderungen und die terminierte Zuweisung der resultierenden internen Aufträge zu den verfügbaren Ressourcen.“*¹⁹⁷

Im Gegensatz zur Planung sind für die Disposition gesicherte Informationen erforderlich, da sie in regelmäßigen, kurzen Zeitabständen von einigen Stunden bis zu mehreren Tagen oder direkt nach dem Auftragseingang, stattfindet. Sie wird deswegen fälschlicherweise oft Kurzfristplanung, Feinplanung, Auftragsplanung oder Supply Chain Event Management genannt. Die Disposition ist jedoch klar von mittel- und langfristigen Planungen sowie der Steuerung zu unterscheiden, weshalb diese Bezeichnungen aufgrund der fehlenden Abgrenzung irreführend sind.¹⁹⁸

In der Transportlogistik ist ein Teilbereich die Transportmitteldisposition. Sie ist für die termingerechte Abarbeitung von Transportaufträgen, unter Nutzung der vorhandenen Transportmittel, verantwortlich.¹⁹⁹ Dabei werden die Transportmittel eindeutig den jeweiligen Transportaufträgen zugeteilt und Umschlagpunkte festgelegt.²⁰⁰

Als Kernaufgaben zählen zudem die Koordination und Überwachung der Transporte. Dadurch soll einerseits die Erfüllung des vertraglich festgelegten Servicegrads sowie die Einhaltung gesetzlicher Rahmenbedingungen gewährleistet und andererseits eine kostengünstige Transportabwicklung erzielt werden. Im Zuge dessen wird auch die tagesgenaue Tourenplanung vorgenommen.²⁰¹ Grundsätzlich sind dabei zwei Aufgabenbereiche zu unterscheiden:²⁰²

- Disposition des Flächenverkehrs
- Disposition des Fernverkehrs

¹⁹⁷ Gudehus, T., 2012a, S. 41

¹⁹⁸ vgl. ebenda, S. 41

¹⁹⁹ vgl. Hellingrath, B., 2008, S. 444

²⁰⁰ vgl. Gleißner, H./Femerling, J., 2016, S. 46

²⁰¹ vgl. Metzler, U., 2013, S. 278

²⁰² vgl. Zäpfel, G./Wasner, M., 2018, S. 374

In der Fernverkehrsdisposition wird für das laufende Transportaufkommen definiert, über welche Umschlagpunkte die jeweiligen Transporte durchgeführt werden sollen.

203

Bei der Disposition von Flächenverkehren werden hingegen die Transportaufträge in Depoteinzugsgebieten abgewickelt. Dabei werden Transportmittel sowohl für die Abholung und Beförderung der Güter von den Kunden zum Depot als auch für die Zustellung vom Depot zu den Kunden, organisiert. In der Zustellung müssen des Weiteren Güter, die über den Hauptlauf aus anderen Depots angeliefert wurden, an die Empfangskunden im Einzugsgebiet verteilt werden.²⁰⁴

Bei der Auswahl des Transportmittels muss auf folgende Faktoren geachtet werden:

205

- zu verladendes Volumen und Gewicht
- benötigte Stellfläche in Lademetern
- benötigte Zeit für die Be- und Entladung
- Abmessungen der Ladeeinheiten wie Behälter, Pakete und Paletten; bei losen Packstücken muss aus Sicherheitsgründen ein Transportmittel mit Kofferaufbau eingesetzt werden.

Grundsätzlich besteht die Disposition aus vier Phasen. Zuerst erfolgt die Annahme von Transportaufträgen, anschließend wird die Zuteilung der Transportmittel zu den Aufträgen gebildet, darauf folgt die Auftragsanweisung und abschließend wird die Fertigmeldung und Verbuchung ausgeführt. Optimierungsmöglichkeiten bieten sich vor allem in der Zuteilungsphase. Dabei werden folgende Punkte angestrebt:^{206 207}

- Maximale Auslastung der einzelnen Transportmittel nach Volumen oder Gewicht und dadurch Minimierung der Transportmittelanzahl
- Minimierung der Leerfahrten
- Mengen- und zeitgerechte Bereitstellung der Lieferungen im Umschlaglager
- Bündelung von Stoppstellen und Zusammenfassung der Waren nach Ablieferort, sodass eine Ablieferstelle nur einmal angefahren werden muss
- Minimierung der zurückgelegten Transportstrecke

²⁰³ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 46

²⁰⁴ vgl. *Zäpfel, G./Wasner, M.*, 2018, S. 374

²⁰⁵ vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 57f.

²⁰⁶ vgl. *Hellingrath, B.*, 2008, S. 444

²⁰⁷ vgl. *Tillner, M.*, 2016, S. 119

2.5.2 Akteure der Transportlogistik

Die beteiligten Akteure im gesamten Transportmarkt sowie spezifisch in der Disposition lassen sich auf Anbieterseite in Frachtführer und Spediteure unterscheiden. Auf der Gegenseite stehen die Nachfrager von Transportleistungen als Verloader bzw. Auftraggeber und Empfänger.²⁰⁸

Zusammen bilden diese Akteure die Kerngruppe und gehen für die Planung und Ausführung der logistischen Prozesse vertragliche Bindungen ein. Darin werden sowohl Leistungen der anbietenden als auch Gegenleistungen der nachfragenden Parteien festgehalten. Derartige Verträge werden ebenso mit Betrieben geschlossen, die durch ihre Beteiligung logistische Prozesse in vielen Bereichen unterstützen oder gar erst möglich machen.²⁰⁹

Im Folgenden werden die Akteure und deren Aufgabengebiete genauer erklärt.

Verlader

Verlader werden als Auftraggeber von Transportaufträgen verstanden, sofern sie die Transportaufgaben nicht mit eigenen Werkverkehren durchführen, sondern von entsprechenden Transportdienstleistern abwickeln lassen. Sie führen jedoch die Verladung vor dem Transport aus, deswegen wird die Gesamtheit der Verlader oftmals auch als verladende Wirtschaft bezeichnet.^{210 211}

Empfänger

Am anderen Ende der Transportkette steht der Empfänger der Ware. Dabei kann es sich um Handels- und Industrieunternehmen oder auch Privatpersonen als Abnehmer handeln. Je nach Lieferbedingungen wird der Empfänger in die Abwicklung des Transports miteingebunden. Bei Ab-Werk-Lieferungen kann der Empfänger beispielsweise selbstständig die Transportdurchführung beauftragen.²¹²

Logistikdienstleister

Viele Unternehmen stellen sich die Frage, bei welchen Produkten oder Leistungen es sich lohnt diese selbst zu erzeugen und in welchen Fällen es günstiger ist diese fremd zu vergeben. Das gilt ebenso für Logistikleistungen, die von Unternehmen inzwischen zunehmend an Logistikdienstleister abgegeben werden. Oft wird die Verantwortung für die gesamte Distributions- oder Beschaffungslogistik auf Systemdienstleister übertragen.

²⁰⁸ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 68ff.

²⁰⁹ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 61

²¹⁰ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 70

²¹¹ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 270

²¹² vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 70

Logistikdienstleister können wie in Abbildung 2-17 dargestellt, je nach angebotener Leistung in folgende wesentliche Gruppen eingeteilt werden:^{213 214}

- Einzeldienstleister wie z.B. Frachtführer bzw. Transporteure
- Verbunddienstleister wie z.B. Spediteure
- Systemdienstleister bzw. 3PL („Third Party Logistics“)
- Netzwerkintegratoren bzw. 4PL („Fourth Party Logistics“)

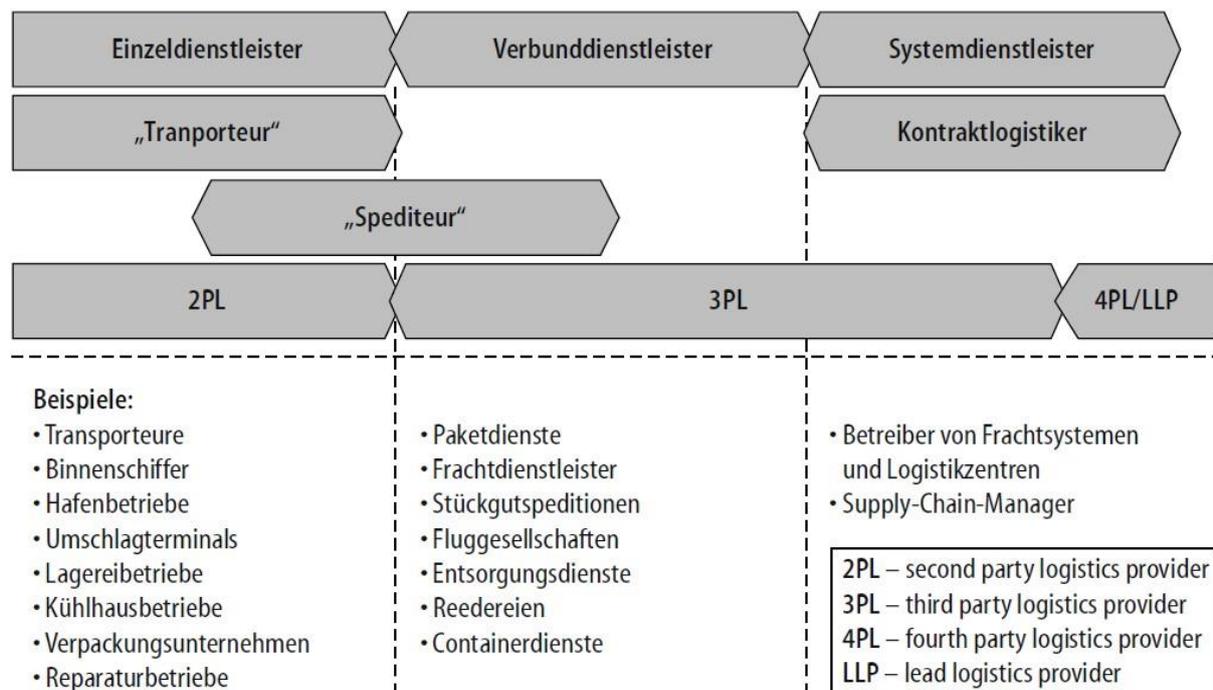


Abbildung 2-17: Logistikdienstleister²¹⁵

Neben den Einzel-, Verbund und Systemdienstleistern sind durch Beratungsunternehmen in letzter Zeit weitere Begriffe von Logistikdienstleistern aus dem angloamerikanischen Raum wie „Third Party Logistics“ oder „Fourth Party Logistics“ entstanden.²¹⁶ Im Folgenden werden die Bezeichnungen und Aufgaben der Logistikdienstleister erläutert.

Einzeldienstleister und Frachtführer

Einzeldienstleister führen in der Regel abgegrenzte Lager-, Umschlag- oder Transportumfänge mit eigenen Transportmitteln oder Logistikbetrieben aus und spezialisieren sich oft auf bestimmte Branchen, Frachtarten oder Transportgüter. Des Weiteren sind sie hauptsächlich in begrenzten Regionen und festen

²¹³ vgl. Wehking, K.-H., 2020b

²¹⁴ vgl. Scholz-Reiter, B. et al., 2008, S. 584

²¹⁵ ebenda, S. 585

²¹⁶ vgl. ebenda, S. 587

Geschäftsbeziehungen tätig. Beispiele für Einzeldienstleister in der Transportlogistik sind: ²¹⁷

- Transportdienstleister
- Umschlagdienstleister
- Lagerdienstleister

Frachtführer sind Transportdienstleister, die gewerbsmäßig den physischen Transport durchführen und sich durch einen Frachtvertrag dazu verpflichten das Transportgut zum Ablieferungsort zu befördern und dort dem Empfänger zu übergeben. Sie zählen somit zu den Einzeldienstleistern. ^{218 219} Die meisten Frachtführer besitzen nur wenige Transportmittel und fungieren daher oftmals als Subdienstleister in der Transportkette, indem sie ihre Dienste großen Spediteuren anbieten. ²²⁰

Verbunddienstleister und Spediteure

Unternehmen, die Teilleistungen von verschiedenen Einzeldienstleistern miteinander verknüpfen, werden als Verbunddienstleister bezeichnet. Neben den Leistungen der Einzeldienstleister setzen sie auch eigene Ressourcen ein und erzeugen so ganze Logistiknetzwerke. Dadurch sind sie in der Lage größere, optimierte Gesamtleistungspakete für ihre Kunden anzubieten. ²²¹

Zu den Verbunddienstleistern gehören auch Speditionen, die sich über einen Speditionsvertrag dazu verpflichten, die Versendung des Transportgutes zu beschaffen. Spediteure sind grundsätzlich nicht an nur einen Verkehrsträger gebunden, dennoch spezialisieren sich vor allem kleinere Speditionen oftmals auf bestimmte Verkehrsträger. ²²² Neben der Spezialisierung auf Verkehrsträger fokussieren sich einige Speditionen auf gewisse Gütergruppen wie Kleider, Schwergut oder Möbel, auf spezielle Transportrelationen oder auf internationale, Grenz oder Inlandstransporte. Des Weiteren gibt es häufig funktionsbezogene Spezialisierungen, wie etwa Versands-, Umschlags- und Empfangsspeditionen. ²²³

Werden Transportleistungen als speditioneller Gemischtbetrieb auch selbst erbracht, spricht man vom Selbsteintritt. ²²⁴ Speditionen dieser Art kommen in der nationalen Logistik zwar häufig vor, in der Regel agieren die Speditionen jedoch als Management- und Beratungsorgane. ²²⁵

²¹⁷ vgl. *Gudehus, T.*, 2012b, S. 1042

²¹⁸ vgl. *Leitner, W.*, 2015, S. 17

²¹⁹ vgl. *Frindik, R.*, 2008, S. 734

²²⁰ vgl. *Linke, R.*, 2014, S. 33

²²¹ vgl. *Scholz-Reiter, B. et al.*, 2008, S. 585f.

²²² vgl. *Wehking, K.-H./Hager, H.-J.*, 2020, S. 776f.

²²³ vgl. *Pfohl, H.-C.*, 2018, S. 309

²²⁴ vgl. *Gleißner, H./Femerling, J.*, 2016, S. 70

²²⁵ vgl. *Schieck, A.*, 2008, S. 61

Speditionen bieten somit Logistikleistungen an, die sich folgendermaßen einteilen lassen: ²²⁶

- Speditionelle Kernleistungen: Sie beinhalten die Planung und Steuerung der Transportkette, die Auswahl von Frachtführern, das Aufsetzen von Frachtverträgen, die Transportmittelauswahl, das Erstellen von Transportdokumenten und die Verzollung.
- Abwicklung der sogenannten TUL Leistungen: Transport, Umschlag und Lagerhaltung.
- Logistische Zusatzleistungen: Dazu zählen beispielsweise die Sortierung, Kommissionierung, Verpackung und Signierung.
- Logistische Informationsleistungen: Darunter fallen die Sendungsverfolgung, Lagerverwaltung, Materialdisposition und das Bestandsmanagement.
- Nichtlogistische Zusatzleistungen: Derartige Leistungen sind unter anderem die Versicherung, Kreditabwicklung, Montage, Regalpflege oder Retourenbearbeitung.

Systemdienstleister und 3PL

Das größte logistische Leistungsspektrum bieten Systemdienstleister, auch Third Party Logistics (3PL) genannt. Sie zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass ihr Angebot spezifisch an den Bedarf eines oder weniger Großkunden angepasst wird. Dafür betreiben Systemdienstleister gesamte Logistiknetzwerke, die sowohl eigene Ressourcen als auch jene von Einzel und Verbunddienstleistern, einschließlich deren eben beschriebenen Leistungen, beinhalten. ²²⁷

Systemdienstleister lassen sich von anderen Logistikdienstleistern vor allem dadurch abgrenzen, dass sie die volle Qualitäts-, Kosten- und Leistungsverantwortung für den Leistungsbedarf des Auftraggebers übernehmen. ²²⁸ Des Weiteren bieten sie oftmals die oben genannten Zusatzleistungen, sogenannte Value Added Services wie Verpackung, Etikettierung, Kundendiensttätigkeiten und Bestandsverwaltung an. Für derartige Leistungen sind jedoch vorrangig langfristige Partnerschaften zwischen Kunde und Dienstleister erforderlich. ²²⁹ Eine langfristige, arbeitsteilige Kooperation zwischen Händler oder Hersteller und einem Logistikdienstleister, wird auch als Kontraktlogistik bezeichnet. ²³⁰

²²⁶ vgl. Linke, R., 2014, S. 34f.

²²⁷ vgl. Scholz-Reiter, B. et al., 2008, S. 586

²²⁸ vgl. Gudehus, T., 2012b, S. 1044f.

²²⁹ vgl. Koch, S., 2012, S. 190f.

²³⁰ vgl. ebenda, S. 191

Netzwerkintegratoren und 4PL

Die Entwicklung des 4PL-Konzepts basiert auf der ständigen Weiterentwicklung des Supply Chain Management-Prinzips und ist als eine Weiterführung der Bezeichnungen 1PL, 2PL und 3PL zu betrachten. ²³¹

4PL Logistikdienstleister übernehmen die Planung und Koordination der gesamten Lieferkette und übermitteln erforderliche Informationen an alle beteiligten Partner. Die Durchführung physischer Logistikprozesse liegt nicht mehr im Aufgabenbereich des 4PL, sondern wird an andere Dienstleister, z.B. Systemdienstleister bzw. 3PL vergeben. ²³² Die Bestrebung nach der Auslastungsmaximierung eigener Transportmittel wird durch die Bestrebung nach einer Leistungssteigerung der gesamten Lieferkette unter Verwendung der am Markt angebotenen Kapazitäten, ersetzt. ²³³

Um ganzheitliche Lösungen dieser Form zu realisieren, wird das 3PL-Konzept um strategische Elemente und die Implementierung von IT-Systemen erweitert. ²³⁴ An diese Informations- und Kommunikationssysteme werden beispielsweise auch Produktions- und Handelspartner, einschließlich deren Zulieferern angebunden, um die Warenflüsse aufeinander abzustimmen. ²³⁵

2.5.3 Informations- und Kommunikationssysteme

Die Hersteller von Informations- und Kommunikationssystemen bieten ein großes Angebot von Softwareanwendungen zur Unterstützung von Transport-, Umschlag- und Lagerprozessen an. ²³⁶

Anfangs wurde die Disposition und Planung von Ladungen und Touren hauptsächlich über das ERP (Enterprise Resource Planning) -System, selten auch über das WMS (Warehouse Management System) abgewickelt. In den letzten Jahren haben sich jedoch sogenannte Transportmanagement Systeme, kurz TMS, in der Logistik etabliert. ²³⁷

²³¹ vgl. *Scholz-Reiter*, B. et al., 2008, S. 587

²³² vgl. *Koch*, S., 2012, S. 191

²³³ vgl. *Geiger*, C., 2013, S. 69

²³⁴ vgl. *Koch*, S., 2012, S. 191

²³⁵ vgl. *Geiger*, C., 2013, S. 68

²³⁶ vgl. *Schieck*, A., 2008, S. 396

²³⁷ vgl. *Albrecht*, W., 2020, S. 55

Transportmanagementsysteme

Transportmanagementsysteme behandeln im Wesentlichen das Transportkostenmanagement und die Tourenplanung.²³⁸ Sie befinden sich aktuell sowohl bei Verladern als auch bei Logistik-Dienstleister in Verwendung.²³⁹ Neben den Standard-TMS setzen Transportdienstleister oftmals maßgeschneiderte Softwareanwendungen ein, die über spezifisch an Unternehmen angepasste Dienstleistungen und Prozesse verfügen.²⁴⁰

Prinzipiell übernehmen TMS Funktionen wie das Entgegennehmen von Aufträgen, die Versandterminierung, die Transportdisposition und Routenplanung, die Berechnung der Frachtkosten sowie die Transportabwicklung und -überwachung. Vor allem die Optimierung der Routenplanung und eine effiziente Nutzung des Laderaums rücken dabei immer mehr in den Vordergrund.²⁴¹

Des Weiteren wird mit TMS die Transparenz in der Transportlogistik erhöht, es dient in Bezug auf den Austausch logistischer Daten als die dritte zentrale Drehscheibe neben dem ERP und WMS. Wie in Abbildung 2-18 ersichtlich, ist das TMS nicht nur mit dem ERP und WMS verbunden, sondern verfügt häufig auch über eine Schnittstelle zu externen Transportdienstleistern, mit dem Ziel die Abarbeitung von Transportaufträgen im Online-Verfahren zu ermöglichen.²⁴²

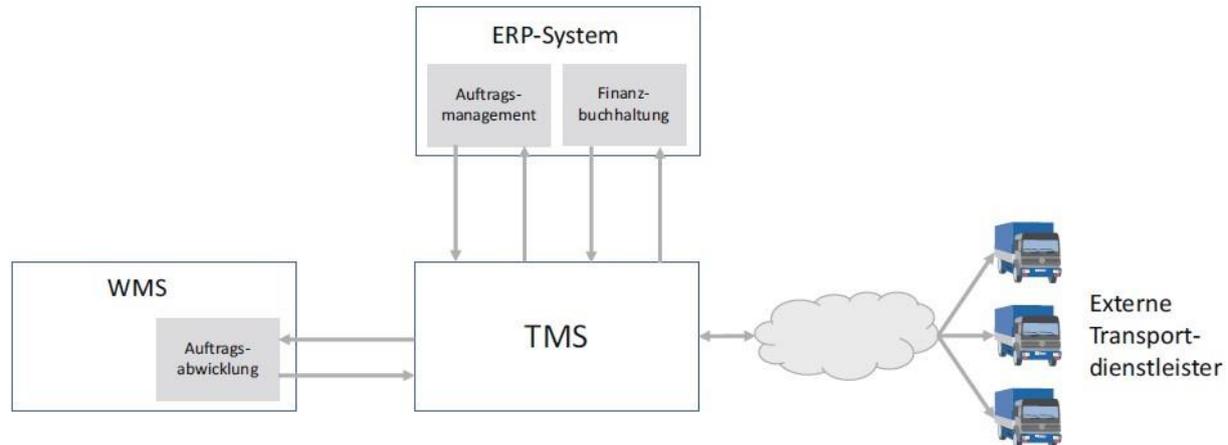


Abbildung 2-18: Kommunikationsstelle eines TMS²⁴³

Außerdem wird durch die vertikale Integration die Basis für eine kontinuierliche Optimierung des operativen Betriebs geschaffen. So werden beispielsweise komplexe Netzplanungsdaten zwischen dem TMS und strategischen Planungs- und

²³⁸ vgl. *Stich, V./Oedekoven, D./Brosze, T.*, 2013, S. 281

²³⁹ vgl. *Recknagel, R./Beisswenger, P.*, 2020, S. 41

²⁴⁰ vgl. *Stich, V./Oedekoven, D./Brosze, T.*, 2013, S. 281

²⁴¹ vgl. *ebenda*, S. 281

²⁴² vgl. *Albrecht, W.*, 2020, S. 56

²⁴³ *ebenda*, S. 56

Optimierungssystem ausgetauscht, die in Kombination mit erfassten Echtzeitdaten weiteres Verbesserungspotenzial aufzeigen.²⁴⁴

Diese Daten werden über einen rechnergestützten Verbund zwischen Disposition, Fahrer und Transportmittel ausgetauscht und basieren auf einer automatischen und digitalisierten Zustands- und Betriebsdatenerfassung im Fahrzeug. Mittels Sensorik werden beispielsweise Stand- und Fahrzeiten, Treibstoffverbrauch oder die Funktionsfähigkeit der Aggregate erfasst. Neben den Sensordaten im Bordcomputer werden auch Kunden-, Entlade- und Beladeinformationen weitergegeben.²⁴⁵

Dies führt dazu, dass eine Großzahl der TMS dynamische Optimierungsverfahren anbietet, sodass der Bediener auf nachträgliche Änderungen reagieren und die Touren- und Laderaumplanung während der Durchführung entsprechend anpassen kann.²⁴⁶ Spediteure und Frachtführer geben beispielsweise Informationen zur aktuellen Verkehrslage oder auch neue Routen bei Veränderungen der Kundenaufträge an die Fahrer weiter.²⁴⁷

Zusammengefasst bieten TMS folgende Vorteile:²⁴⁸

- eine weitgehende Automatisierung der Prozesse des Transportmanagements
- eine optimierte Auslastung der Transportmittel
- eine optimierte Transportabwicklung
- eine nahtlose Verknüpfung der Transportprozesse mit den Prozessen innerhalb des Lagers und Distributionszentrums
- eine leistungsbezogene Bewertung und Abrechnung der Transporte

Tourenplanung und Routenoptimierung

Die bereits angesprochene Tourenplanung hat als Aufgabe, unterschiedliche Transportaufträge kurzfristig, oftmals innerhalb eines Tages, mit einem bestehenden Fuhrpark abzuwickeln.²⁴⁹ Dabei werden kleinere Transportaufträge zu Touren zusammengefasst, da sie einzeln die Transportmittel nicht auslasten würden.²⁵⁰ Dadurch sollen zum einen die Kosten des Transports gesenkt und zum anderen die Umweltbelastung minimiert werden.²⁵¹

Im Zuge der Tourenplanung werden somit Standard bzw. Rahmentouren erstellt, die in regelmäßigen Zeitabständen, meist wöchentlich oder täglich, ein gewisses Gebiet

²⁴⁴ vgl. *Prestifilippo*, G., 2017, S. 230

²⁴⁵ vgl. *Aberle*, G., 2009

²⁴⁶ vgl. *Albrecht*, W., 2020, S. 62

²⁴⁷ vgl. *Schieck*, A., 2008, S. 397

²⁴⁸ vgl. *Albrecht*, W., 2020, S. 55f.

²⁴⁹ vgl. *Buscher*, U., 2018, S. 29

²⁵⁰ vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 145

²⁵¹ vgl. *Kleckhäfer*, K., 2018, S. 1176

beliefern und dabei einen mehr oder weniger festen Verlauf aufweisen.²⁵² Die Vorgangsweise der Tourenplanung lässt sich grob in zwei Teilprobleme unterteilen:²⁵³
254

- Die Zuordnung der Kunden zu den jeweiligen Touren: Aus der Menge der einzuplanenden Aufträge werden Gruppen erstellt, deren Kunden aufgrund gegebener Restriktionen Gemeinsamkeiten aufweisen und zu einer Tour zusammengefasst werden können. Dazu zählen beispielsweise Gebietszugehörigkeiten wie Regionen oder Postleitzahlen, das Zeitfenster, in dem eine Be- bzw. Entladung möglich ist oder Transportrestriktionen wie z.B. die maximale Transportmittelgröße in einem gewissen Belieferungsort.
- Die Festlegung der Belieferungsreihenfolge der Kunden innerhalb der jeweiligen Tour: Mit Hilfe eines Optimierungsalgorithmus werden die Be- und Entladeorte entlang der Tour so miteinander verbunden, dass die zurückgelegte Transportstrecke und die Transportkosten minimal sind.

Da es eine Vielzahl an Varianten mit verschiedensten Restriktionen gibt, ist das Optimierungsproblem ein sehr komplexes. Dabei müssen neben den typischen Restriktionen, die das Volumen, das Gewicht, die Entfernung und die Be- bzw. Entladungszeitfenster betreffen, unter anderem auch die Geschwindigkeitsbegrenzungen der Transportmittel,²⁵⁵ oder die gesetzlichen Vorgaben wie Ruhe- und Lenkzeiten, berücksichtigt werden.²⁵⁶

Im Zuge der Tourenbildung wird bereits häufig der erste Schritt zur Laderaumoptimierung ausgeführt. Die Aufgabe der Laderaumoptimierung besteht darin, die Transportgüter beim Beladen so anzuordnen, dass die Laderaumkapazität des betreffenden Transportmittels optimal genutzt werden kann. Hier entstehen weitere Restriktionen wie Vorgaben zur Ladungssicherung, Gefahrgutvorschriften oder Zusammenladungsverbote sowie die Entladungsreihenfolge, auf die geachtet werden muss.²⁵⁷

Tourenplanungssoftware

Neben den bereits beschriebenen TMS existieren auch spezielle Tourenplanungssysteme, die von Speditionen zur Planung von Vor- und Nachläufen eingesetzt werden. Dazu werden von der Wissenschaft erarbeitete Methoden, die sogenannten Tourenplanungsmodelle, in die Systeme integriert.²⁵⁸

²⁵² vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 145

²⁵³ vgl. *Albrecht*, W., 2020, S. 60

²⁵⁴ vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 145

²⁵⁵ vgl. *ebenda*, S. 145

²⁵⁶ vgl. *Albrecht*, W., 2020, S. 60

²⁵⁷ vgl. *ebenda*, S. 62

²⁵⁸ vgl. *Zäpfel*, G./*Wasner*, M., 2018, S. 374

Tourenplanungssysteme unterstützen die Disposition und Tourenbildung, indem sie den Unternehmen Entscheidungshilfen bieten und somit einen wirtschaftlichen Einsatz der Transportmittel fördern. Moderne Systeme beinhalten mindestens folgende Komponenten: ²⁵⁹

- Schnittstellen, die den automatischen Import und Export aller benötigten Daten aus den relevanten IT-Systemen ermöglichen,
- grafische Benutzeroberflächen zur Visualisierung von Straßenkarten und Tabellen,
- automatische Planungsfunktionen, sowohl manuell als auch interaktiv,
- Parametereingaben, sodass alle wichtigen Restriktionen berücksichtigt werden,
- Ergebnisaufbereitung mittels Drucklisten und Statistiken.

²⁵⁹ vgl. *Schuh*, G. et al., 2013, S. 146

3 State-of-the-Art „Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten“

Aufgrund des zunehmenden Drucks, ökonomisch und ökologisch effizient zu handeln, stehen die Akteure der Transportlogistik vor großen Herausforderungen. Der Bedarf der effizienten Nutzung verfügbarer Transportkapazitäten nimmt stetig zu. Diese Herausforderung soll durch verbesserte Kooperationen und das Teilen von Ressourcen erreicht werden. In der Logistik reichen diese Ressourcen dabei von Transportfahrzeugen über physische Logistikanlagen bis hin zu Daten und Informationen. Das Problem teilbeladener LKWs wird vor allem durch die Zunahme kleiner und individualisierter Sendungen verschärft. Durch die bessere Nutzung der LKWs sollen mehrere kleine Sendungen zu einer vollen LKW-Ladung konsolidiert werden. Dies soll durch horizontale Kooperationen, bei der Unternehmen auf der gleichen Ebene der Lieferkette Partnerschaften eingehen, realisiert werden. Ein Beispiel für eine solche Zusammenarbeit in der Logistik ist eine Gruppe von Spediteuren, die Transportanfragen austauschen. ^{260 261}

Durch die Zusammenarbeit und Teilung der Ressourcen sollen Leerlaufzeiten von LKWs, die Logistikkosten und schädliche CO₂-Emissionen reduziert sowie die Auslastung sämtlicher Logistikanlagen verbessert werden. Gleichzeitig sollen die Einnahmen für Spediteure und Verlader erhöht und die Servicequalität gesteigert werden. ^{262 263}

Speditionskooperationen werden üblicherweise über Online-Portale und auktionsbasierte bilaterale Austauschsysteme realisiert. ²⁶⁴ Der Abgleich zwischen Ladungsinformationen und LKW-Informationen ist der Schlüssel zum Aufbau von Plattformen für die gemeinsame Nutzung von Logistikinformatoren. ²⁶⁵

Während Unternehmen generell an der Digitalisierung und Integration entlang der Wertschöpfungskette interessiert sind, steht man bei der Umsetzung derartiger Plattformen jedoch vor folgenden Herausforderungen: ^{266 267 268 269}

²⁶⁰ vgl. *Gansterer, M. et al.*, 2020b, S. 1

²⁶¹ vgl. *Daudi, M./Thoben, K.-D.*, 2020a, S. 101

²⁶² vgl. *Feng, M./Cheng, Y.*, 2021, S. 61

²⁶³ vgl. *Daudi, M./Thoben, K.-D.*, 2020a, S. 101

²⁶⁴ vgl. *Gansterer, M. et al.*, 2020b, S. 1

²⁶⁵ vgl. *Feng, M./Cheng, Y.*, 2021, S. 61

²⁶⁶ vgl. *Gansterer, M. et al.*, 2020b, S. 1

²⁶⁷ vgl. *Feng, F. et al.*, 2017a, S. 551

²⁶⁸ vgl. *Feng, M./Cheng, Y.*, 2021, S. 61

²⁶⁹ vgl. *Wang, Z. et al.*, 2020, S. 2

- Die Unternehmen zögern, kritische Daten, wie z. B. ihre bestehenden Kunden, Kostenstruktur und Kapazitäten, preiszugeben.
- Die beteiligten Verlager und Spediteure haben unterschiedliche Interessen an der Optimierung der Prozesse, weshalb ein einheitliches System schwer umsetzbar ist.
- Die Unternehmen zweifeln oftmals daran, ob die veröffentlichten Informationen wahr sind und ob die Waren sicher und rechtzeitig geliefert werden können. Dadurch vertrauen sie weiterhin auf Empfehlungen anderer Akteure und achten dabei auf den Servicelevel des Partners und den Standard der Informationstechnologie.
- Von den Spediteuren werden viele unterschiedliche Informationssysteme benutzt. Dies erschwert den Abgleich zwischen Ladungsinformationen und LKW-Informationen.

Sogenannte „Smart Transport Windows“ stellen eine mögliche Lösung dieses Problems dar. Dabei sollen interne und externe Daten der Spediteure mit Hilfe einer zentralen Cloud-Plattform auf einheitliche Weise zusammengefasst ²⁷⁰ und ein kollaboratives sowie datengetriebenes Transportmanagementmodell realisiert werden. Dies soll unter anderem durch generierte Echtzeitdaten des LKWs und der Vernetzung der Fahrer mit dem Transportgeschehen ermöglicht werden. ²⁷¹

Es lassen sich im Wesentlichen drei Modelle unterscheiden, die diesen Ansatz verfolgen: ²⁷²

- **Software as a Service (SaaS):** Im SaaS-Modell werden IT-Infrastruktur und Software von einem externen Anbieter betrieben und vom Kunden als Dienstleistung bezogen. Über einen cloudbasierten Dienst soll eine automatische Auftragsabwicklung zwischen Frachtführer und Verlager realisiert werden. ²⁷³
- **Frachtenbörsen und Marktplätze:** Sie bieten eine unabhängige Plattform auf der Frachtführer freie Kapazitäten anbieten können, während Verlager Informationen über ihre ausständigen Transporte zur Verfügung stellen. Sowohl die Vermittlung zwischen Frachtführer und Verlager als auch die Transportabwicklung wird dabei völlig digital abgebildet. ²⁷⁴
- **Digitale Speditionen:** Sie übernehmen ähnlich zu traditionellen Speditionen die volle Verantwortung für den Transportprozess, visualisieren jedoch die gesamte Dokumentation beginnend bei der Auftragserstellung über Transportprozesse bis hin zu After-Sales-Services, in einem digitalen

²⁷⁰ vgl. *Heinbach, C. et al.*, 2020b, S. 466

²⁷¹ vgl. *ebenda*, S. 470

²⁷² vgl. *Dietrich, A./Fiege, F.*, 2017, S. 38f.

²⁷³ vgl. *ebenda*, S. 39

²⁷⁴ vgl. *ebenda*, S. 39

Dashboard, auf das alle Parteien zugreifen können und in Echtzeit Informationen über den Transportstatus erhalten. ²⁷⁵

Im Folgenden werden Anbieter dieser Kategorien genannt und deren Systeme beschrieben, die bereits in der Lage sind, verfügbare Transportkapazitäten zu identifizieren und visualisieren und dadurch die Disposition freier Restkapazitäten für Verlader, Frachtführer und Logistikdienstleister zu vereinfachen. Des Weiteren werden die Systeme dahingehend analysiert, ob sie die neu entstehenden Stationen optimal in bestehende Touren integrieren.

E-Groupage von COLO21

COLO21 ist ein neutraler Vermittler und bietet über die E-Groupage Plattform eine Mitfahrzentrale für Güter an, in der Speditionen freie Kapazitäten in ihren regelmäßigen Transportrelationen vermerken. Verlader oder andere Spediteure können diese Restkapazitäten wiederum für ihre Beladungsmöglichkeiten nutzen. ²⁷⁶

Spediteure können im Browser nach Unternehmen suchen, die den Hauptlauf oder die Feinverteilung einer bestimmten Stückgutsendung anbieten. Die Transportpartner hingegen füllen elektronische Formulare aus, in denen sie eintragen auf welchen Routen, zu welcher Uhrzeit, wieviel Kapazität frei ist sowie den Preis, zu dem sie gegebenenfalls weitere Ladungen aufnehmen. Findet ein Spediteur passende Kapazitäten für seinen Transport, kann er über die E-Groupage Plattform eine Kooperationsanfrage an das jeweilige Unternehmen senden. ²⁷⁷ In Abbildung 3-1 ist das Dashboard der E-Groupage Plattform abgebildet.

²⁷⁵ vgl. *Dietrich, A./Fiege, F.*, 2017, S. 39

²⁷⁶ vgl. <https://www.startupbrett.de/colo21-ag/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁷⁷ vgl. <https://www.openpr.de/news/842676/Glaeserne-Spedition-Mit-Colo21-erhalten-Verlader-Einblick-in-die-Qualitaet-ihrer-Transportdienstleister.html> (gelesen am: 30. 6. 2021)

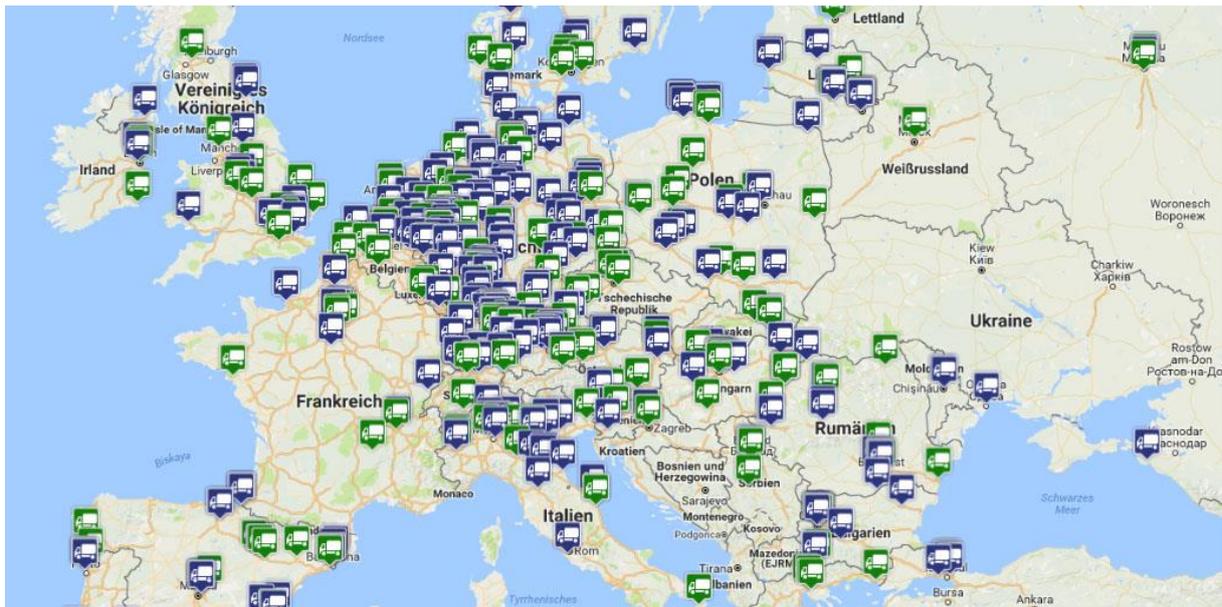


Abbildung 3-1: Dashboard der E-Groupage Plattform ²⁷⁸

Saloodo

Saloodo ist ein Startup, das mit dem Transportdienstleister DKV eine strategische Partnerschaft eingegangen ist. Dessen Kunden können offene Transportaufträge auf der Saloodo Plattform sehen und direkt Angebote abgeben. Dies geschieht jedoch basierend auf dem jeweiligen Standort der getrackten Fahrzeuge, sodass Disponenten zusätzliche Aufträge generieren können und Leerfahrten reduziert werden. ²⁷⁹ In Abbildung 3-2 ist das Dashboard von Saloodo abgebildet.

²⁷⁸ <https://www.startupbrett.de/colo21-ag/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁷⁹ vgl. <https://www.materialfluss.de/logistik-dienstleister/saloodo--kooperiert-mit-dkv.htm> (gelesen am: 30. 6. 2021)

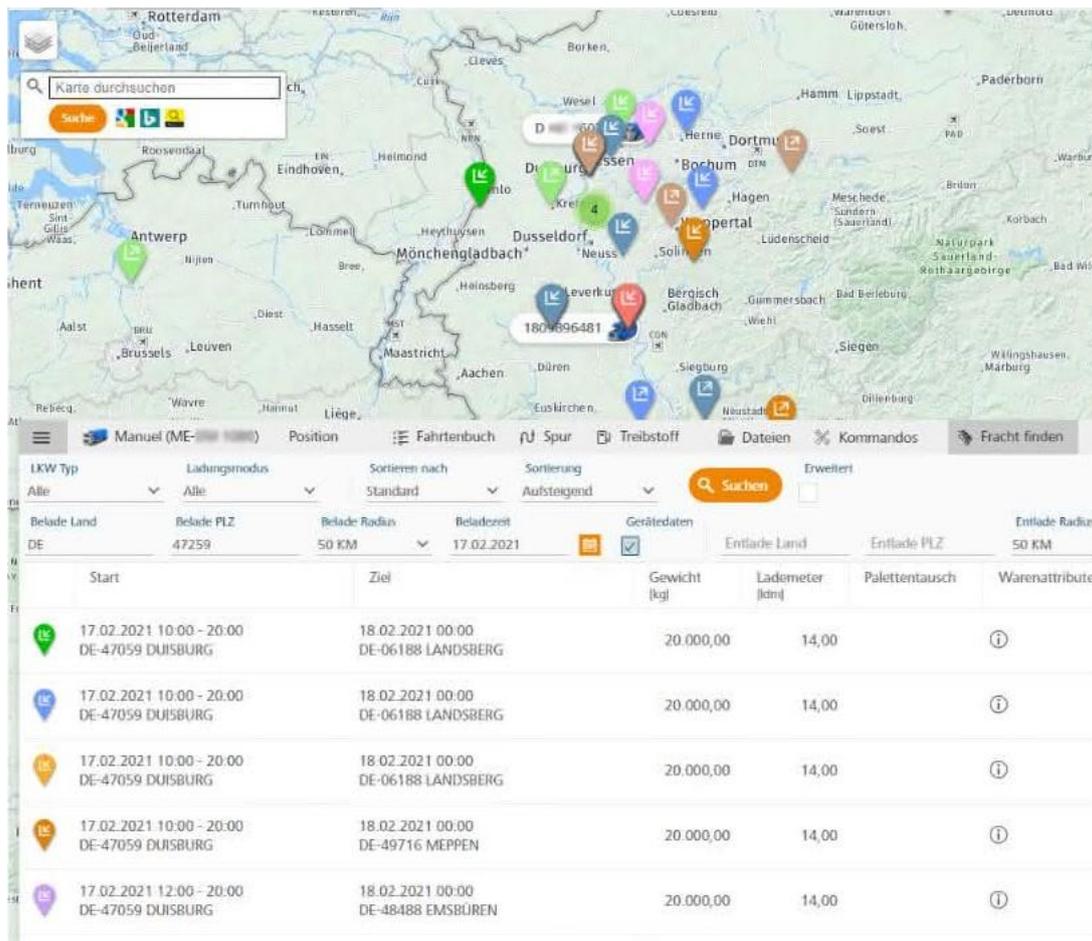


Abbildung 3-2: Dashboard von Saloodo ²⁸⁰

Flexport

Flexport ist eine digitale Spedition, welche die Digitalisierung der gesamten Transportkette weiter vorantreibt. ²⁸¹ Mit Hilfe eines Echtzeit-Datenmanagements werden verantwortliche Kontaktpersonen der jeweiligen Unternehmen sofort benachrichtigt, sollten sich Abweichungen oder Lieferverzögerungen abzeichnen. ²⁸² In Abbildung 3-3 ist das Dashboard von Flexport abgebildet.

²⁸⁰ <https://www.materialfluss.de/logistik-dienstleister/saloodo--kooperiert-mit-dkv.htm> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁸¹ vgl. <https://www.pressebox.de/inaktiv/flexport-inc/Flexport-2-0-Plattform-fuer-umfassende-digitale-Logistik-Workflows/boxid/983448> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁸² vgl. ebenda

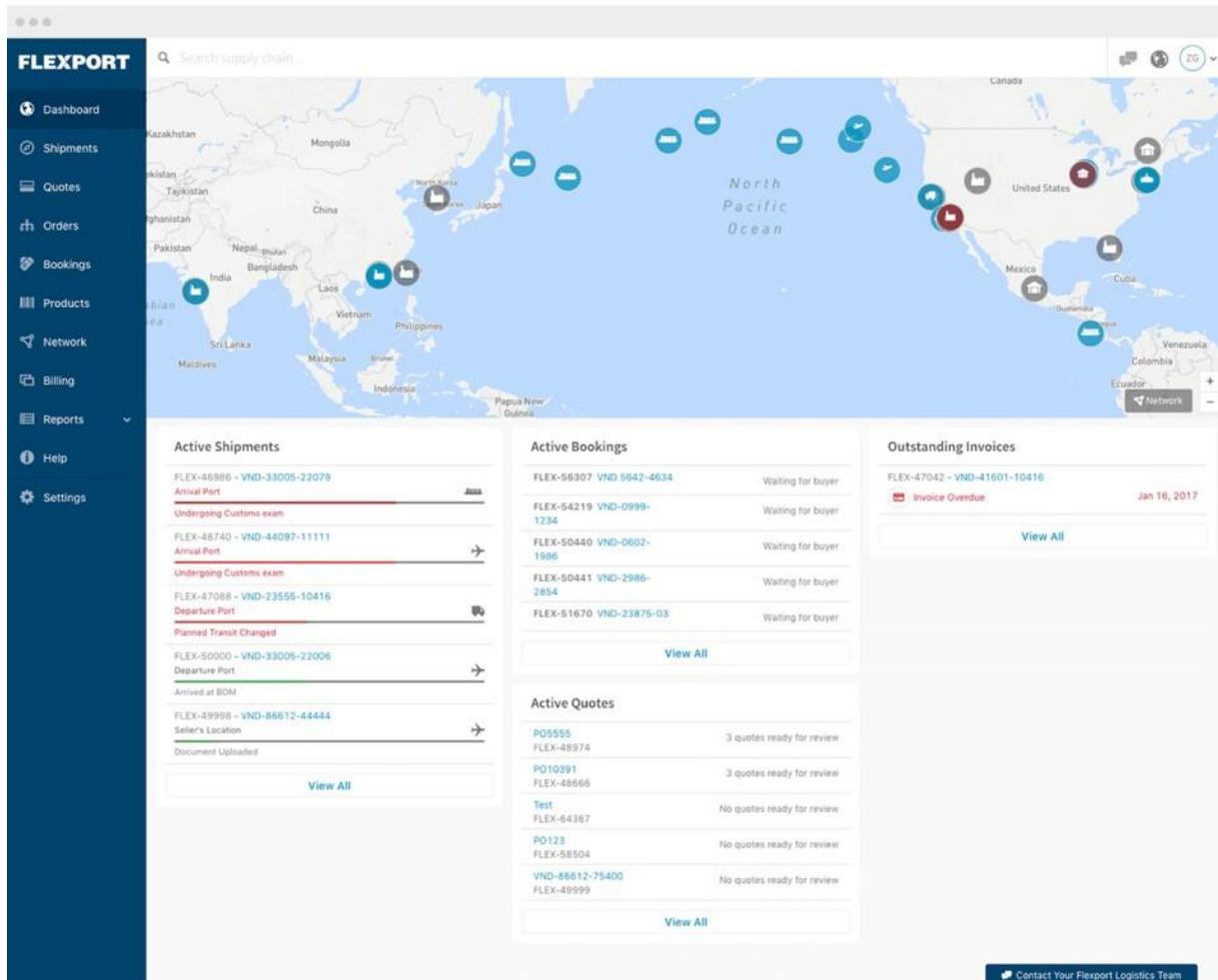


Abbildung 3-3: Dashboard von Flexport ²⁸³

Instafreight

Instafreight hat eine Transport-Management-Plattform entwickelt, die sowohl operative als auch finanzielle Transparenz der Transportkette ermöglicht und dadurch eine bessere Auslastung der Frachtführer anstrebt. Dazu werden Prozesse wie die Auftragsvergabe, die Frachtabrechnung sowie die Aufbereitung wichtiger Kennzahlen standardisiert und automatisiert und den Kunden ein Überblick der aktuellen Transporte ermöglicht. ²⁸⁴ In Abbildung 3-4 ist das Dashboard von Instafreight abgebildet.

²⁸³ <https://andrewcoyle.com/flexport.html> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁸⁴ vgl. <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/instafreight-startet-mit-transportmanagement-2671417.html> (gelesen am: 30. 6. 2021)

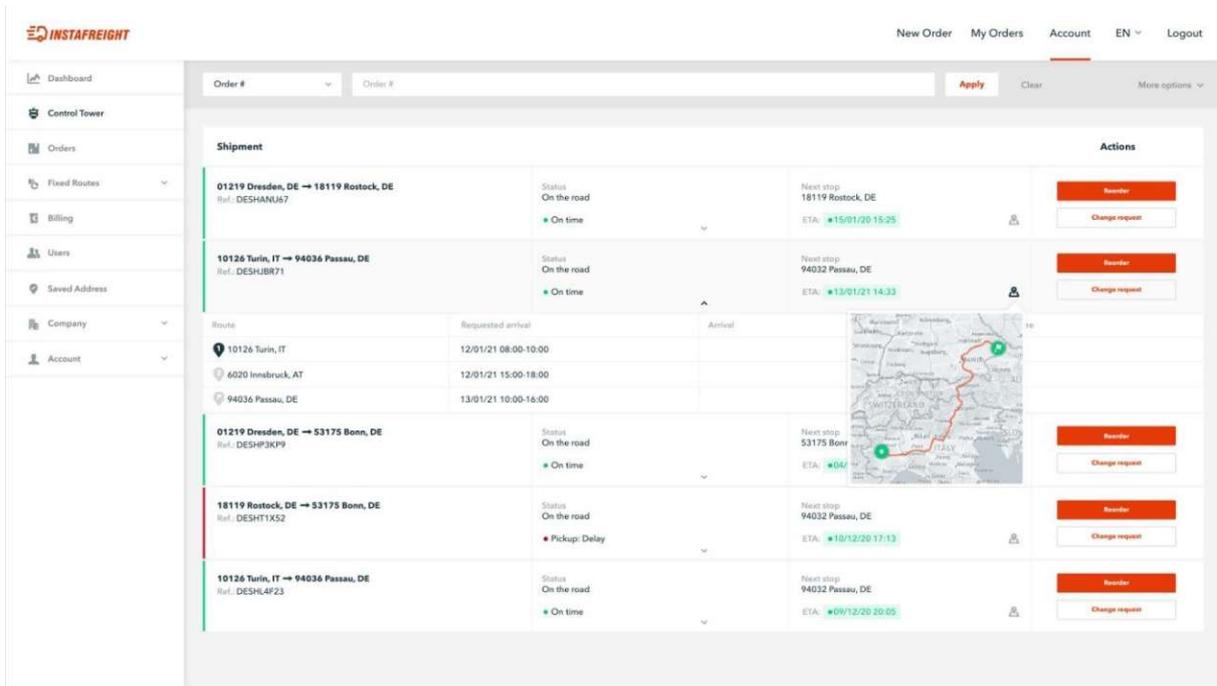


Abbildung 3-4: Dashboard von Instafreight ²⁸⁵

Transdata

Die Speditionssoftware von Transdata bietet die Anwendung „Dispo-Monitor“ an, die Telematikdaten in Echtzeit aufbereitet und diese in Form eines Zeitstrahls visualisiert. Dadurch werden Abweichungen vom planmäßigen Transportablauf angezeigt. Zusätzlich wird eine Transportmanagementfunktion integriert, mit der Auftragsdaten an mobile Endgeräte gesendet und Statusinformationen in Echtzeit importiert werden. ²⁸⁶ In Abbildung 3-5 ist das Dashboard des Dispo-Monitors abgebildet.

²⁸⁵ <https://www.instafreight.de/shippers> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁸⁶ vgl. <https://www.internationales-verkehrswesen.de/transdata-speditionssoftware-komalog/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

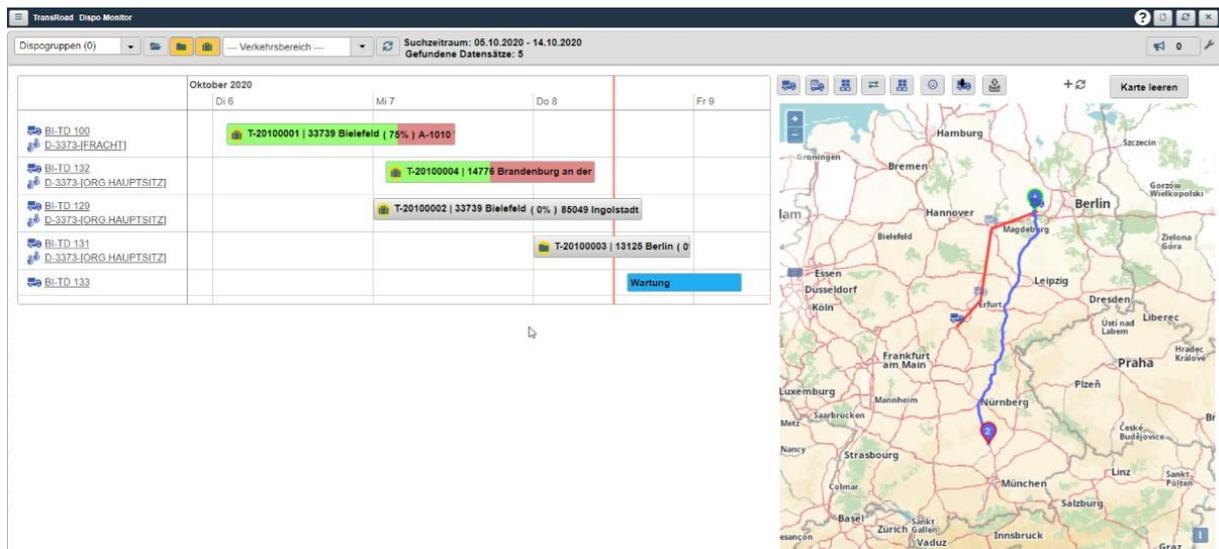


Abbildung 3-5: Dashboard von Dispo-Monitor ²⁸⁷

Dizzbo

Dizzbo ist ein digitaler Spediteur dessen System einer Matching-Plattform entspricht. Hier geben Fahrer und Disponenten freie Kapazitäten ihrer Fahrten an, einschließlich Zusatzinformationen wie z.B. mögliche Ladezeiten. Sobald ein Mitglied der Plattform einen LKW für seine Ladung sucht, filtert der Matching-Algorithmus passende Angebote heraus. Dabei wird anhand der Echtzeit GPS-Daten des jeweiligen LKWs überprüft, ob der Auftrag realistischerweise erledigt werden kann, ohne das eigentliche Ziel der Basisladung zu verfehlen. Gleichzeitig wird der Preis basierend auf Gewicht der Ladung, Fahrkilometer einschließlich Umwege und Nachfragesituation berechnet. Des Weiteren werden pro Teilladung, Verzögerungen durch Be- und Entladezeiten mit jeweils 45 bis 60 Minuten einkalkuliert. Das System erfasst sowohl Spot-Verladungen als auch feste Kundenkontrakte. Wird ein Auftrag vergeben, erfolgt die gesamte Abwicklung vom Auftrag bis zur Empfangsbestätigung und Rechnungslegung völlig digital. ²⁸⁸ In Abbildung 3-6 ist das Dashboard von Dizzbo abgebildet.

²⁸⁷ <https://www.transdata.net/transport-management-transroad/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁸⁸ vgl. <https://www.dvz.de/rubriken/land/spedition/detail/news/dizzbo-will-nicht-ausgelastete-lkw-fuellen.html> (gelesen am: 30. 6. 2021)

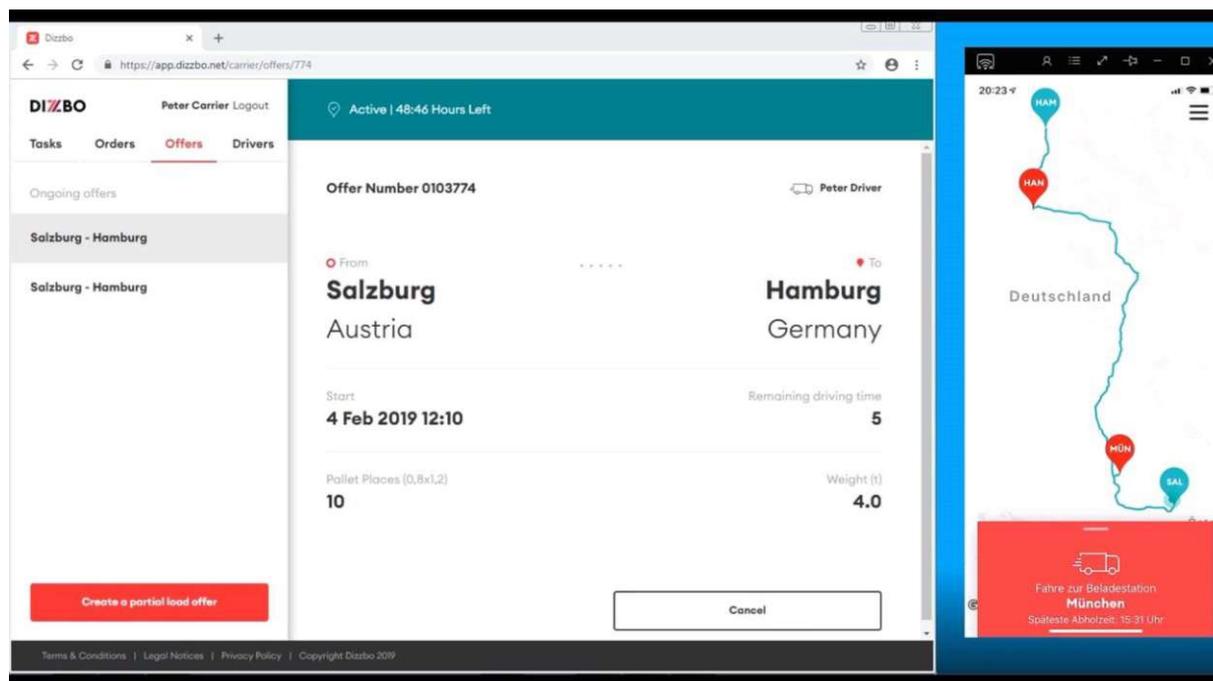


Abbildung 3-6: Dashboard von Dizzbo ²⁸⁹

Cargonexx

Cargonexx setzt bei ihrer Plattform auf Künstliche Intelligenz. Der Machine-Learning-Algorithmus wertet Millionen von Tourdaten aus und sieht so vorher wann, welcher LKW, wo gebraucht wird. Dabei fließen Frachtdaten, Verkehrsdaten, Wetterdaten etc. in die Analyse ein. Dadurch soll den Auftraggebern zuvorgekommen werden und ein möglichst voller Transport zusammen mit anderen Ladungen in der Nähe organisiert werden. Während Auftraggeber ihre Transportaufträge in das System eingeben, werden freie Kapazitäten von Logistikunternehmen eingetragen. Sobald ein Auftrag für beide Parteien passend erscheint, bekommen die Unternehmen eine Benachrichtigung. ²⁹⁰ In Abbildung 3-7 ist das Dashboard von Cargonexx abgebildet.

²⁸⁹ <https://vimeo.com/315608769> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁹⁰ vgl. <https://www.basicthinking.de/blog/2018/10/24/cargonexx-start-up-check/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

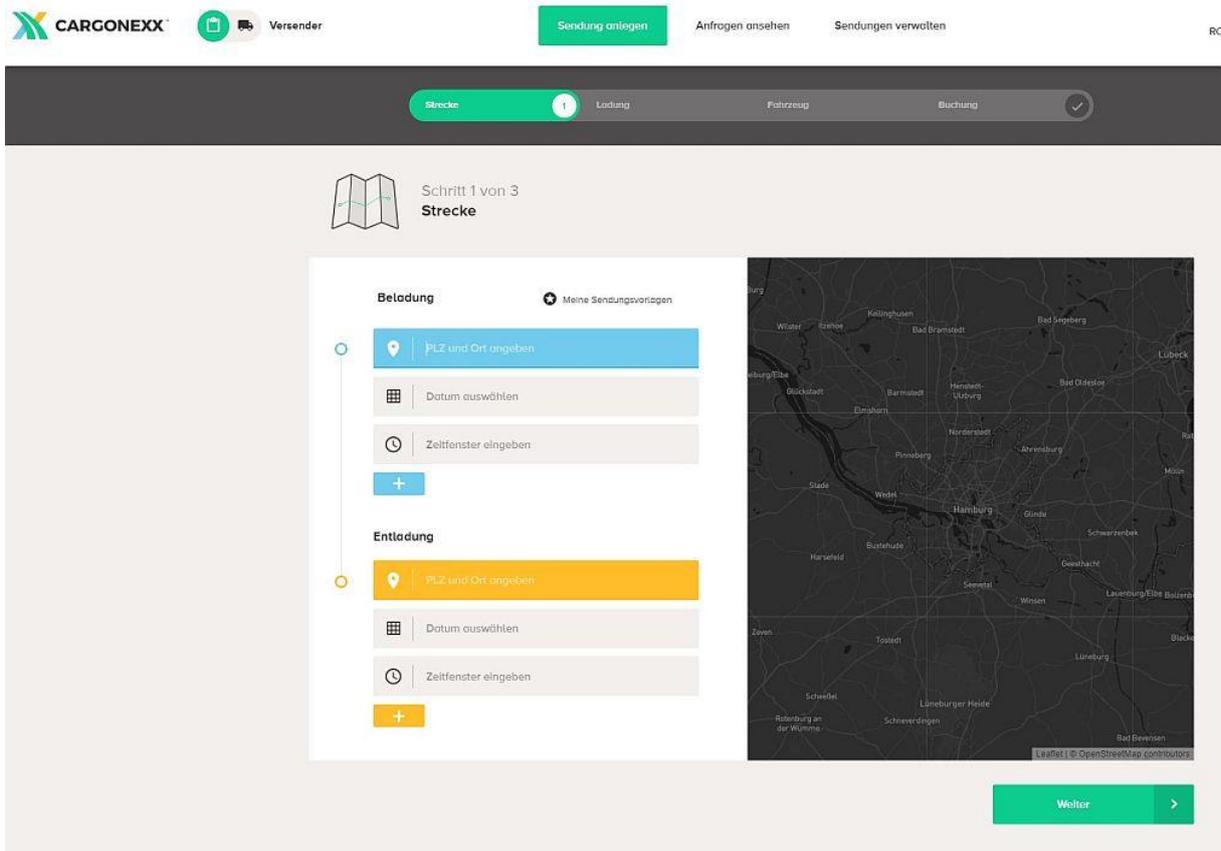


Abbildung 3-7: Dashboard von Cargonexx ²⁹¹

Convoy

Convoy arbeitet ebenfalls mit Künstlicher Intelligenz, die bessere Übereinstimmungen zwischen den Anforderungen von Verladern und den Angeboten von Frachtführern und in weiterer Folge effizientere Nutzung der Laderaumkapazitäten ermöglichen soll. Außerdem sollen dadurch transparente Preise für beide Parteien gewährleistet werden. ²⁹² In Abbildung 3-8 ist das Dashboard von Convoy abgebildet.

²⁹¹ <https://www.hamburg-startups.net/cargonexx-bringt-kuenstliche-intelligenz-auf-die-strasse/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁹² vgl. <https://aws.amazon.com/de/machine-learning/customers/innovators/convoy/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

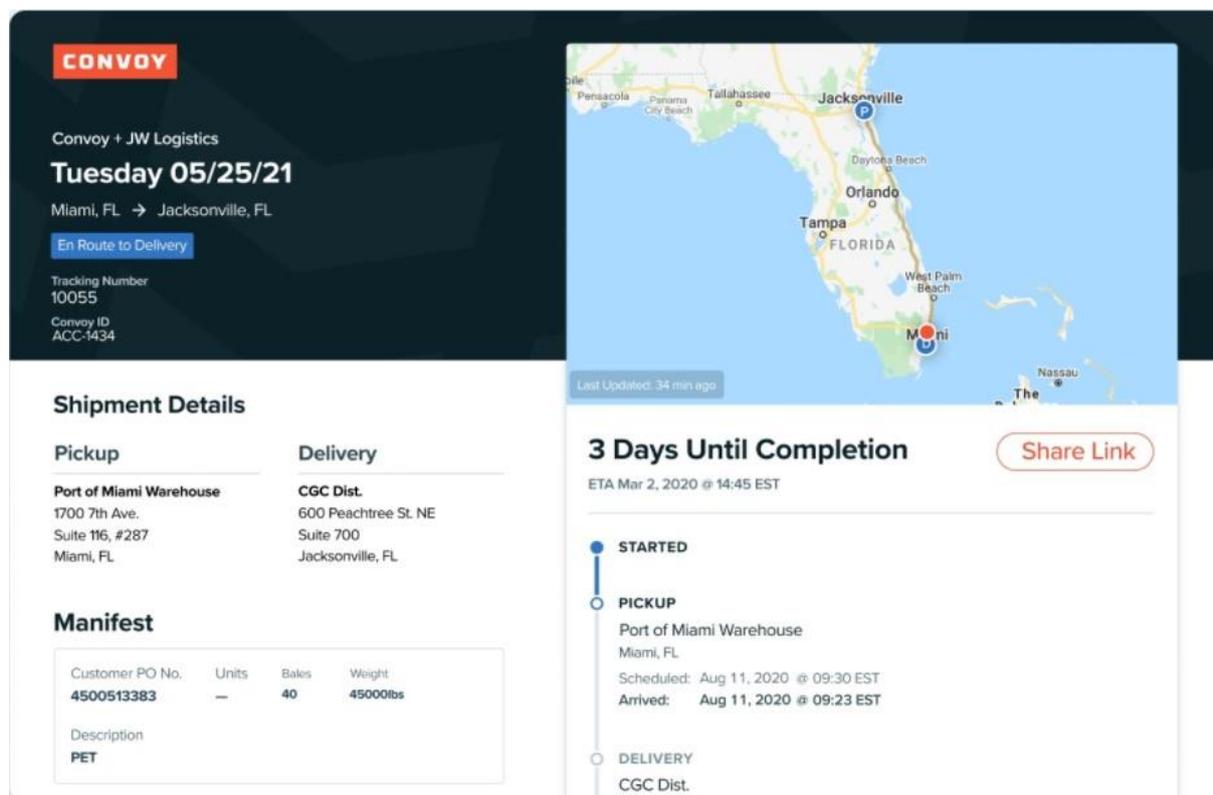


Abbildung 3-8: Dashboard von Convoy ²⁹³

Trucker Path

Das System von Trucker Path funktioniert über ein Web-Portal oder direkt über die App. Um eine Ladung zu finden, können Spediteure den webbasierten Client von Trucker Path in ihrem Browser öffnen und verfügbare Ladungen anhand verschiedener Suchparameter filtern. Die zweite Möglichkeit besteht darin, dass die LKW-Fahrer mit der App die Umgebung nach neuen Ladungen scannen oder diese in einer Liste anzeigen lassen. Die Fahrer geben dann ein Angebot für die offenen Transporte ab. Dies löst die Verhandlung zwischen dem Frachtführer und dem Spediteur aus. Nachdem beide Parteien eine Einigung erzielt haben, erhalten sie alle relevanten Informationen übereinander und die Ladung. Während der Abwicklung des Transports können Statusupdates über das Portal abgerufen werden oder direkt an das eigene Transportmanagementsystem gesendet werden. ²⁹⁴ In Abbildung 3-9 ist das Dashboard von Trucker Path abgebildet.

²⁹³ <https://mms.businesswire.com/media/20210608005344/en/883495/5/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

²⁹⁴ vgl. <https://www.trucker.com/technology/article/21744948/trucker-path-app-helps-carriers-drivers-find-loads> (gelesen am: 30. 6. 2021)

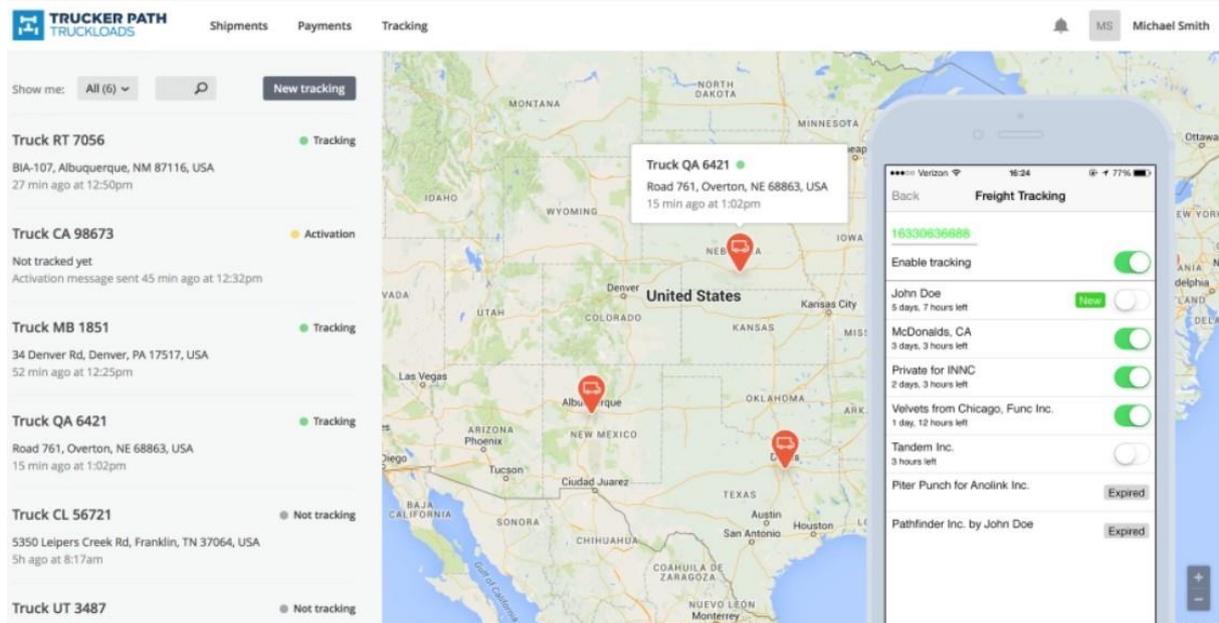


Abbildung 3-9: Dashboard von Trucker Path ²⁹⁵

²⁹⁵ <https://fortune.com/2015/07/09/trucker-path-app/>

Zusammenfassung

Die Erkenntnisse der State-of-the-Art Recherche sind in Tabelle 3-1 zusammengefasst. Die Modelle der Plattformen sind zum Großteil Frachtenbörsen in denen der Datenaustausch zwischen kooperierenden Unternehmen über cloud- bzw. web-basierte Anwendungen erfolgt.

Dabei ermitteln und visualisieren diese Systeme die Echtzeitpositionen der LKWs sowie deren freie Laderaumkapazitäten. Die Ladungsinformationen bezüglich des Gewichts und des Volumens für das Matching-Verfahren werden vom Verloader manuell eingegeben. Werden geeignete Touren für beide Parteien durch den Algorithmus gefiltert, werden sie in den Benutzeroberflächen der jeweiligen Anwendungen in unterschiedlicher Form dargestellt. In den meisten Fällen werden die gefilterten Touren bzw. Transportaufträge in Form von Listen dargestellt. Nur wenige visualisieren die dazugehörigen Transportrouten oder zusätzliche Informationen wie z.B. Ankunftszeit, Transportstatus etc. Die Mitteilung, dass ein Auftrag bestätigt wurde bzw. eingegangen ist, erfolgt entweder durch das automatische Versenden einer Nachricht oder der Betätigung entsprechender Schaltflächen in der Benutzeroberfläche.

Ein wesentlicher Punkt, der von keiner der angeführten Plattformen erfüllt wird, ist eine ganzheitliche Tourenoptimierung, welche die Be- und Entladeorte der abzuholenden Ladung optimal in bestehende bzw. geplante Touren des betreffenden Spediteurs integriert und visualisiert. Um die Fahrzeugauslastung effizienter zu gestalten, ist es jedoch notwendig die richtige Tour mit entsprechenden Restkapazitäten aus einem Netzwerk zu wählen und dessen Route, dynamisch zu optimieren.^{296 297 298 299}

Plattform	Modell	Anwendung	LKW-Information	Ladungs-Information	Visualisierung	Touren-optimierung	Auftrags-bestätigung
E-Groupage	Frachtenbörse	Web-basiert	Freie Kapazitäten in regelmäßigen Transportrelationen	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte werden LKW-Symbole angezeigt, mit farblicher Unterscheidung je nach freier Kapazität	-	Verlader suchen mit Filter manuell nach freien Transportkapazitäten und senden eine Anfrage
Saloodo	Frachtenbörse	Web-basiert	GPS-Signal und freie Kapazitäten	Offene Transportaufträge mit Informationen über Gewicht, Lademeter und Warenattribute sowie	Auf einer Landkarte werden die Abholorte offener Transportaufträge angezeigt, mit Zusatzinformationen über die Ladung	-	Spediteure geben Angebote für die angezeigten Transportaufträge ab

²⁹⁶ vgl. Wang, Y. et al., 2021, S. 4

²⁹⁷ vgl. Park, H. et al., 2021, S. 1

²⁹⁸ vgl. Aloui, A. et al., 2021, S. 9

²⁹⁹ vgl. Experteninterview Banovits und Vukedin, geführt am 15.09.2021

Plattform	Modell	Anwendung	LKW-Information	Ladungs-Information	Visualisierung	Touren-optimierung	Auftrags-bestätigung
				Zustelldatum und -uhrzeit			
Flexport	Digitale Spedition	Cloudbasierte Software	GPS-Signal	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte werden unterschiedliche Verkehrsträger angezeigt, mit farblicher Unterscheidung je nach Transportstatus	-	-
Instafreight	Frachtenbörse	Web-basiert	GPS-Signal	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte wird der aktuelle Standort des ausgewählten LKWs und dessen Route zum nächsten Halt angezeigt, mit Zusatzinformationen über die Ankunftszeit	-	-
Transdata	Software as a Service	Cloudbasierte Software und mobiles Endgerät	GPS-Signal	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte wird der aktuelle Standort des ausgewählten LKWs und dessen Route zum nächsten Halt angezeigt, mit Zusatzinformationen über die Ankunftszeit	-	-
Dizzbo	Digitale Spedition	Web-basiert	GPS-Signal und freie Kapazitäten	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte wird der aktuelle Standort des ausgewählten LKWs und dessen Route zum nächsten Halt angezeigt; Des Weiteren wird die alternative Route dargestellt, falls eine weitere Ladung mitgenommen wird	Die Anwendung bildet den ursprünglichen Start- und Zielort ab und plant die Tour zwischen diesen Punkten, abhängig von der mitzunehmenden Ladung entsprechend um	Verlader geben Daten ihrer Ladungen ein, der Matching-Algorithmus filtert nach passenden Kapazitäten und zeigt die Preise an
Cargonexx	Frachtenbörse	Web-basiert	GPS-Signal	Offene Transportaufträge	Es wird ein Eingabefeld dargestellt, in dem Be- und Entladeort bzw. -zeit der Ladung eingeben wird (aus Sicht des Verladers)	-	Beide Parteien geben Daten bzgl. Kapazität und Ladung an, der Matching-Algorithmus versendet eine Nachricht an die Unternehmen, sobald sich die Angaben decken.

Plattform	Modell	Anwendung	LKW-Information	Ladungs-Information	Visualisierung	Touren-optimierung	Auftrags-bestätigung
Convoy	Frachten-börse	Web-basiert und Smartphone App	GPS-Signal	Manuelles Eintragen für Abgleich erforderlich	Auf einer Landkarte wird der aktuelle Standort des ausgewählten LKWs und dessen Route zum nächsten Halt angezeigt, mit Zusatz-Informationen über die Ladung	-	-
Trucker Path	Frachten-börse	Web-basiert und Smartphone App	GPS-Signal	Offene Transport-aufträge	Auf einer Landkarte werden LKW-Symbole angezeigt, mit Informationen darüber, wie weit sie entfernt sind.	-	Spediteure suchen passende Ladungen mit einem Filter oder die LKW-Fahrer suchen mit der App in ihrer Umgebung nach Ladungen und geben ein Angebot ab.

Tabelle 3-1: Zusammenfassung State-of-the-Art

4 Entwicklung eines Dashboards zur Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten

In diesem Abschnitt werden zunächst die Anforderungen an das zu entwickelnde Dashboard definiert und die im Zuge der Entwicklung verwendeten Software-Pakete beschrieben. Anschließend werden die Logiken der Methode hinter dem Dashboard erklärt und mittels Graphiken veranschaulicht. Abschließend wird die konkrete Umsetzung der Logiken innerhalb des jeweiligen Software-Pakets beschrieben.

4.1 Anforderungen an das Dashboard

Basierend auf den Erkenntnissen der State-of-the-Art Recherche bezüglich der Identifikation, Visualisierung und Optimierung von Touren mit verfügbaren Restkapazitäten wird in diesem Abschnitt das Anforderungsprofil des zu entwickelnden Dashboards abgeleitet. Die Kategorien aus Tabelle 3-1, zur Bewertung aktueller Plattformen dienen dabei als Grundlage.

Modell

Das Dashboard soll als Proof of Concept für ein späteres Software-as-a-Service Modell entwickelt werden, das individuell an die Anforderungen der jeweiligen Spedition angepasst werden kann. Des Weiteren sollen direkte Schnittstellen zu möglichen Kooperationspartnern implementiert werden.

Anwendung

Die Datenverwaltung der Anwendung soll grundsätzlich cloud-basiert oder mittels Datenbanken funktionieren. Für die Dauer der Entwicklung des Dashboards wird die Anwendung jedoch auf einen lokalen Rechner beschränkt und soll so vorbereitet werden, dass sie bei gegebener IT-Infrastruktur an Datenbanken oder eine Cloud angebunden werden kann.

LKW-Information

Die LKW-Informationen sollen beinhalten, an welchen Adressen Ladungen abgeholt bzw. zugestellt werden. Das bedeutet, jedem LKW wird eine eindeutige Tour zugeordnet, deren Stationen klar definiert sind. Die Tour soll auch eine klar ersichtliche Reihenfolge der Stationen aufweisen. Außerdem müssen die verfügbaren Laderaumkapazitäten bezüglich Fläche, Volumen und Gewicht bei jeder Station bekannt sein. Des Weiteren soll das Datum, an dem die Tour abgewickelt wird, in den Informationen enthalten sein.

Ladungsinformation

Zu versendende Ladungen, die über die Software eingespeist werden, müssen Informationen über die Abmessungen in Form von Länge, Breite und Höhe sowie über das Gewicht enthalten. Außerdem sind die exakten Adressen der Be- und Entladepunkte und Angaben zum gewünschten Abhol- bzw. Zustelldatum der Ladung erforderlich.

Visualisierung

Die Visualisierung soll so aufgebaut sein, dass wichtige Informationen sofort erkennbar sind. Als Hintergrund für die Visualisierung soll daher eine Straßenkarte dienen, die farblich dezent gehalten wird, um wesentliche Elemente hervorzuheben. In der Karte sollen in weiterer Folge die Routen der jeweiligen LKWs bzw. Touren Fahrwegs getreu abgebildet werden und die einzelnen Stationen klar erkennbar sein. Des Weiteren sollen sich die Be- und Entladepunkte der aufzunehmenden Ladung eindeutig von den anderen Stationen unterscheiden, damit entstehende Umwege klar ersichtlich sind.

Auftragsbestätigung

Sobald ein Verloader die Daten neuer Ladungen in die Software einspeist, sollen dessen Kontaktdaten im Dashboard angezeigt werden, einschließlich Telefonnummer und E-Mail-Adresse. Der Spediteur kann den Verloader somit kontaktieren und ihm mitteilen, ob er den Auftrag annimmt.

Tourenoptimierung

Für die Tourenoptimierung soll ein Algorithmus entwickelt werden, der basierend auf den LKW- und Ladungsinformationen die optimale Tour auswählt. Dabei sollen sowohl die benötigten Laderaumkapazitäten als auch die Entfernung zum Standort der Ladung berücksichtigt werden. Gemeinsam mit den Be- und Entladepunkten der aufzunehmenden Ladung soll die Tour anschließend so optimiert werden, dass alle Stationen in der optimalen Reihenfolge angefahren werden und die Gesamtstrecke minimiert wird.

4.2 Auswahl und Beschreibung der verwendeten Software

Für die Entwicklung des Dashboards werden zwei Software-Pakete eingesetzt, die im folgenden Abschnitt genauer beschrieben werden.

4.2.1 Alteryx Designer

Das Unternehmen Alteryx Inc. ist der Anbieter einer End-to-End Analyseplattform, die eine automatisierte Datenaufbereitung und die Entwicklung von Algorithmen ermöglicht.³⁰⁰

Mit dem Alteryx Designer bieten sie ein kodierungsfreies Self-service-ETL-Tool an, das Benutzern ermöglicht, mehrere Datenquellen zu kombinieren, vorzubereiten, zusammenzuführen und schließlich zu analysieren. Die Benutzeroberfläche beinhaltet eine Reihe von Tools, die in einem Menü nach Kategorien geordnet und farblich gekennzeichnet sind. Jedes Tool wird durch ein Symbol oder einen Knoten dargestellt, das per Drag-and-Drop auf die Arbeitsfläche, dem sogenannten Canvas, gezogen werden kann. Workflows werden durch Drahtverbindungen dargestellt, die die Ausgänge der vorgeschalteten mit den Eingängen der nachgeschalteten Tools über sogenannte Anker verbinden.³⁰¹

Der Aufbau der gesamten Benutzeroberfläche ist in Abbildung 4-1 dargestellt. Im oberen, gelbmarkierten Bereich ist die Tool Palette mit den verfügbaren Tools dargestellt. Von dort werden die gewünschten Tools in den blau markierten Bereich, dem Canvas gezogen und beliebig miteinander verknüpft. Im linken Bildrand, dem grün markierten Bereich, ist das Konfigurationsfenster dargestellt. Hier werden je nach Auswahl, Einstellungen für Tools, deren Verbindungen oder den gesamten Workflow vorgenommen. Die Ergebnisse des Workflows werden schließlich im unteren Bildrand, dem orangemarkiertem Bereich angezeigt.³⁰²

³⁰⁰ vgl. *Taranto-Vera, G. et al., 2021, S. 11503*

³⁰¹ vgl. <https://xperra.com/technology/alteryx.html> (gelesen am: 6. 9. 2021)

³⁰² vgl. <https://help.alteryx.com/20213/designer> (gelesen am: 6. 9. 2021)

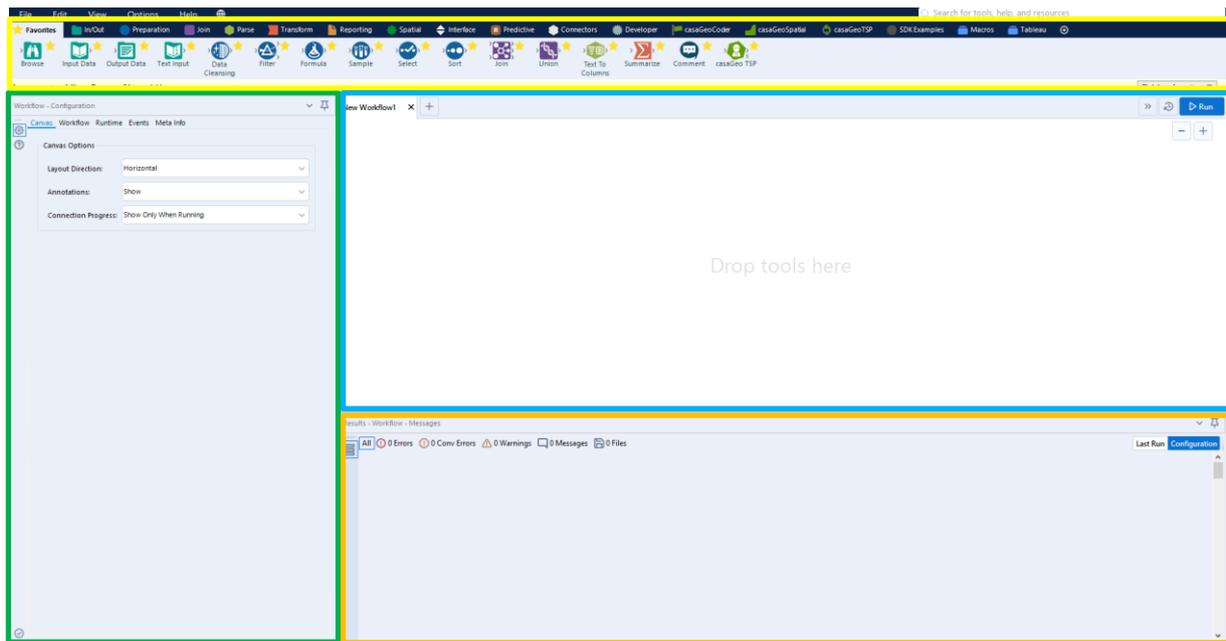


Abbildung 4-1: Benutzeroberfläche des Alteryx Designers

Für die in 4.4 beschriebene Umsetzung des Dashboards wird mit dem Alteryx Designer ein Workflow erstellt, der Datensätze einliest und so aufbereitet, dass sie in weiterer Folge im Dashboard visualisiert werden können. In Tabelle 4-1 sind alle Tools angeführt und beschrieben, die für den Workflow verwendet werden.

Tool	Symbol	Beschreibung
Input Data		Das Input Data-Tool wird verwendet, um Daten zum Workflow hinzuzufügen, indem es mit einer Datei oder Datenbank verbunden wird.
Text-Input		Mit dem Text Input-Tool wird Text manuell eingegeben, um kleinere Dummy-Datensätze zu erstellen.
Output Data		Das Output Data-Tool speichert Ergebnisse eines Workflows als Dateien ab.
Browse		Das Browse-Tool wird verwendet, um Daten von einem verbundenen Tool anzuzeigen und enthält Informationen über Datentyp, Anzahl der Datensätze, Datenqualität etc. Wenn ein Geo-, Berichts- oder Verhaltensanalyse-Datentyp verbunden ist, ist eine zusätzliche Registerkarte im Browse-Tool verfügbar. Diese Registerkarte zeigt eine Vorschau des tatsächlichen Objekts auf einer Karte oder in einem Bericht.
Select		Das Select-Tool wird verwendet, um Datenspalten auszuwählen, abzuwählen, neu anzuordnen, den Datentypen zu ändern, die Größe von Daten zu begrenzen, Spalten umzubenennen oder Beschreibungen hinzuzufügen.
Sort		Das Sort-Tool wird verwendet, um die Datensätze in einer Tabelle in alphanumerischer Reihenfolge auf der Basis der Werte der angegebenen Spalten anzuordnen.

Tool	Symbol	Beschreibung
Unique		Das Unique-Tool wird verwendet, um zu unterscheiden, ob ein Datensatz einmalig oder ein Duplikat ist, indem die Daten nach einer oder mehreren angegebenen Spalten gruppiert und sortiert werden.
Select Records		Das Select Records-Tool wird verwendet, um bestimmte Zeilen aus einem Datensatz auszuwählen.
Sample		Das Sample-Tool wird verwendet, um den Datenstrom auf eine angegebene Anzahl, einen Prozentsatz oder eine zufällige Menge von Zeilen zu begrenzen.
Record ID		Das Record ID-Tool wird verwendet, um einen eindeutigen Identifikator in Form einer neuen Spalte zuzuweisen, der sequenziell für jeden Datensatz in den Daten inkrementiert wird. Es generiert eindeutige IDs mit numerischen Werten oder Zeichenfolgenwerten, basierend auf dem ausgewählten Datentyp.
Formel		Das Formel-Tool wird verwendet, um neue Spalten zu erstellen, zu aktualisieren oder eine Vielzahl von Berechnungen und Operationen durchzuführen.
Filter		Das Filter-Tool wird verwendet, um Daten über eine Bedingung auszuwählen. Datenzeilen, die die Bedingung erfüllen, werden über den True-Anker ausgegeben. Datenzeilen, die die Bedingung nicht erfüllen, werden über den False-Anker ausgegeben.
Data Cleansing		Das Data Cleansing-Tool wird verwendet, um Probleme der Datenqualität zu beheben, indem störende Zeichenfolgen, wie Leerzeichen oder ähnliches entfernt werden.
Multi-Row Formula		Das Multi-Row Formula-Tool wird verwendet, um das Konzept des Formel-Tools auszuweiten. Mit diesem Tool ist es möglich Zeilendaten als Teil der Formelerstellung zu verwenden.
Union		Das Union-Tool wird verwendet, um 2 oder mehr Datensets über Spaltennamen oder -positionen zu kombinieren. In der Ausgabe enthält jede Spalte die Zeilen jeder Eingabe.
Join		Das Join-Tool wird verwendet, um zwei Eingaben auf der Basis gemeinsamer Spalten oder der Datensatzposition zu verknüpfen.
Append Fields		Das Append Fields-Tool wird verwendet, um die Spalten einer kleinen Eingabe (Quelle) an jeden Datensatz einer anderen, größeren Eingabe (Ziel) anzuhängen.
Find and Replace		Das Find and Replace-Tool wird verwendet, um eine Zeichenfolge in einer Spalte eines Datensatzes zu finden, nachzuschlagen und durch den angegebenen Wert aus einem anderen Datensatz zu ersetzen.
Summarize		Das Summarize-Tool wird verwendet, um verschiedene Funktionen und Berechnungen für Datensets auszuführen. Darunter fallen z.B. Summen, die Minimal- und Maximalwerte ausgewählter Spalten, die Gruppierung einer Spalte nach identischen Werten etc.

Tool	Symbol	Beschreibung
Running Total		Das Running Total-Tool wird verwendet, um die kumulative Summe einer Spalte mit numerischen Werten zu berechnen.
Create Points		Das Create Points-Tool wird verwendet, um ein räumliches Punktobjekt zu erstellen, das auf den eingegebenen Längen- und Breitengrad basiert.
Find Nearest		Das Find Nearest-Tool wird verwendet, um den kürzesten Abstand zwischen räumlichen Objekten in einer Datei und den Objekten in einer zweiten Datei zu identifizieren.
R		Das R-Tool wird verwendet, um R Codes zu implementieren. Der Alteryx Designer liest gültige R-Skripts ein und übergibt sie durch das Tool. Das Ausgabeformat stimmt mit der Ausgabe in R überein.
Tool Container		Das Tool Container-Tool wird verwendet, um Tools in einem Workflow zu organisieren. Damit können Abschnitte deaktiviert werden, um zu verhindern, dass die darin enthaltenen Tools ausgeführt werden. Sie können außerdem minimiert werden, um weniger Platz auf dem Canvas einzunehmen.

Tabelle 4-1: Beschreibung aller verwendeten Tools ³⁰³

Eine weitere Funktion des Alteryx Designers ist die Erstellung sogenannter Apps und Makros, die im Canvas standardmäßig als blauer Kreis dargestellt werden. Für das Dashboard befinden sich folgende drei Makrotypen im Workflow: ³⁰⁴

- **Standard-Makro:** Mit diesem Makro kann ein Prozess bestehend aus mehreren Tools, zu einem kompakten Tool zusammengefasst werden, das an beliebigen Stellen im Workflow eingefügt werden kann.
- **Batch-Makro:** Das Batch-Makro funktioniert wie eine For-Schleife bei codebasierten Programmiersprachen und wird dementsprechend mehrmals in einem Workflow durchlaufen. Die Ergebnisse jedes Datensatzes, der dem Batch-Makro übergeben wird, werden an den Ausgang übergeben.
- **Analytic-App:** Die Analytic-App bietet anderen Benutzern die Möglichkeit einen Workflow mit eigenen Dateien auszuführen, ohne ihn selbst erstellen zu müssen. Dafür wird vom Entwickler neben dem Workflow selbst, auch eine Benutzeroberfläche entworfen, die beim Öffnen der App aufscheint und Registerkarten enthält, in die notwendige Informationen eingetragen werden. Beim Starten wird der Workflow im Hintergrund ausgeführt und dem Anwender werden schließlich die Ergebnisse angezeigt.

³⁰³ vgl. <https://help.alteryx.com/20213/designer> (gelesen am: 6. 9. 2021)

³⁰⁴ vgl. ebenda

Für die Konfiguration eines Makros bzw. einer App sind neben den Standard-Tools auch „Interface“ Tools aus der Tool-Palette erforderlich. Sie sind in Tabelle 4-2 dargestellt und beschrieben.

Tool	Symbol	Beschreibung
Macro Input		Das Macro Input-Tool wird verwendet, um die Schnittstelle, Konfigurationsoptionen und Anker für ein Makro festzulegen. Ein Makro enthält einen Eingabeanker für jedes im Makro-Workflow verwendete Macro Input-Tool.
Macro Output		Das Macro Output-Tool wird verwendet, um zu steuern, wie Ausgabeanker für ein Makro angezeigt werden. Ein Makro enthält einen Ausgabeanker für jedes Macro Output-Tool, das im Makro-Workflow verwendet wird.
Control Parameter		Das Control Parameter-Tool ist als Schleifenzähler für jede Iteration eines Batch-Makros zu verstehen. Für jeden Datensatz, der in die Eingabe des Control Parameter-Tools eingeht, wird das verknüpfte Tool neu konfiguriert und von Anfang bis Ende ausgeführt.
Action		Das Action-Tool wird verwendet, um die Konfiguration eines Tools mit Werten zu aktualisieren, die dem Control Parameter übergeben wurden.
Text Box		Das Text Box-Tool wird verwendet, um ein Textfeld in der Benutzeroberfläche einer App oder einem Makro anzuzeigen. Der von den Nutzern eingegebene Wert wird an nachgeschaltete Tools weitergegeben.
Date		Das Date-Tool wird verwendet, um einen Kalender in der Benutzeroberfläche einer App anzuzeigen. Dem Benutzer wird dadurch ermöglicht einen Datumswert anzugeben. Der angegebene Datumswert wird an nachgelagerte Tools übergeben.

Tabelle 4-2: Beschreibung der Interface-Tools ³⁰⁵

Weitere Tools, die im Zuge des Workflows verwendet werden, sind in Tabelle 4-3 angeführt. Sie sind Teil eines Add-On Pakets der casaGeo Data + Service GmbH, das für die Dauer dieser Arbeit kostenlos zur Verfügung gestellt wurde.

Tool	Symbol	Beschreibung
casaGeoCoder		Das casaGeoCoder-Tool wird verwendet, um für angegebene Adressen die zugehörigen Längen- und Breitengrade zu ermitteln.
casaGeoAddresses Input		Das casaGeoAddresses Input-Tool wird als Vorbereitung für die eigentliche Geokodierung verwendet, dessen Output gleichzeitig der Input des casaGeoCoder Tools ist. In dem

³⁰⁵ vgl. <https://help.alteryx.com/20213/designer> (gelesen am: 6. 9. 2021)

Tool	Symbol	Beschreibung
		Konfigurationsfenster dieses Tools, können Einstellungen für die Geokodierung vorgenommen werden.
casaGeoTSP		Das casaGeoTSP-Tool ermöglicht es, für eine Liste von Zielen die optimale Route zu ermitteln. Dabei wird Alteryx mit HERE verknüpft, einer Plattform für Karten- und Navigationsanwendungen.
casaGeoTSP Input		Das casaGeoTSP Input-Tool wird als Vorbereitung für die Tourenoptimierung verwendet, dessen Output gleichzeitig der Input des casaGeoTSP Tools ist. In dem Konfigurationsfenster dieses Tools, können Einstellungen für die Routenoptimierung vorgenommen werden.

Tabelle 4-3: Tools der casaGeoGmbH ^{306 307}

4.2.2 Tableau Desktop

Tableau Software ist der Anbieter einer Visualisierungssoftware, die sich auf die Visualisierung großer Datenmengen fokussiert. Mit Tableau Desktop können interaktive Visualisierungen über eine Desktop-Anwendung erstellt werden, dessen Datenquellen aus Online-Datenbanken oder lokalgespeicherten Dateien in Echtzeit extrahiert werden. ³⁰⁸

Tableau Desktop ermöglicht Datenanalysen in Form von Diagrammen, geografischen Karten, Dashboards und Berichten und stellt Beziehungen und Trends innerhalb der Datensätze graphisch dar. Dabei basiert die Anwendung auf das Drag-and-Drop Prinzip, bei dem die Daten in ein Anzeigefeld, dem sogenannten Canvas, gezogen werden und Tableau Desktop automatisch eine Visualisierung vorschlägt. Die Darstellungsform kann in weiterer Folge individuell angepasst werden, indem Diagrammtypen oder die Form, Farbe, räumliche Position und Bewegung ausgewählter Elemente verändert wird. ³⁰⁹

Die Benutzeroberfläche von Tableau Desktop ist im Wesentlichen aus 3 Seiten aufgebaut, die als Startseite, Datenquellenseite und Tableau-Arbeitsbereich bezeichnet werden. In Abbildung 4-2 ist die Startseite mit den drei Abschnitten „Verbinden“, „Öffnen“ und „Entdecken“ dargestellt. Im Bereich Verbinden gibt es die Möglichkeit auf Dateien wie Excel, Textdateien, Access-Dateien, statistische Dateien, etc. zuzugreifen oder die Verbindung zu Datenbanken wie Microsoft SQL-Server, Oracle etc. herzustellen. Des Weiteren können Datenquellen geöffnet werden, die vorher im Verzeichnis gespeichert wurden. Im Bereich Öffnen sind zuletzt verwendete

³⁰⁶ vgl. <https://www.casageo.de/de/tools.html> (gelesen am: 12. 9. 2021)

³⁰⁷ vgl. <https://www.casageo.de/de/tourenplanung-mit-alteryx.html> (gelesen am: 12. 9. 2021)

³⁰⁸ vgl. *Fezarudin, F. et al.*, 2017, S. 596

³⁰⁹ vgl. *Baoyou, W. et al.*, 2021, S. 1061

oder angeheftete Arbeitsmappen aufgelistet, die von hier aus geöffnet und bearbeitet werden können. Der Bereich Entdecken dient als Einführung und soll mit Schulungsvideos und Tutorials zu einem schnellen Einstieg beitragen.³¹⁰

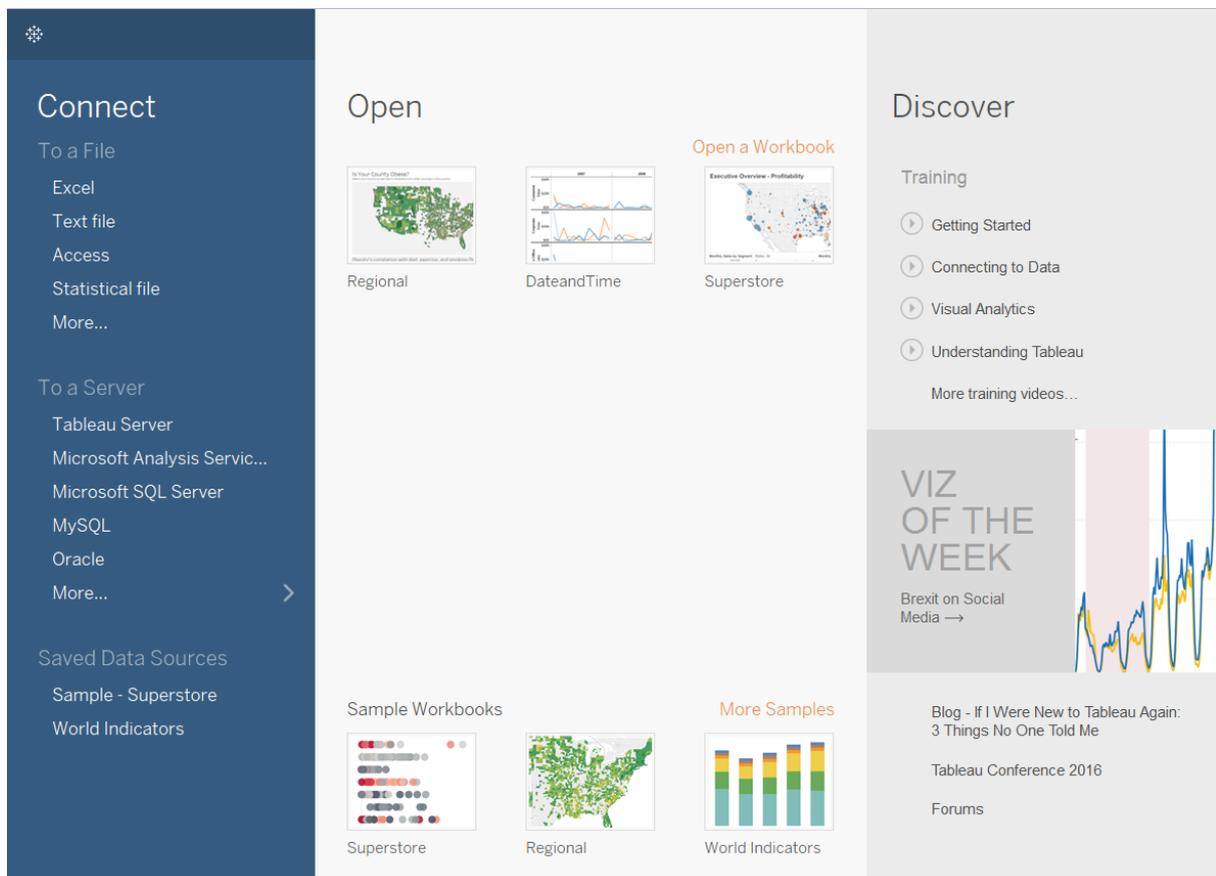


Abbildung 4-2: Startseite von Tableau Desktop³¹¹

Nach dem erstmaligen Herstellen einer Verbindung mit den Daten, erfolgt die automatische Weiterleitung zu der in Abbildung 4-3 dargestellten Datenquellenseite. Im Bereich A werden Details zur Datenquelle angezeigt. Darunter fällt beispielsweise der Dateiname, die Arbeitsblätter der Datei, sämtliche Server oder Datenbanken etc.

Bereich B stellt die logische Ebene der Datenquellenseite dar und ermöglicht die Erstellung von Beziehungen zwischen verschiedenen Tabellen, die per Drag-and-Drop vom Bereich A nach B gezogen wurden.

Durch Doppelklicken auf eine Tabelle aus Bereich B, öffnet sich Bereich C, der die physische Ebene der Datenquellenseite darstellt. Hier können Variablen für logische Verknüpfungen zwischen den in Bereich B verbundenen Tabellen hinzugefügt und bearbeitet werden.

³¹⁰ vgl. https://help.tableau.com/current/pro/desktop/de-de/environ_st.htm (gelesen am: 11. 9. 2021)

³¹¹ ebenda

Im Bereich D werden die ersten 1000 Zeilen der Daten als Vorschau angezeigt. Des Weiteren können hier Änderungen wie z.B. das Umbenennen oder Ausblenden einzelner Spalten, die Anpassung der Sortierreihenfolge oder das Hinzufügen von Aliassen, vorgenommen werden. Der Bereich E enthält das Metadatenraster, das zur Veranschaulichung der Struktur der Datenquelle dient. ³¹²

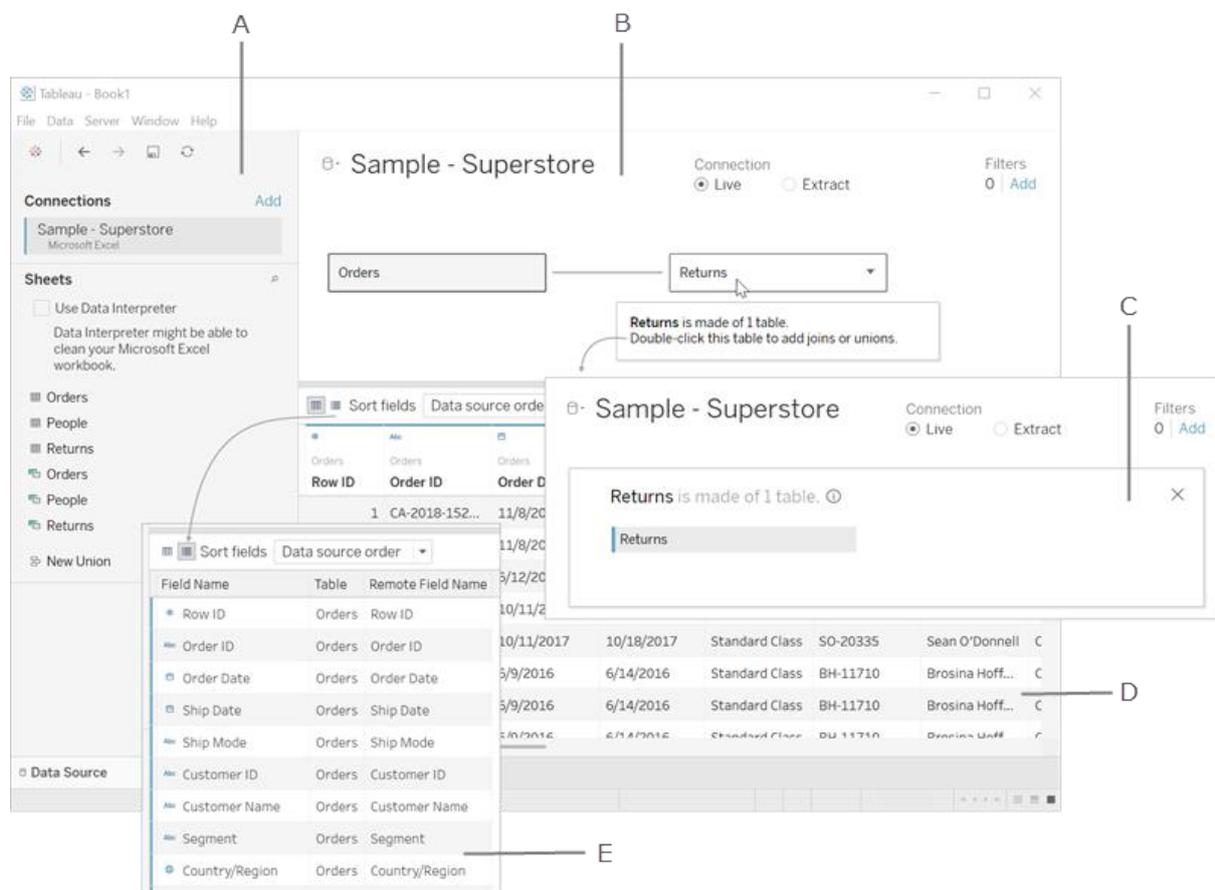


Abbildung 4-3: Datenquellenseite von Tableau Desktop ³¹³

Der Tableau-Arbeitsbereich ist in Abbildung 4-4 dargestellt und besteht aus einer Symbolleiste, diversen Menüs, dem Datenbereich, Containern und Karten sowie mindestens einem Blatt. Als Blätter werden sowohl Arbeitsblätter als auch Dashboards und Storys verstanden.

Bereich A zeigt den Namen der Arbeitsmappe an. Durch Ziehen der Felder in die Container bzw. Karten "Spalten", "Zeilen", "Markierungen", "Filter", "Seiten" oder "Legenden" des Bereichs B kann die Struktur der Visualisierung festgelegt werden. Die Detailgenauigkeit der Ansicht wird hier über die Anzahl an Markierungen beeinflusst, indem Daten ein- bzw. ausgeschlossen werden. Des Weiteren kann der

³¹² vgl. https://help.tableau.com/current/pro/desktop/de-de/environ_st.htm (gelesen am: 11. 9. 2021)

³¹³ ebenda

Kontext durch Anpassung der Farben, Größen, Formen, Texte und Details angepasst werden.

Im Bereich C befindet sich die Symbolleiste, die sämtliche Analyse-, Befehls- und Navigationstools beinhaltet. Die Visualisierung wird im Bereich D, dem Canvas, angezeigt. Hier können Änderungen am Titel, den Beschriftungen, den Markierungen, Achsen etc. vorgenommen werden. Das in Bereich E angezeigte Symbol führt Nutzer zurück zur Startseite. In Bereich F befindet sich die Seitenleiste mit den Registerkarten „Daten“ und „Analyse“. Darin befinden sich die Spalten, auch Felder genannt, der Datenquelle, die in den Canvas gezogen werden können. Des Weiteren können der Ansicht Referenzlinien, Boxplots, Trendlinienprognosen und andere Elemente hinzugefügt werden. Im Bereich G befindet sich das Symbol, mit dem man zurück zur Datenquellenseite geleitet wird. Informationen zur aktuellen Seite werden in Bereich H angezeigt und die Schaltflächen für verschiedene Arbeitsblätter, Dashboards oder Storys stehen im Bereich I als Auswahl zur Verfügung.³¹⁴



Abbildung 4-4: Tableau-Arbeitsbereich von Tableau-Desktop³¹⁵

³¹⁴ vgl. https://help.tableau.com/current/pro/desktop/de-de/environ_st.htm (gelesen am: 11. 9. 2021)

³¹⁵ ebenda

4.3 Entwicklung der Methode des Dashboards

Zur Erfüllung der in Kapitel 4.1 beschriebenen Anforderungen an das Dashboard, wurde eine Methode entwickelt, dessen Logik in diesem Abschnitt erklärt wird und nach Abbildung 4-5 gegliedert wird.

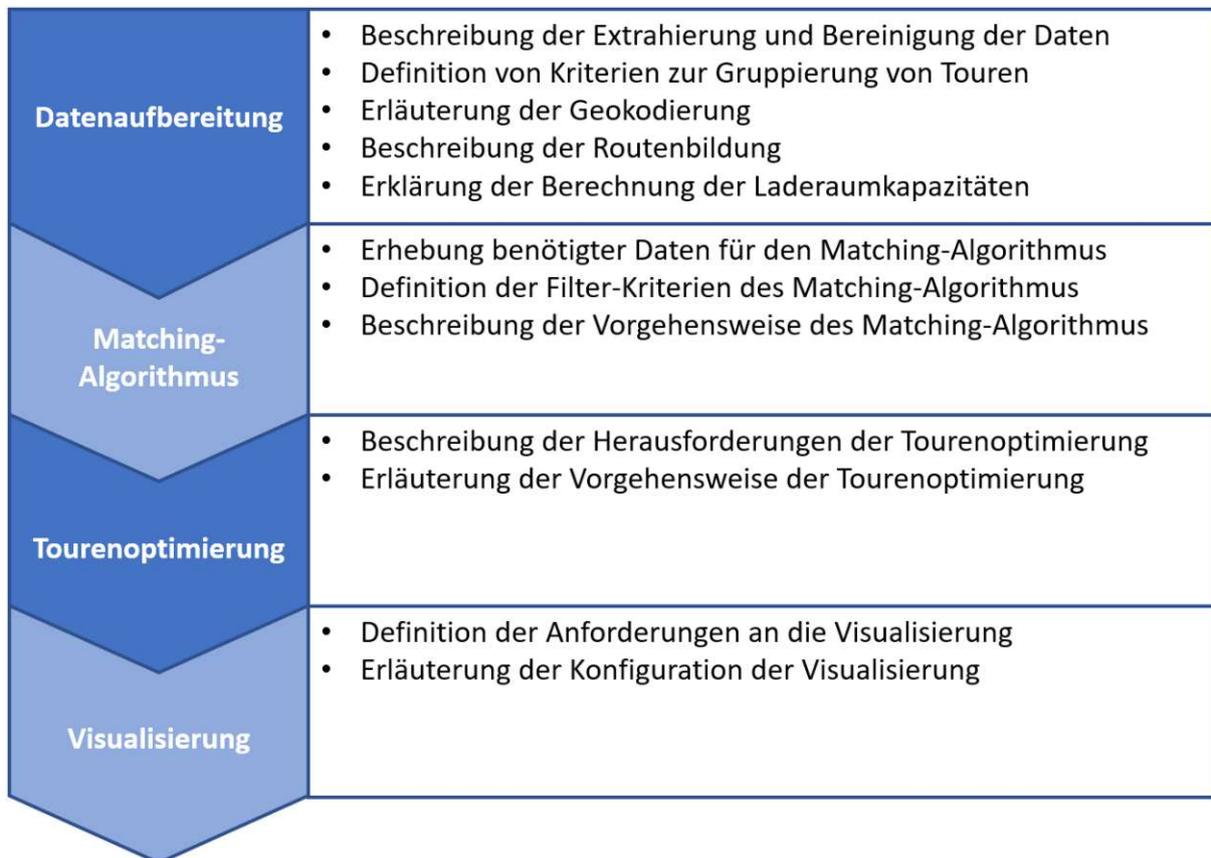


Abbildung 4-5: Gliederung der entwickelten Methodik

4.3.1 Datenaufbereitung

Die Datenaufbereitung hat als Ziel, die eingelesenen Rohdaten des Spediteurs so aufzubereiten, dass sie in den darauffolgenden Abschnitten ohne weitere Bearbeitung verwendet werden können. Die Vorgehensweise der Datenaufbereitung ist in Abbildung 4-6 dargestellt.



Abbildung 4-6: Vorgehensweise bei der Datenaufbereitung

Im ersten Schritt werden die Daten mit den enthaltenen Kundeninformationen eingelesen und die für den weiteren Workflow relevanten Spalten entnommen. Die Datensätze werden im Anschluss bereinigt, sodass unvollständige Zeilen entfernt und unsaubere Daten bearbeitet werden.

In weiterer Folge werden eindeutige Touren zusammengestellt. Um dies zu realisieren werden die Touren nach zwei Werten gruppiert, der Zustellrelation und dem Zustelltag. Das bedeutet, dass Zeilen, welche dieselbe Zustellrelation und denselben Zustelltag enthalten, der gleichen Tour zugeteilt werden und eine eindeutige Identifikationsnummer erhalten.

Anschließend wird eine Geokodierung durchgeführt, die basierend auf den Adressen, jedem Empfänger kartographische Koordinaten zuordnet. Die Punkte werden in weiterer Folge über das casaGeoTSP-Tool zu Touren verknüpft und Fahrwegs getreu abgebildet. Des Weiteren wird unter Berücksichtigung der Reihenfolge jedem Tourenabschnitt eine eindeutige Nummerierung zugewiesen, die beim Startpunkt mit 0 beginnt und aufsteigend fortgeführt wird. Die Punkte und Routen der Touren dienen als Grundlage für die spätere Tourenoptimierung.

Weiters werden mit Hilfe der in den Daten enthaltenen Ladungsinformationen Berechnungen durchgeführt. Da es sich bei Laderaumkapazitäten im Wesentlichen um die drei Restriktionen Fläche, Volumen und Gewicht handelt, werden eben jene Werte für die Ladungen der jeweiligen Empfänger aufsummiert. Dadurch erhält man einen Überblick, wieviel Ladung an welchen Empfänger innerhalb der jeweiligen Tour geliefert wird. Subtrahiert man diese Werte schließlich von der maximalen Laderaumkapazität des eingesetzten LKWs, ist ersichtlich wieviel freie Kapazität ab der entsprechenden Station zur Verfügung steht und ob weitere Ladungen aufgenommen werden können. Dies ist vor allem für den nachfolgenden Matching-Algorithmus entscheidend.

4.3.2 Matching-Algorithmus

Im Zuge des Matching-Algorithmus geht es zunächst darum, relevante Ladungsinformationen zu erheben und mit den Informationen der Touren abzugleichen. Dafür wird eine Benutzeroberfläche erstellt, in welche der Verlader folgende Informationen eingibt:

- Die Adressen der Be- und Entladepunkte der Ladung
- Das ehestmögliche Abholdatum und das letztmögliche Zustelldatum der Ladung
- Die Abmessungen in Form von Länge, Breite und Höhe sowie das Gewicht der Ladung

- Name des Unternehmens und Kontaktdaten der Ansprechperson (E-Mail-Adresse und Telefonnummer)

Basierend auf den Eingaben und den aufbereiteten Tourendaten muss der Algorithmus im Wesentlichen folgende vier Kriterien berücksichtigen:

- Sowohl der Beladepunkt als auch der Entladepunkt der aufzunehmenden Ladung müssen sich nahe genug an einer Tour aus dem Datensatz befinden.
- Der Be- und Entladepunkt müssen sich optimal in die bestehende Tour integrieren lassen.
- Das Zustelldatum dieser Tour muss chronologisch zwischen dem gewünschten Abhol- und Zustelldatum des Verladers liegen.
- Der LKW dieser Tour muss ab einer seiner Stationen genügend freie Laderaumkapazitäten aufweisen, um die Ladung aufzunehmen.

Im ersten Schritt werden daher die Be- und Entladepunkte basierend auf den angegebenen Adressen lokalisiert und deren Koordinaten mit jenen der Stationen aus den Tourendaten verglichen. Die Distanz darf dabei einen individuell festgelegten Maximalwert nicht überschreiten. Sollten Be- und Entladepunkte nicht nahe genug an derselben Tour liegen, sucht der Algorithmus für die Entladung eine andere Tour. Das bedeutet, die Ladung wird im Zuge der ersten Tour aufgenommen und ins Depot des Spediteurs transportiert und in einer nachfolgenden Tour zugestellt. Dadurch ergeben sich zwei neue Restriktionen, die eingehalten werden müssen:

- Die Auslieferungstour muss chronologisch nach der Beladungstour stattfinden.
- Der LKW der Auslieferungstour muss bereits beim Beladen im Depot genügend Laderaumkapazität aufweisen, um die zusätzliche Ladung aufnehmen zu können.

Als nächstes wird geprüft, ob die Reihenfolge von Be- und Entladepunkt in die Richtung der Tourenabwicklung integriert werden kann. Ansonsten könnte es sein, dass nach dem Beladen wieder in die umgekehrte Richtung gefahren werden muss. Diese Überprüfung entfällt sobald Be- und Entladung in separaten Touren abgewickelt werden, da hier ohnehin nur jeweils ein Punkt integriert werden muss.

Anschließend wird das gewünschte Abhol- und Zustelldatum des Verladers mit dem Zustelldatum aus den Tourendaten verglichen. Sollten sich Be- und Entladung auf zwei Touren aufteilen, müssen beide Touren chronologisch zwischen dem Abhol- und Zustelldatum des Verladers liegen.

Schließlich werden die Abmessungen und das Gewicht der Ladung mit den Laderaumkapazitäten aus den Tourendaten verglichen und geprüft, ob ab einer der Stationen genügend Laderaumkapazitäten aufweist.

Weisen jedoch mehrere Touren, Stationen auf, welche die eben genannten Restriktionen erfüllen, muss daraus die optimale Tour gewählt werden. Dafür werden die Distanzen zwischen den Be- bzw. Entladepunkten und der jeweils nächstgelegenen Station addiert und die Tour mit dem geringsten Wert gewählt, sofern die Be- und Entladung in derselben Tour erfolgt. Bei der Abwicklung der Be- und Entladung in verschiedenen Touren wird ebenfalls jeweils die Tour gewählt, deren nächstgelegene Station die geringste Distanz zum Be- bzw. Entladepunkt aufweist.

Der logische Ablauf des Algorithmus ist in Abbildung 4-7 in zusammengefasster Form dargestellt. Die Begriffe Beladepunkt bzw. Entladepunkt werden mit BP bzw. EP abgekürzt.

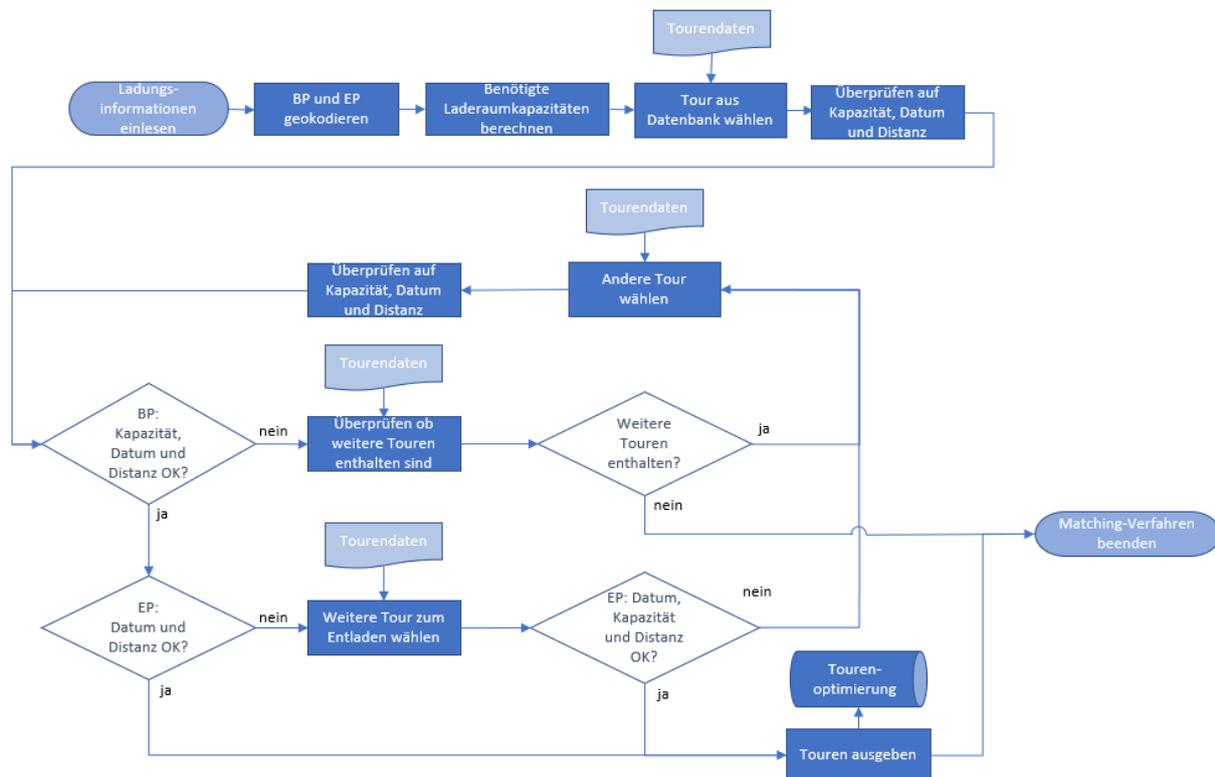


Abbildung 4-7: Logischer Ablauf des Matching-Algorithmus

In Abbildung 4-8 ist ein Beispiel in abstrakter Form graphisch dargestellt, in dem alle eben beschriebenen Restriktionen erfüllt sind, vorausgesetzt das gewünschte Abhol- und Zustelldatum werden vom Algorithmus akzeptiert. Die Tour startet beim Depot des Spediteurs, das als graues Quadrat dargestellt ist. Die Stationen sind der richtigen Reihenfolge entsprechend verbunden und werden als graue Knoten abgebildet. Die Strecken zwischen den Stationen werden mit schwarzen Pfeilen angedeutet. Sind ab einer gewissen Station genug Laderaumkapazitäten vorhanden, um die Ladung aufzunehmen, ist diese grün eingefärbt. Befindet sich die Station außerdem innerhalb der vom Algorithmus vorgegebenen Distanz zum Beladepunkt, wird die Station zusätzlich mit einem Kreuz markiert. Beim Entladepunkt ist die Laderaumkapazität nicht mehr relevant, hier muss lediglich eine Station gefunden werden, die nahe genug

am Entladepunkt liegt. In der Graphik ist dieser Punkt ebenfalls mit einem Kreuz markiert. Die exakten Distanzen zum Be- bzw. Entladepunkt zur Auswahl der optimalen Tour, sind durch gelbe Pfeile dargestellt.

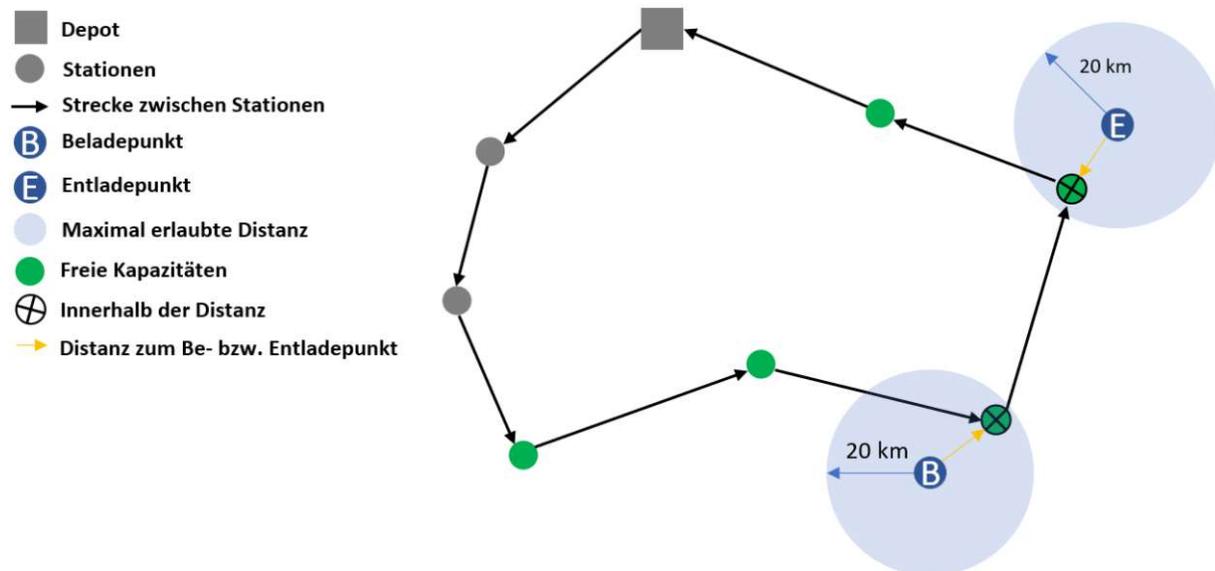


Abbildung 4-8: Graphische Darstellung des Algorithmus

4.3.3 Tourenoptimierung

Nachdem die optimale Tour durch den Algorithmus ausgewählt wurde, müssen die Be- und Entladepunkte in die bestehende Tour integriert werden, mit dem Ziel die zurückzulegenden Kilometer der gesamten Tour zu minimieren. Dabei muss stets darauf geachtet werden, die Route so zu planen, dass der Beladepunkt erst bei ausreichender Laderaumkapazität angefahren wird. Des Weiteren muss gewährleistet werden, dass der Entladepunkt chronologisch gesehen nach dem Beladepunkt angefahren wird.

Da das casaGeoTSP Tool nicht über die Funktion verfügt, gewisse Punkte gegenüber anderen chronologisch zu priorisieren, ist eine manuelle Anpassung notwendig. Mit der Konfigurationsmöglichkeit, dass der erste bzw. letzte Datensatz, der dem casaGeoTSP Input-Tool übergeben wird, als Start- bzw. Endpunkt definiert wird, lassen sich einzelne Teilstrecken erstellen. Fügt man die wiederum optimal zusammen, kann das Problem der Reihenfolge von Be- und Entladepunkt umgangen werden. Im konkreten Fall dieses Workflows muss ein weiteres Mal eine Unterscheidung zwischen der Abwicklung des Be- und Entladens innerhalb derselben Tour oder in zwei verschiedenen Touren vorgenommen werden.

Be- und Entladung in der gleichen Tour

Um die eben beschriebene Vorgehensweise für nur eine Tour zu realisieren, gibt es zwei Optionen in denen jeweils drei Teilstrecken erstellt werden, wobei aus dem oben

genannten Grund darauf zu achten ist, dass sich Be- und Entladepunkt nie in der gleichen Teilstrecke befinden. Danach werden die Teilstrecken zusammengefügt und die Option mit der insgesamt kürzeren Route als die endgültige Reihenfolge der Tour festgelegt. In Tabelle 4-4 sind die Beschreibungen der jeweiligen Teilstrecken angeführt, wobei Teilstrecke 1 für beide Optionen identisch ist.

Teilstrecke	Option 1	Option 2
1	Startet beim Depot und endet nach eventuellen Zwischenhalten bei jener Station, ab der das Transportmittel über ausreichend Laderaumkapazitäten verfügt, um die Ladung aufzunehmen.	
2	Startet bei der letzten Station von Teilstrecke 1 und endet ohne weitere Zwischenhalte beim Beladepunkt.	Startet bei der letzten Station von Teilstrecke 1 und endet nach eventuellen Zwischenhalten bei der chronologisch gesehen ersten Station, die innerhalb der Entfernungstoleranz des Entladepunkts liegt.
3	Startet beim Beladepunkt und endet beim Depot, einschließlich aller restlichen Stationen und dem Entladepunkt.	Startet beim letzten Punkt von Teilstrecke 2 und endet beim Depot, einschließlich aller restlichen Stationen und dem Entladepunkt.

Tabelle 4-4: Zusammenstellung der jeweiligen Teilstrecken

Um die eben beschriebene Zusammenstellung der Teilstrecken für Option 1 und 2 graphisch zu veranschaulichen, ist in Abbildung 4-9 eine Beispieltour in abstrakter Form dargestellt. Die Darstellungsform der Originaltour ist ähnlich zu der in Abbildung 4-8 gewählt, wobei Strecken, die nun wegfallen, strichliert und ausgegraut werden. Außerdem werden die Routen der Teilstrecken 1, 2 und 3 in blau, gelb und grün dargestellt. Weiters werden die Be- und Entladepunkte als blaue Knoten mit entsprechendem Anfangsbuchstaben angedeutet. In diesem Beispiel geht Option 1 als jene mit der kürzeren Gesamtroute hervor und somit als endgültige Tourenreihenfolge.

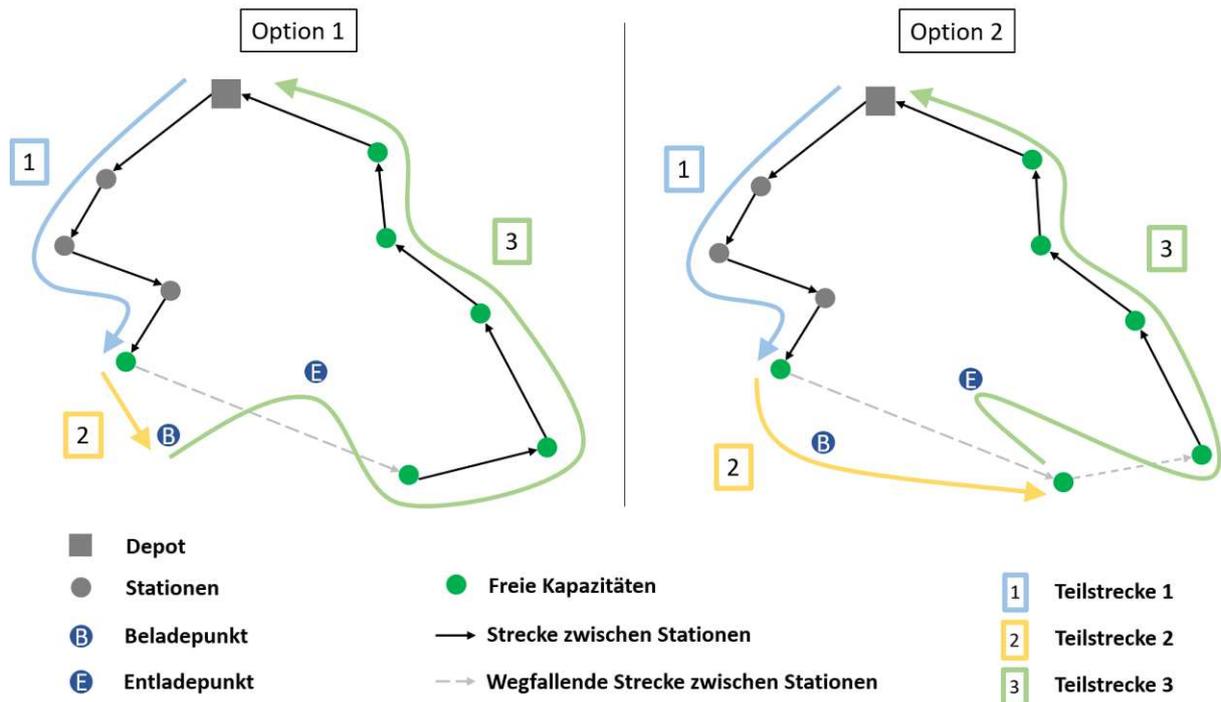


Abbildung 4-9: Option 1 als optimale Streckenzusammenstellung bei gleicher Tour

In Abbildung 4-10 ist ein weiteres Beispiel graphisch dargestellt. In diesem Fall erweist sich jedoch Option 2 als die günstigere Variante.

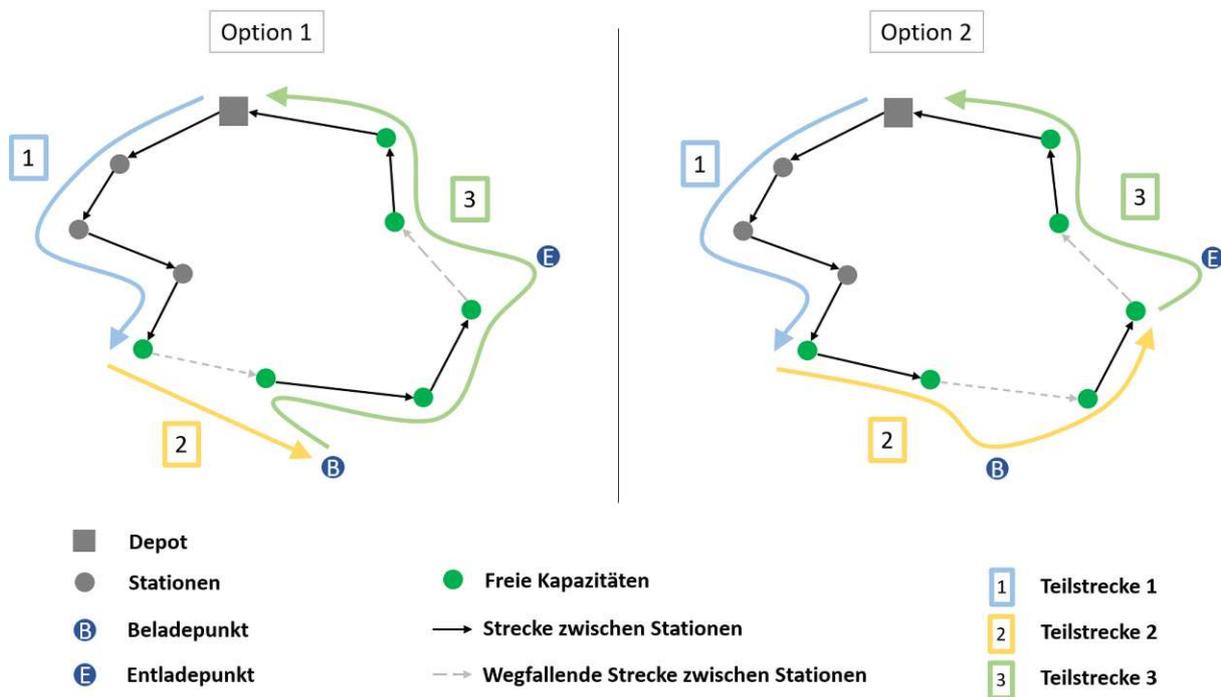


Abbildung 4-10: Option 2 als optimale Streckenzusammenstellung bei gleicher Tour

Be- und Entladung in verschiedenen Touren

Die Umsetzung der Vorgehensweise erweist sich bei verschiedenen Touren als trivialer. Für die Beladetour werden lediglich zwei Teilstrecken benötigt, wobei Teilstrecke 2 immer beim letzten Punkt von Teilstrecke 1 startet und beim Depot endet. Dabei beinhaltet sie alle restlichen Stationen, einschließlich des Beladepunktes. Für die Entladetour ist eine Gliederung in Teilstrecken nicht notwendig und das casaGeoTSP-Tool kann standardmäßig verwendet werden. In Abbildung 4-11 ist ein Beispiel mit Be- und Entladetouren dargestellt.

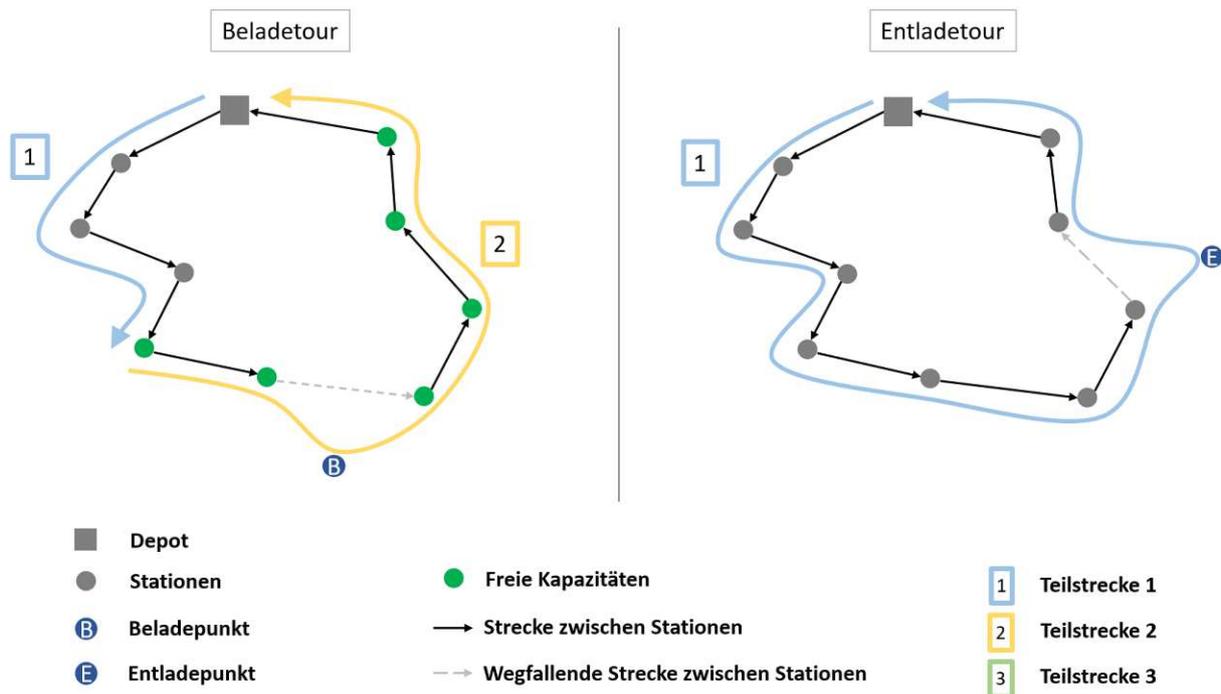


Abbildung 4-11: Optimale Streckenzusammenstellung bei verschiedenen Touren

4.3.4 Visualisierung

Da das Dashboard als Entscheidungshilfe zur Aufnahme weiterer Ladungen dienen soll, ist es wichtig die Originaltour mit der neuen Tour gegenüberzustellen und wichtige Informationen zu visualisieren. Als Hintergrund dient daher eine Karte, die sämtliche Straßenverläufe beinhaltet. Der Karte werden die ermittelten Routen aus dem casaGeoTSP-Tool überlagert und die Stationen der Reihenfolge entsprechend nummeriert. Außerdem wird eine Farblegende eingeblendet, welche eine eindeutige Zuordnung der Ortsnamen zu den jeweiligen Stationen gewährleistet.

Nachdem die Touren neu zusammengestellt wurden, soll sofort erkennbar sein, wo die Ladung aufzunehmen wäre und an welchen Ort sie geliefert werden soll. Dies ist vor allem bei der Abwicklung zwei verschiedener Touren hilfreich, da der Nutzer sofort erkennt in welcher der Touren be- bzw. entladen wird. Dafür werden die Be- und Entladepunkte zusätzlich mit grünen bzw. roten Ringen markiert. Des Weiteren werden

die Kontaktdaten des Verladers, der die Ladung versenden will, bereitgestellt und in einem eigenen Fenster angezeigt.

4.4 Umsetzung der Programmierung

In diesem Kapitel wird die Umsetzung der in Kapitel 4.3 entwickelten Methode erklärt. Der Aufbau gliedert sich dabei gemäß Abbildung 4-12 in folgende drei Abschnitte:

- **Datenaufbereitung:** Die Datenaufbereitung erfolgt mit dem Alteryx Designer und wird als Standard-Workflow aufgebaut.
- **Matching-Algorithmus und Tourenoptimierung:** Der Matching-Algorithmus und die Tourenoptimierung werden ebenfalls mit dem Alteryx Designer erstellt. Sie werden jedoch zusammen in eine Analytic-App integriert, um eine entsprechende Benutzeroberfläche für die Eingabe von Ladungsinformationen zu realisieren.
- **Visualisierung:** Die in Alteryx erstellten Touren werden schließlich in Tableau extrahiert und in einem Dashboard durch eine anschauliche Visualisierung dargestellt.



Abbildung 4-12: Gliederung der Programmierung

Zur besseren Übersichtlichkeit und Organisation werden je nach Arbeitsschritt unterschiedliche Container verwendet und weitere Subcontainer farblich dargestellt. Außerdem wird bei komplexen Verläufen der Drahtverbindungen von der Wireless-Funktion Gebrauch gemacht, die es ermöglicht gewisse Drahtverbindungen auszublenden. Weiters wird mit zunehmender Anzahl an Tools der Fokus auf die Erläuterung des Workflows allgemein gelegt und nicht mehr detailliert auf einzelne Tools eingegangen, um die Komplexität so gering als möglich zu halten und den Lesefluss aufrecht zu erhalten. Dies betrifft vor allem sämtliche Makros und die Analytic App, in welcher der Matching-Algorithmus und die Tourenoptimierung umgesetzt wird. Trotzdem wird insbesondere bei den ersten Containern versucht, den Workflow detailliert zu erläutern, um die Arbeitsweise mit dem Alteryx Designer zu veranschaulichen.

Aufgrund der großen Datenmenge muss eine weitere Beschränkung bei der Darstellung der Konfigurations- und Ergebnisfenster vorgenommen werden. Da vor allem die Rohdaten beispielsweise über zahlreiche Spalten verfügen, werden konkrete

Ergebnisse erst in Kapitel 5 dargestellt. Graphiken, in denen der Workflow stark verkleinert dargestellt ist, werden im Anhang nochmals in Querformat abgebildet.

4.4.1 Datenaufbereitung

In Abbildung 4-13 ist der Workflow der Datenaufbereitung dargestellt, dessen Hauptcontainer in grau gehalten sind und in folgender Reihenfolge, im Detail beschrieben werden:

- 1: Datensätze einlesen und bereinigen
- 2: Postleitzahlen und Bundesländer verknüpfen
- 3: Touren erstellen
- 4: Touren aufbereiten

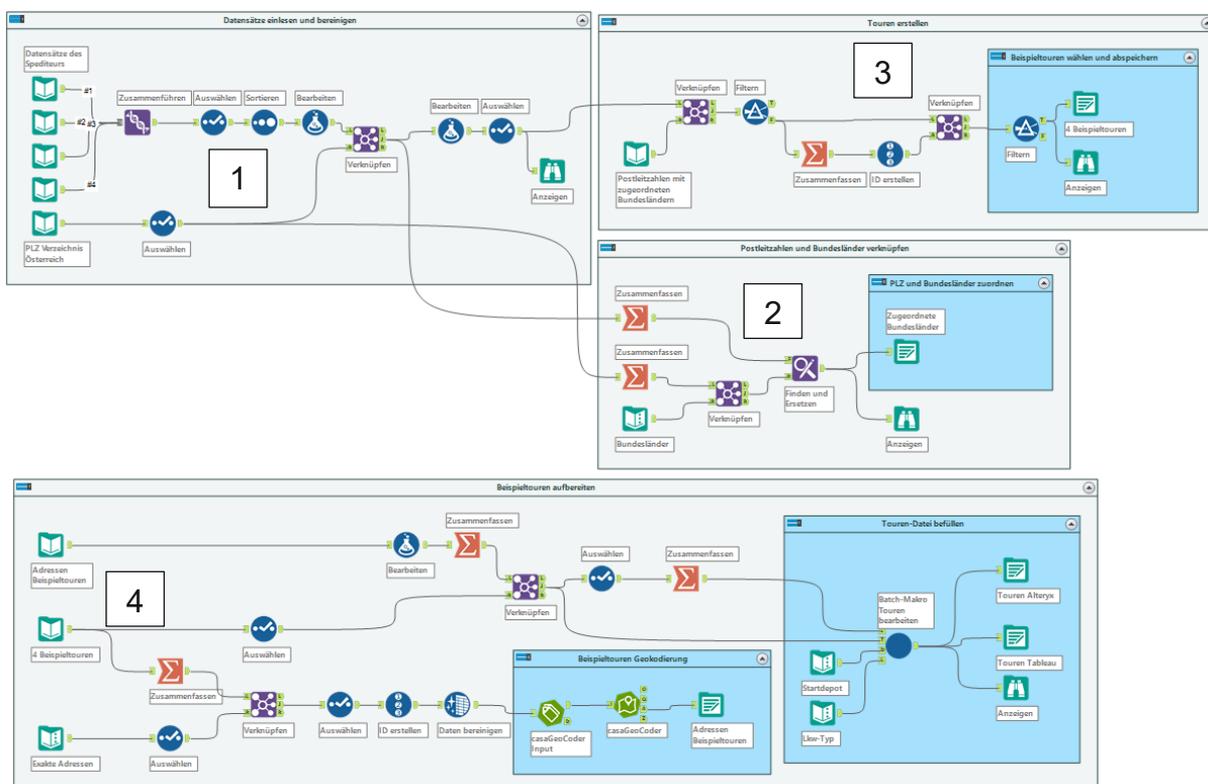


Abbildung 4-13: Workflow-Übersicht Datenaufbereitung

Datensätze einlesen und bereinigen

In Abbildung 4-14 ist der erste Container im Detail ersichtlich. Beginnend auf der linken Seite werden die Daten des Speditours eingelesen. Um die Datensätze nicht einzeln bearbeiten zu müssen, werden sie im nächsten Schritt mit dem Union-Tool zusammengeführt. Dabei werden die Zeilen bei gleichen Spaltennamen und Variablentyp untereinander zusammengefügt. Im anschließenden Select-Tool wird die Spalte „Empfänger Plz“ auf „Empfänger Plz original“ umbenannt und gemeinsam mit den anderen Spalten an das anschließende Sort-Tool weitergegeben. Hier werden die

Datensätze zur besseren Übersichtlichkeit nach aufsteigendem Datum der Spalte „Zustelldatum“ sortiert. Das darauffolgende Formel-Tool erstellt eine neue Spalte „Empfänger PLZ“. In der neuen Spalte werden die Postleitzahlen aus „Empfänger plz original“ übernommen, jedoch ohne Länderkürzel wie z.B. „AT-“, das in den Originaldatensätzen den Postleitzahlen vorangestellt ist. Dieser Schritt ist für das nachgeschaltete Join-Tool notwendig.

Parallel dazu wird das österreichische Postleitzahlenverzeichnis aus einer Excel-Datei eingelesen und über das anschließende Select-Tool, die Spalten „PLZ“, „Ort“ und „Bundesland“ ausgewählt. Sie werden zum einen an das in diesem Block enthaltene Join-Tool und zum anderen an Container 2 weitergeleitet.

Im Join-Tool werden nun die Datensätze des Spediteurs (linker Anker) mit den Informationen aus dem Postleitzahlenverzeichnis (rechter Anker) über die Postleitzahl verknüpft, das heißt es werden die richtigen Ortsnamen und Bundesländer den jeweiligen Postleitzahlen zugeordnet und als neue Spalten angehängt. Die Datensätze werden anschließend ebenfalls an Container 2 weitergeleitet.

Nach dem Join-Tool wird mit Hilfe des Formel-Tools eine neue Spalte „Aktuelles Zustelldatum Tag“ hinzugefügt, deren Werte das aktuelle Zustelldatum beinhalten, jedoch ohne der hinten angestellten Uhrzeit, die in den Originaldatensätzen enthalten ist. Im anschließenden Select-Tool wird die Spalte „Aktuelles Zustelldatum“ auf „Aktuelles Zustelldatum Uhrzeit“ umbenannt. Die Datensätze werden schließlich an Container 3 und ein Browse-Tool übergeben, das zur Kontrolle der Daten dient und die komplette Tabelle im Ergebnisfenster anzeigt.

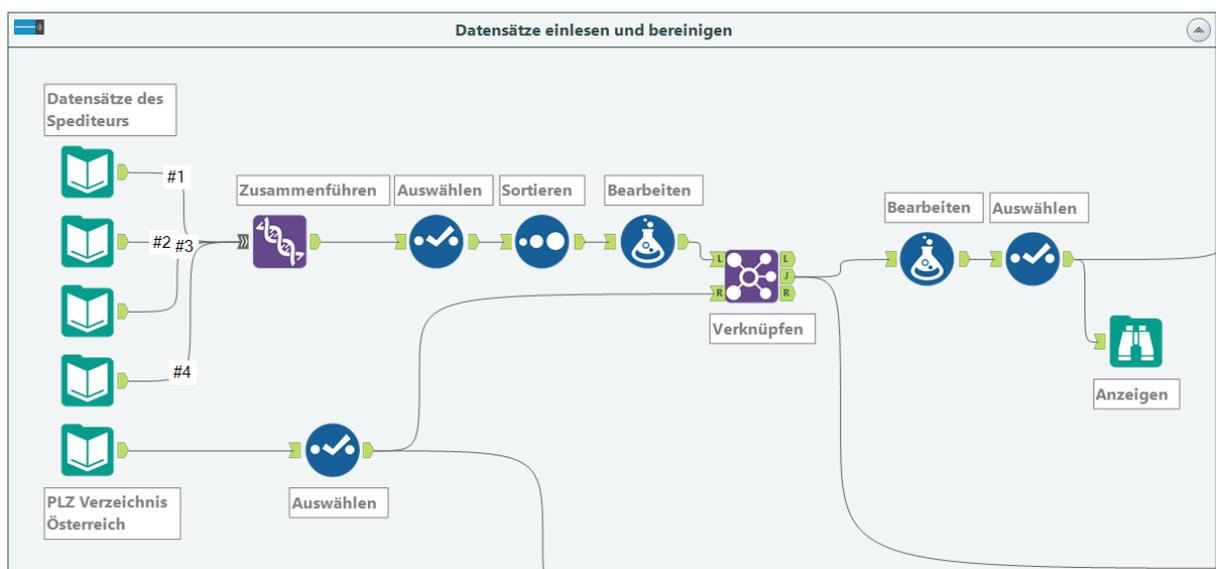


Abbildung 4-14: Datensätze einlesen und bereinigen

Postleitzahlen und Bundesländer verknüpfen

In Abbildung 4-15 ist der zweite Container im Detail ersichtlich. Im linken Bildrand werden die Daten aus Container 1 an die Summarize-Tools übergeben. Im oberen der beiden Tools werden die Spalten „Empfänger Plz“, „Ort“ und „Bundesland“ nach eindeutigen Werten gruppiert und an den Find Anker des Find and Replace-Tools übergeben. Mit diesem Tool werden die Abkürzungen durch ausgeschriebene Namen ersetzt. Dieser Schritt ist notwendig, da die Anfangsbuchstaben nicht exakt genug sind und dies beim Geokodieren zu Problemen führen würde.

Dafür werden in dem unteren Summarize-Tool die Postleitzahlen aus dem Verzeichnis nach ihren Kürzeln gruppiert und mit einem Text-Input-Tool verknüpft. Das Text-Input-Tool beinhaltet eine manuell erstellte Tabelle mit den ausgeschriebenen Namen der jeweiligen Bundesländer in der Spalte „Bundesländer ausgeschrieben“ sowie die Spalte „Bundesländer“ mit den Kürzeln. Dadurch können die beiden Datensätze im Join-Tool über die Anfangsbuchstaben verknüpft werden und an den Replace Anker des Find and Replace-Tools weitergegeben werden.

Die Bundesländerkürzel werden hier schließlich durch die ausgeschriebenen Bundesländernamen ersetzt und gemeinsam mit der Spalte „Empfänger Plz“ und „Ort“ mittels Output-Tool in einer Datei abgespeichert. Die abgespeicherten Datensätze können wiederum mit dem Browse-Tool überprüft werden. Um diesen Schritt nicht bei jedem Start des Workflows erneut durchzuführen, wurde das Output-Tool in einen eigenständigen Container geschoben, der über den blauen Schieber im linken, oberen Eck deaktiviert werden kann.

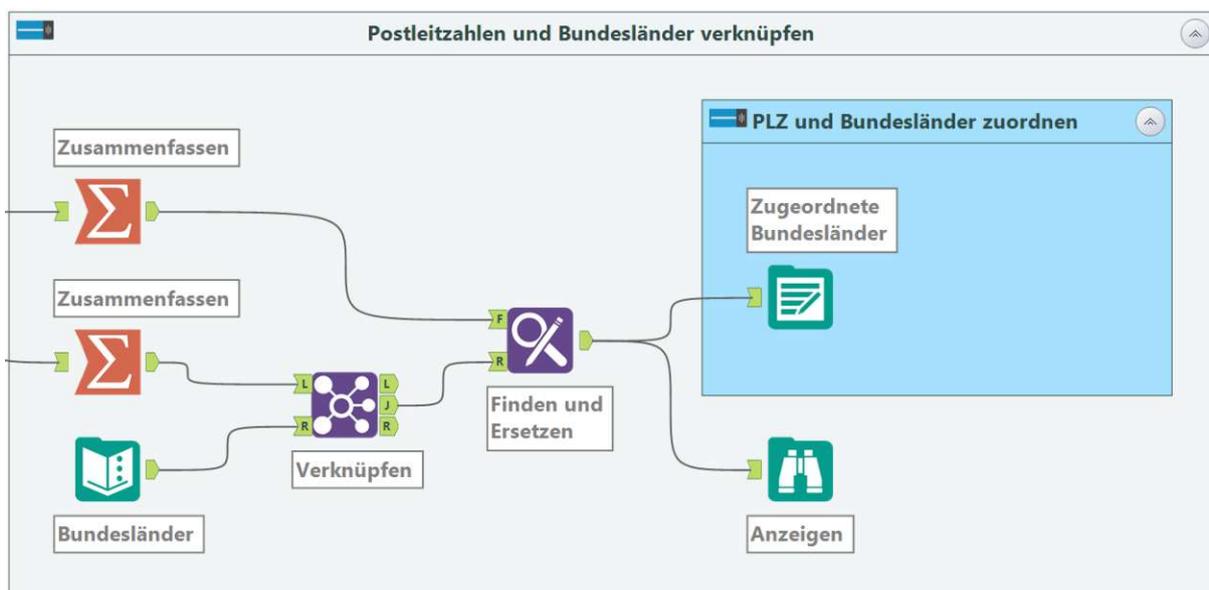


Abbildung 4-15: Postleitzahlen und Bundesländer verknüpfen

Touren erstellen

In Abbildung 4-16 ist der dritte Container im Detail ersichtlich. Im linken Bildrand werden die Datensätze aus Container 1 an den linken Anker des Join-Tools übergeben, während die in Container 2 erstellte Datei mit den Postleitzahlen und Bundesländer, über ein Input-Tool extrahiert und an den rechten Anker übergeben wird. Über die Postleitzahlen werden die Datensätze schließlich verknüpft.

Das darauffolgende Filter-Tool dient dazu, jene Zeilen aus den Datensätzen herauszufiltern, die in gewissen Spalten keine Werte enthalten. Sie wären für den weiteren Workflow unbrauchbar und werden durch die Filterbedingungen im True-Anker ausgegeben. Alle für den Workflow relevanten Zeilen werden somit an den False-Anker übergeben und in weiterer Folge an den linken Anker des Join-Tools bzw. an das nachfolgende Summarize-Tool weitergeleitet.

Im Summarize-Tool werden die Datensätze nach eindeutigen Werten mit den Spalten „Zustellrelation“ und „Aktuelles Zustelldatum Tag“ gruppiert. Auf diese Weise wird, wie in Kapitel 4.3 beschrieben, die Anzahl an verschiedenen Touren ermittelt. Den Touren wird im nachfolgenden Record ID-Tool eine eindeutige Tourennummer zugeordnet, die in Form einer zusätzlichen Spalte „TourID“ angehängt wird. Danach werden die Datensätze an den rechten Anker des Join-Tools weitergeleitet, wo sie über die Zustellrelation und dem aktuellen Zustelltag wieder mit den Datensätzen aus dem Filter-Tool verknüpft werden.

Für die Fortsetzung des restlichen Workflows, werden die Touren schließlich mit dem Output-Tool als Datei abgespeichert. Mit dem Browse-Tool können die erstellten Datensätze wiederum überprüft werden. Damit die Datei nicht bei jedem Start des Workflows überschrieben wird, befindet sich das Output-Tool in einem eigenständigen Container.

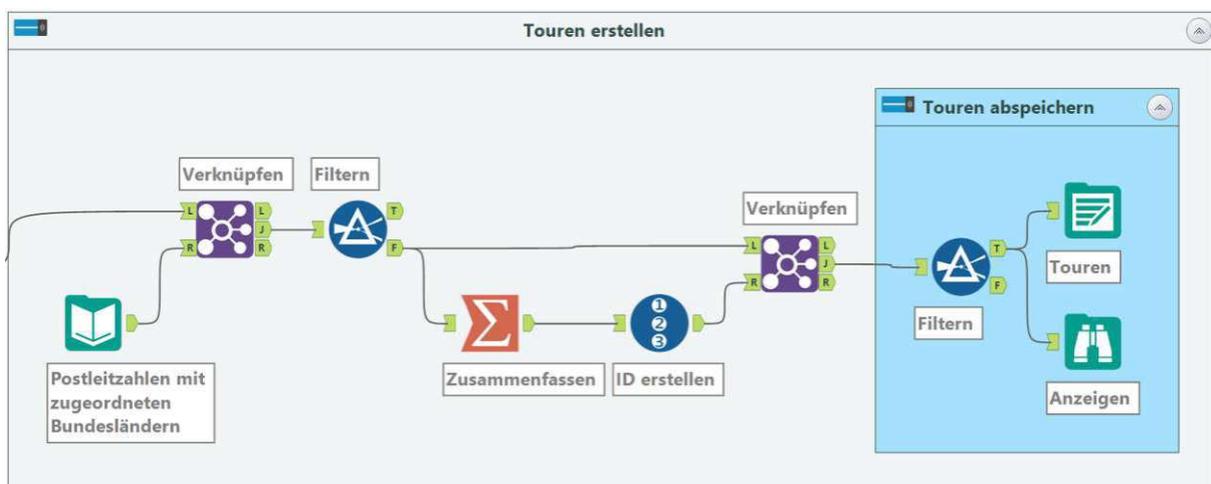


Abbildung 4-16: Touren erstellen

Touren aufbereiten

In Abbildung 4-17 ist Container vier im Detail ersichtlich. Im linken, unteren Rand des Containers wird ein Text-Input-Tool verwendet, um exakte Adressen zu kreieren. Da die Ortsnamen der jeweiligen Postleitzahlen bereits bekannt sind, enthält die Tabelle Spalten mit der Postleitzahl, der Straße und Hausnummer und dem Land, sprich Österreich. Die Tabelle wird an ein Select-Tool weitergegeben in dem der Variablentyp der Spalte „PLZ“ von „Integer16“ auf „V_String“ geändert wird und in weiterer Folge alle Spalten an das Join-Tool weitergeleitet werden.

Das Input-Tool über dem Text-Input-Tool extrahiert die im dritten Container erstellte Datei mit den Touren. Sie werden mit der unteren Verbindung an das Summarize-Tool weitergegeben, wo sie nach „TourID“, „Empfänger PLZ“ und „Ort“ gruppiert werden, um die Stationen der jeweiligen Touren zu ermitteln. Die obere Verbindung führt zum Select-Tool, in dem nicht mehr benötigte Spalten abgewählt werden. Anschließend werden die Datensätze an das nachfolgende Join-Tool weitergeleitet.

Der Workflow im unteren Bereich führt ebenfalls zu einem Join-Tool, in dem die Datensätze aus dem Summarize- und Select-Tool über die Postleitzahlen verknüpft werden. Dadurch wird jeder Postleitzahl eine exakte Adresse zugeordnet. Die Datensätze durchlaufen anschließend ein Select-, Record ID- und ein Data Cleansing-Tool in deren Folge Variablentypen geändert, Datensatz IDs erstellt und störende Zeichenfolgen wie z.B. Leerzeichen entfernt werden.

Anschließend wird in einem separaten Container die Geokodierung durchgeführt. Dazu wird zunächst das `casaGeoCoderAddresses` Input-Tool verwendet, das als Vorbereitung für die eigentliche Geokodierung zu verstehen ist. Das Input Tool hat fünf Eingabefelder, die ID (Ein eindeutiger Datensatzschlüssel), die Straße und Hausnummer, die Postleitzahl, den Ort und das Land. Die eigentliche Geokodierung erfolgt anschließend mit dem Tool `casaGeoCoder`. Als Input werden die aufbereiteten Datensätze des `casaGeoCoderAddresses` Input-Tools eingelesen. ³¹⁶

Der `casaGeoCoder` hat wiederum vier verschiedene Ausgaben, von denen Output A verwendet wird. Dieser enthält die Adresse, die dem Tool übergeben wurden, einschließlich Zusatzinformationen über Bundesland und Bezirk des jeweiligen Datensatzes. Daran angehängt befinden sich die Längen- und Breitengrade in separaten Spalten „lat“ und „lon“. Zusätzlich wird die Spalte „centroid“ erzeugt, in der die geokodierten Punkte bereits als räumliche Objekte enthalten sind, die im folgenden Workflow weiterverarbeitet werden können. ³¹⁷ Die Datensätze werden schließlich in einer Datei abgespeichert.

³¹⁶ vgl. <https://www.casageo.de/de/tools.html> (gelesen am: 12. 9. 2021)

³¹⁷ vgl. *ebenda*

Diese Datei dient im linken, oberen Eck des Containers gleichzeitig als Input. Die Datensätze werden im anschließenden Formel-Tool dahingehend bearbeitet, dass Postleitzahlen mit gleichen Städtenamen, zusätzlich der Name des Bezirks hinzugefügt wird. Dies ist insbesondere bei Großstädten wie z.B. Wien relevant. Danach werden die Datensätze über ein Summarize-Tool zusammengefasst und mit den Daten aus dem mittleren Strang über die Postleitzahl verknüpft.

Der Output des Join-Tools ist gleichzeitig der Input für zwei der vier Eingänge im nachfolgenden Batch-Makro. Im oberen Strang wird die Spalte „TourID“ ausgewählt und nach eindeutigen Werten gruppiert. Sie werden an den Control-Parameter des Batch-Makros übergeben, dessen Anker mit einem Fragezeichen gekennzeichnet ist. Der untere Strang beinhaltet den gesamten Datensatz und wird in dieser Form an den zweiten Input des Batch-Makros übergeben.

Text-Input-Tools versorgen die übrigen zwei Inputs mit der Adresse und den Längen- und Breitengraden des Startdepots des Spediteurs sowie LKW-Informationen. Darin sind die maximalen Laderaumkapazitäten mit den Restriktionen Fläche, Gewicht und Volumen eingetragen, die für den späteren Matching-Algorithmus relevant sind.

Als Output werden die im Makro überarbeiteten Touren in zwei verschiedenen Dateiformaten abgespeichert. Als Alteryx Database und als Tableau Hyper Data Extract. Ersteres ist das Dateiformat, mit dem der Alteryx Workflow weitergeführt wird und zweiteres ein Dateiformat, das von Tableau unterstützt wird und für die spätere Visualisierung erforderlich ist.

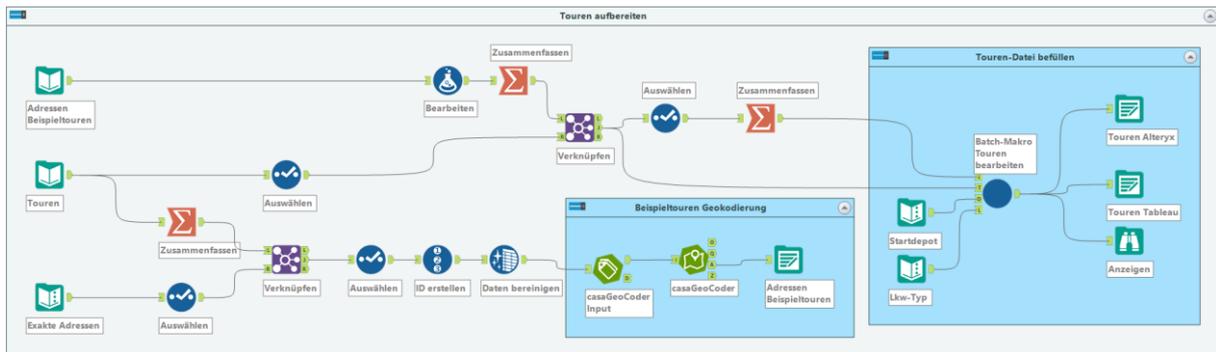


Abbildung 4-17: Beispieltouren aufbereiten

In Abbildung 4-18 ist der Workflow des Batch-Makros aus Abbildung 4-17 dargestellt. Im linken, oberen Bereich ist ein Control-Parameter eingefügt, der nun die Tour IDs der Touren aus dem übergeordneten Workflow enthält. Über das Action-Tool wird nach jedem Durchlauf des Workflows die nächste Tour ID an das darunterliegende Filter-Tool als Filterwert übergeben. Das bedeutet, dass sich die Datensätze, die vom True Anker des Filter-Tools ausgegeben werden, mit jedem Durchlauf aktualisieren.

Die Datensätze werden in weiterer Folge im oberen Strang nach ihren Postleitzahlen, den einzelnen Stationen der Tour, gruppiert und wiederum an ein Batch-Makro übergeben. In diesem Batch-Makro werden die einzelnen Ladungen der jeweiligen Station aufsummiert, um den Gesamtwert für die belegte Fläche, das benötigte Volumen und das beladene Gewicht für jede Station zu berechnen.

Im anschließenden Running Total-Tool werden diese Werte wiederum aufsummiert, um die Gesamtladung des LKWs zu ermitteln, die bereits ab dem Depot mitgeführt wird. Schließlich wird dieser Wert von den maximalen Kapazitäten aus dem LKW-Typ-Input abgezogen und man erhält die freien LKW-Kapazitäten ab dem Depot, die als Startwert betrachtet werden. Da bei jeder Station Güter entladen werden können diese Werte zur Anfangskapazitäten addiert werden, dies geschieht im rechten Bereich mit Multi-Row Formula Tools.

Im mittleren Strang werden die Daten des Startdepots mit der berechneten Gesamtladung aus dem oberen Bereich verknüpft bzw. als Startpunkt an den unteren Bereich weitergegeben.

Parallel dazu wird im unteren Strang mit Hilfe des casaGeoTSP-Tools die optimale Tourenreihenfolge ermittelt. Für das vorgeschaltete casaGeoTSP Input-Tool sind folgende Spalten erforderlich:³¹⁸

- **Sequence ID:** Standorte, die mit einer Tour angefahren werden sollen, erhalten dieselbe Sequenz ID. In diesem Fall entspricht die Sequence ID der Tour ID.
- **Standort ID:** Diese ID muss immer eindeutig sein, auch wenn Start- und Zielpunkt übereinstimmen. Dafür wird dem Datensatz mit Hilfe des Record ID-Tools noch vor dem Input-Tool jeder Station eine ID zugeordnet.
- **Längen- und Breitengrad:** Diese Werte werden im oberen Bereich aus dem Datensatz nach dem Filter-Tool entnommen.

Darüber hinaus wird eine Konfiguration genutzt, die es erlaubt, den Startpunkt gleichzeitig als Endpunkt zu definieren. Weiters kann die Optimierung nach der Zeit, sprich der schnelleren Route oder der Distanz, sprich der kürzeren Route durchgeführt werden. Grundsätzlich kann diese Einstellung für Nutzer des Dashboards individuell eingestellt werden. Als Standardeinstellung wird jedoch die Optimierung nach der Distanz gewählt. Schließlich kann noch angegeben werden, ob die Optimierung für PKWs, LKWs oder Fußgänger durchgeführt werden soll. Klarerweise wird hier LKW als Parameter ausgewählt.³¹⁹

³¹⁸ vgl. <https://www.casageo.de/de/tourenplanung-mit-alteryx.html> (gelesen am: 12. 9. 2021)

³¹⁹ vgl. *ebenda*

Die eigentliche Optimierung wird im Anschluss durch das casaGeoTSP-Tool durchgeführt, dessen Output M folgende Spalten ausgibt: ³²⁰

- **Route ID:** Eine auf der Tourenreihenfolge basierende, eindeutige Nummerierung des Streckenabschnitts zwischen zwei Stationen.
- **From waypoint und to waypoint:** IDs der Stationen, an denen der Streckenabschnitt startet bzw. endet.
- **Distance:** Die zurückgelegte Distanz in dem jeweiligen Streckenabschnitt.
- **Time:** Die benötigte Zeit für den jeweiligen Streckenabschnitt.
- **Centroid_from und centroid_to:** Die Start- und Endpunkte des jeweiligen Streckenabschnitts als räumliche Objekte die in Alteryx weiterverarbeitet und als Punkte kartographisch angezeigt werden können.
- **Spatialobj:** Der jeweilige Streckenabschnitt als räumliches Objekt, das in Alteryx weiterverarbeitet und als Linienzug kartographisch dargestellt werden kann.

Nachdem die optimale Tourenreihenfolge ermittelt wurde, werden die Stationen über die Postleitzahlen mit den Werten der Laderaumkapazitäten der jeweiligen Station verknüpft und an die bereits erwähnten Multi-Row Formula Tools weitergegeben. Danach werden die Datensätze an den Output weitergeleitet, der nun die optimale Tourenreihenfolge und die Laderaumkapazitäten für jede der Touren des übergeordneten Workflows enthält.

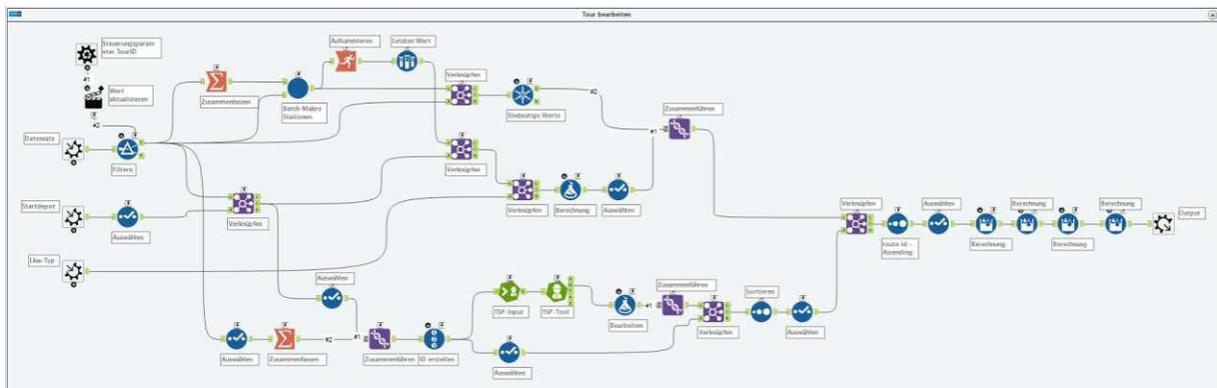


Abbildung 4-18: Batch-Makro „Tour bearbeiten“

Der Workflow des für die Berechnung verwendeten Batch-Makros aus Abbildung 4-18 ist in Abbildung 4-19 ersichtlich. An den Control-Parameter werden die einzelnen Postleitzahlen der jeweiligen Tour übergeben. Das Filter-Tool verwendet die Postleitzahlen als Filterwert und die Datensätze, die vom True-Anker ausgegeben werden, aktualisieren sich mit jedem Durchlauf.

³²⁰ vgl. <https://www.casageo.de/de/tourenplanung-mit-alteryx.html> (gelesen am: 12. 9. 2021)

Nach dem Filter-Tool erfolgt mittels Formel-Tool, die Berechnung der Fläche, des Volumens und des Gewichts jeder einzelnen Ladung. Im Anschluss werden diese Werte durch das Running Total-Tool aufsummiert und mit den Postleitzahlen der Tour verknüpft. Somit werden die Gesamtfläche, das Gesamtvolumen und das Gesamtgewicht der Ladungen, die an den entsprechenden Stationen entladen werden, an den Output weitergeleitet.

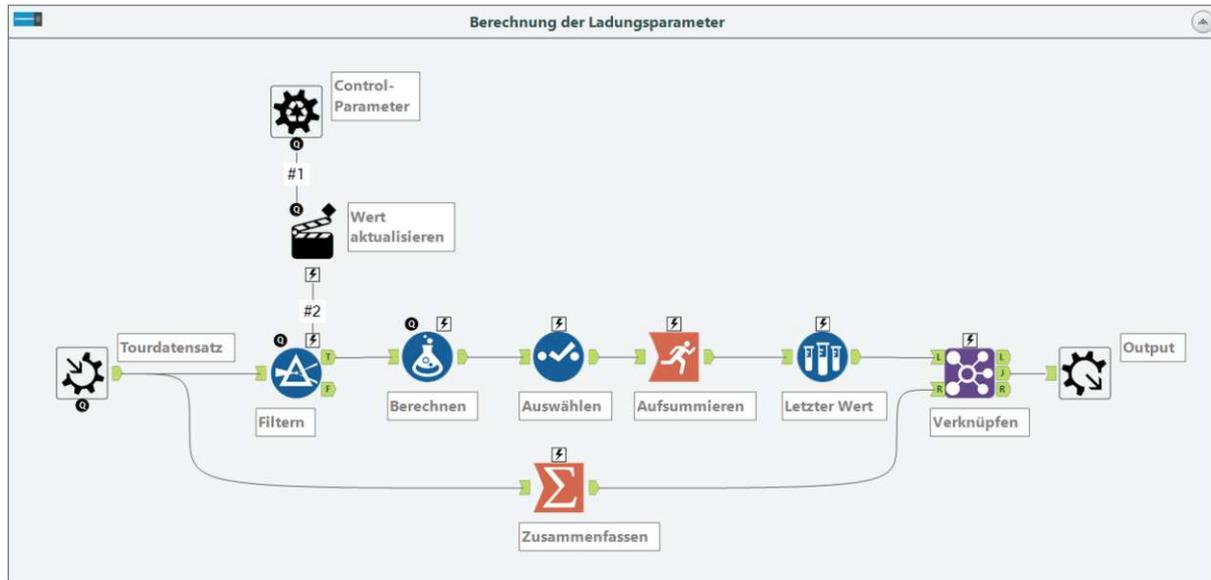


Abbildung 4-19: Batch-Makro „Berechnung der Ladungsparameter“

4.4.2 Matching-Algorithmus und Tourenoptimierung

Bevor auf den Workflow im Hintergrund der Analytic App eingegangen wird, wird die in Abbildung 4-20 bzw. 4-21 dargestellte Benutzeroberfläche für die Eingabe neuer Ladungen erklärt. In Abbildung 4-20 sind die ersten drei von insgesamt vier Registerkarten mit Beispieldaten dargestellt. Sie werden als „Kontaktdaten“, „Beladen Adresse“ und „Entladen Adresse“ bezeichnet. Zwischen ihnen kann per Mausklick oder über die Buttons „Back“ und „Next“ gewechselt werden.

In der Registerkarte „Kontaktdaten“ wird der Name des Unternehmens, die E-Mail-Adresse und die Telefonnummer angegeben, während in den Registerkarten „Beladen Adresse“ und „Entladen Adresse“ die exakten Adressen des Be- und Entladepunktes der Ladung eingegeben werden.

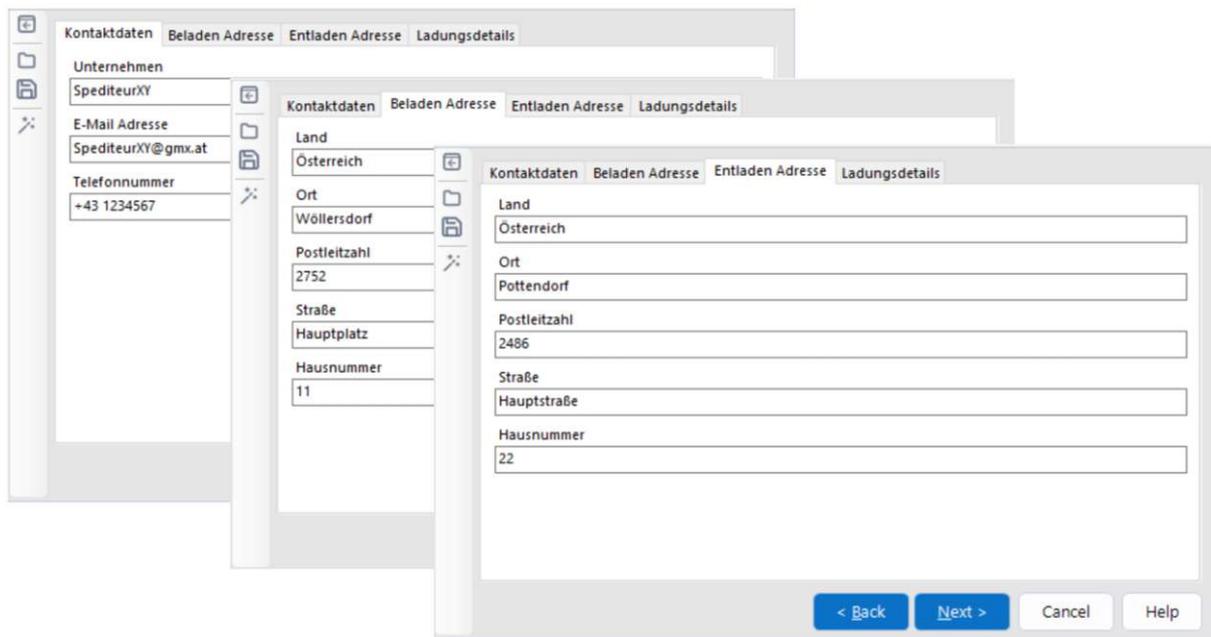


Abbildung 4-20: Registerkarten „Kontaktdaten“, „Beladen Adresse“ und „Entladen Adresse“

Zur besseren Übersichtlichkeit ist in Abbildung 4-21 die vierte Registerkarte, „Ladungsdetails“, dargestellt. Hier werden das frühestmögliche Abholdatum und das gewünschte Zustelldatum ausgewählt und die Abmessungen bzw. das Gewicht der Ladung eingetragen. In dieser Registerkarte befindet sich schließlich auch der „Finish“ Button, mit dessen Betätigung der Workflow der App gestartet wird.

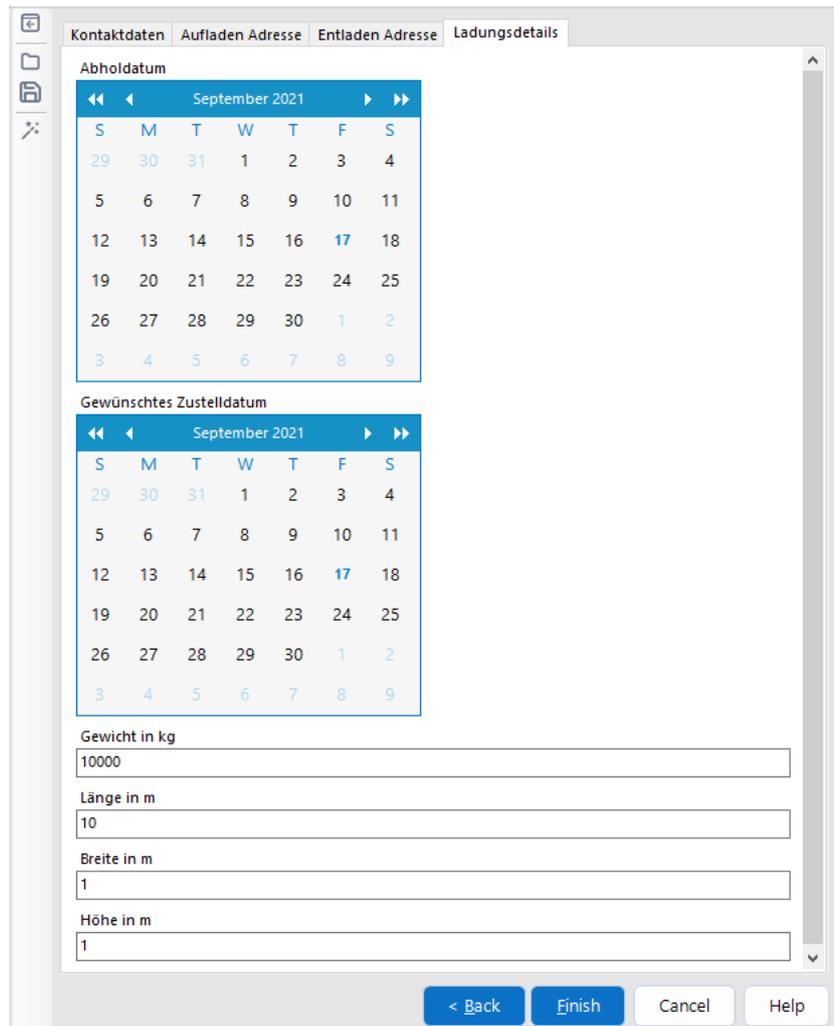


Abbildung 4-21: Registerkarte „Ladungsdetails“

Der Aufbau des Workflows der Analytic App ist in Abbildung 4-22 dargestellt und kann in drei Hauptcontainer unterteilt werden, die in folgender Reihenfolge durchlaufen und beschrieben werden:

- 1: Benutzeroberfläche
- 2: Matching-Algorithmus
- 3: Tourenoptimierung

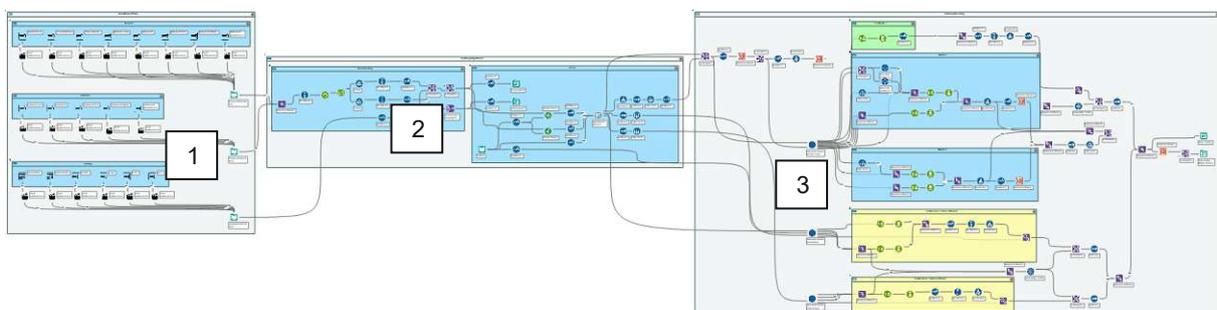


Abbildung 4-22: Workflow-Übersicht der Analytic App

Benutzeroberfläche

Die Umsetzung des Workflows der Benutzeroberfläche ist in Abbildung 4-23 im Detail ersichtlich. Die Eingabefelder der Benutzeroberfläche werden durch Text Box-Tools ermöglicht. Dessen Eingaben werden jeweils über Action-Tools aktualisiert und an ein Text Input-Tool als Spalten übergeben. Die Registerkarten sind in blaue Container unterteilt, wobei die Kontaktdaten zusammen mit den Beladeinformationen in einem gemeinsamen Container zusammengefasst sind. Im dritten Container befinden sich zusätzlich zwei Date-Tools, mit denen das Abhol- und Zustelldatum ausgewählt werden können. Die Text Input-Tools übergeben die Daten schließlich an den nächsten Hauptcontainer, dem Matching-Algorithmus.

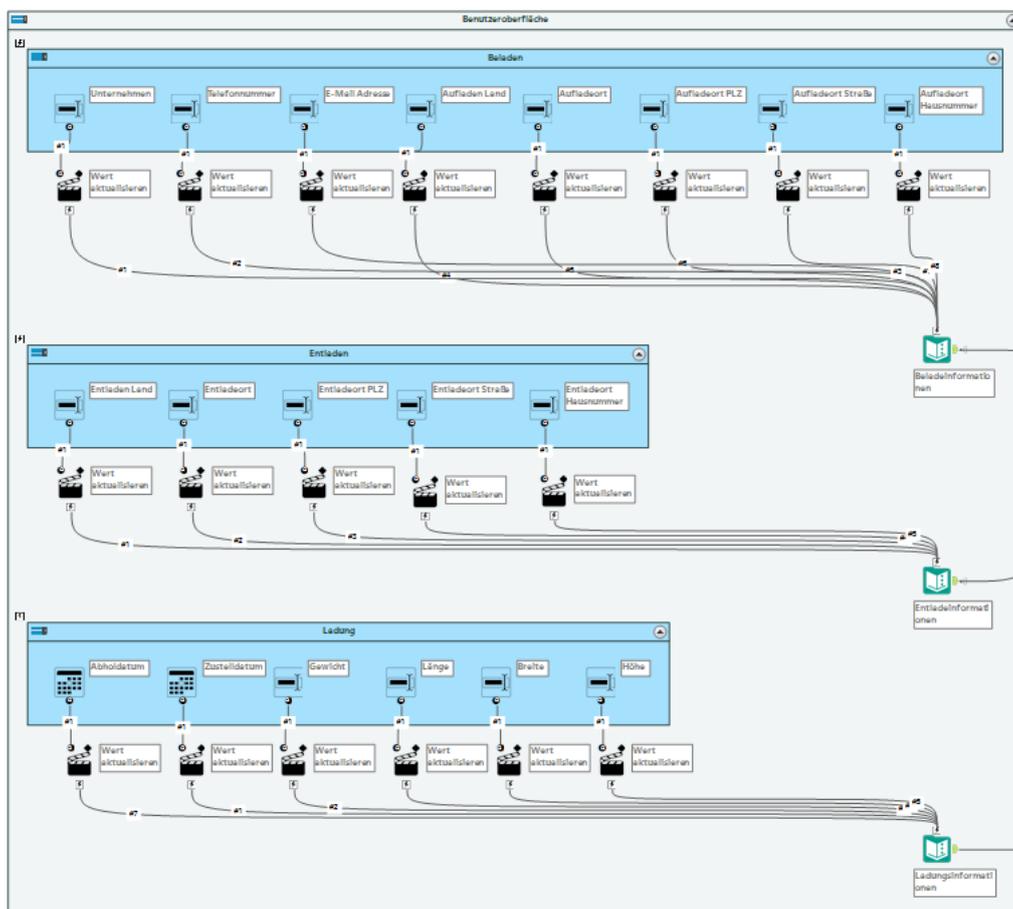


Abbildung 4-23: Benutzeroberfläche

Matching-Algorithmus

In Abbildung 4-24 ist der Workflow des Matching-Algorithmus dargestellt. Er kann in zwei Subcontainer gegliedert werden, „Geokodierung“ und „R-Tool“. Die Geokodierung in der linken Hälfte des Containers führt zunächst die Be- und Entladeinformationen zusammen und erstellt die notwendige ID für den casaGeoCoder. Hier werden die Längen- und Breitengrade des Be- bzw. Entladepunktes erstellt und den Adressen zugewiesen. Danach werden die beiden

Die im Code verwendeten Funktionen führen folgende Befehle durch: ³²¹

- **read.Alteryx():** Damit werden die Eingänge des R-Tools als data.frames an Variablen übergeben. Data.frames werden in R als grundlegende Datenstruktur verwendet, da sie wie Matrizen behandelt werden können.
- **as.Date():** Konvertiert eine der folgenden Formate in ein julianisches Datum: 8/31/56, 8-31-1956, 31 8 56, 083156, 31Aug56, oder 31. August 1956.
- **merge():** Verknüpft beliebig große data.frames über gemeinsame id-Variablen zu einem data.frame.
- **subset():** Gibt Teilmengen von Vektoren, Matrizen oder data.frames zurück, welche die angegebenen Bedingungen erfüllen.

Im ersten Block werden drei Variablen „Beladen“, „Entladen“ und „Originaltour“ definiert, welche die Daten der drei Eingänge beinhalten. Im zweiten Block werden die Spalten mit dem Abhol- bzw. Zustelldatum in ein für R verwendbares Datum-Format umgewandelt.

Im dritten Block werden wiederum neue Variablen erstellt. Die erste lautet „SelbeTour“ und verknüpft die Variable „Beladen“ mit der Variable „Entladen“. Danach werden jene Datensätze gefiltert, welche die in Kapitel 4.3.2 beschriebenen Restriktionen für die Abwicklung von Be- und Entladung in derselben Tour erfüllen. Die zweite Variable lautet „VerschiedeneTourenBeladen“ und filtert aus der Variable „Beladen“ jene Datensätze, welche die in Kapitel 4.3.2 beschriebenen Restriktionen für die Abwicklung der Beladetour erfüllen. Die dritte und letzte Variable lautet „VerschiedeneTourenEntladen“ und verknüpft zunächst die Variable „Originaltour“ mit der Variable „Entladen“. Anschließend werden auch für diese Variable jene Datensätze gefiltert, welche die in Kapitel 4.3.2 beschriebenen Restriktionen für die Entladetour erfüllen.

Im vierten Block ist eine If-Bedingung implementiert. Die If-Funktion besitzt 3 Argumente, den logischen Test, den Befehl, wenn wahr, und den Befehl, wenn falsch. Wenn der logische Test erfolgreich ist, d.h. wahr, führt die Funktion den Befehl, wenn wahr, andernfalls Befehl, wenn falsch aus. ³²² Da prinzipiell die Abwicklung der Be- und Entladung in derselben Tour bevorzugt wird, prüft die If-Bedingung zunächst ob in der Variable „SelbeTour“ Datensätze enthalten sind. Ist dies der Fall werden die Datensätze der Variablen „VerschiedeneTourBeladen“ und „VerschiedeneTourEntladen“ wieder gelöscht, bevor sie ausgegeben werden. Somit wird gewährleistet, dass in den späteren Tableau Hyper Data Extract Dateien nie beide Fälle enthalten sind und im Dashboard nur die optimale Variante visualisiert wird. Im

³²¹ vgl. <https://www.rdocumentation.org/> (gelesen am: 17. 9. 2021)

³²² vgl. *ebenda*

fünften Block werden die Variablen schließlich wieder in ein für Alteryx lesbares Format an die Ausgänge 1, 2 bzw. 3 weitergegeben.

```

library("dplyr")

Beladen <- read.Alteryx("#1", mode="data.frame")
1 Entladen <- read.Alteryx("#2", mode="data.frame")
Originaltour <- read.Alteryx("#3", mode="data.frame")

Beladen$Abholdatum <- as.Date(Beladen$Abholdatum)
2 Beladen$Gewünschtes_Zustelldatum <- as.Date(Beladen$Gewünschtes_Zustelldatum)
Entladen$Gewünschtes_Zustelldatum <- as.Date(Entladen$Gewünschtes_Zustelldatum)
Entladen$Aktuelles_Zustelldatum <- as.Date(Entladen$Aktuelles_Zustelldatum)

SelbeTour <- merge(Beladen, Entladen)
SelbeTour <- subset(SelbeTour, Abholdatum < Gewünschtes_Zustelldatum &
  Gewünschtes_Zustelldatum <= Aktuelles_Zustelldatum &
  Benötigte_Fläche_m² < Freie_Fläche_m² &
  Benötigtes_Gewicht_kg < Freies_Gewicht_kg &
  Benötigtes_Volumen_m³ < Freies_Volumen_m³ &
  route_id_Entladen > route_id_Aufladen)

3 VerschiedeneTourenBeladen <- subset(Beladen, Abholdatum < Gewünschtes_Zustelldatum &
  Benötigte_Fläche_m² < Freie_Fläche_m² &
  Benötigtes_Gewicht_kg < Freies_Gewicht_kg &
  Benötigtes_Volumen_m³ < Freies_Volumen_m³)
VerschiedeneTourenEntladen <- merge(Originaltour, Entladen)
VerschiedeneTourenEntladen <- subset(VerschiedeneTourenEntladen, route_id == 0 &
  Gewünschtes_Zustelldatum <= Aktuelles_Zustelldatum &
  Benötigte_Fläche_m² < Freie_Fläche_m² &
  Benötigtes_Gewicht_kg < Freies_Gewicht_kg &
  Benötigtes_Volumen_m³ < Freies_Volumen_m³)

if (nrow(SelbeTour) >= 1) {
4 VerschiedeneTourenBeladen <- VerschiedeneTourenBeladen[0,]
  VerschiedeneTourenEntladen <- VerschiedeneTourenEntladen[0,]
}

write.Alteryx(SelbeTour, 1)
5 write.Alteryx(VerschiedeneTourenBeladen, 2)
  write.Alteryx(VerschiedeneTourenEntladen, 3)

```

Abbildung 4-25: R-Code des R-Tools

Die drei Outputs des R-Tool beinhalten nun jene Stationen, welche die Restriktionen erfüllen. Daraus wird über anschließenden Formel-, Sort-, Sample- und Select-Tools die jeweils optimale Tour ausgewählt und an den nächsten Container, der Tourenoptimierung, weitergeleitet.

Tourenoptimierung

In Abbildung 4-26 ist der Workflow der Tourenoptimierung dargestellt. Nachdem die optimalen Touren festgelegt sind, müssen sie in ihre Teilstrecken zerlegt werden. Dazu werden die Daten im linken Rand des Containers aufbereitet und an die Inputs der jeweiligen Standard-Makros in der Mitte weitergeleitet. In den Makros werden die Start- und Endpunkte sowie alle Zwischenhalte der in Tabelle 4-4 beschriebenen Teilstrecken ermittelt und an verschiedene Outputs weitergegeben.

Die Outputs der Makros sind über zahlreiche Drahtverbindungen zu weiteren Subcontainern verbunden, in denen die einzelnen Stationen und Strecken wieder zu den verschiedenen, in Tabelle 4-4 beschriebenen, Optionen zusammengesetzt werden. Dabei wird vor allem die Funktion des Union-Tools verwendet, die es erlaubt eine bestimmte Reihenfolge bei der Zusammenführung der eingehenden Drahtverbindungen vorzugeben.

Außerdem wird eine Konfiguration des CasaGeoTSP Input-Tools genutzt, die es ermöglicht den ersten bzw. letzten Datensatz als Start bzw. Endpunkt zu definieren. Die Datensätze mit den Zwischenhalten können somit zwischen der ersten und letzten Zeile in beliebiger Reihenfolge eingefügt werden.

Der grüne Subcontainer beinhaltet die Erstellung der ersten Teilstrecke beider Optionen für die Abwicklung von Be- und Entladung in derselben Tour. Die blauen Subcontainer enthalten die Zusammenstellung der daran anschließenden Teilstrecken 2 und 3 der Option 1 bzw. 2. Hier wird über ein Summarize-Tool am Ende des Workflows noch die Summe der Kilometer für die jeweiligen Optionen berechnet. Die Be- und Entladetouren bei Be- und Entladung in separaten Touren werden in den gelben Subcontainern erstellt.

Schließlich wird im rechten Bereich auf Höhe der blauen Subcontainer die günstigere Option ausgewählt und über ein Union-Tool an die erste Teilstrecke gehängt. Die Be- und Entladetouren werden im unteren Bereich ebenfalls zu einer Tabelle zusammengeführt.

Am Ende des Workflows werden die Datensätze aus allen Strängen über ein weiteres Union-Tool zusammengeführt und als Tableau Hyper Data Extract gespeichert. In dieser Datei sind somit die neu zusammengestellten Touren enthalten.

Weiters werden die zugehörigen Originaltouren über ein Join-Tool und einer Drahtlosverbindung zum Matching-Algorithmus Container ermittelt und wiederum als Tableau Hyper Data Extract abgespeichert. Damit sind sowohl die neu zusammengestellten Touren als auch die Originaltouren für die Visualisierung und Gegenüberstellung in Tableau aufbereitet.

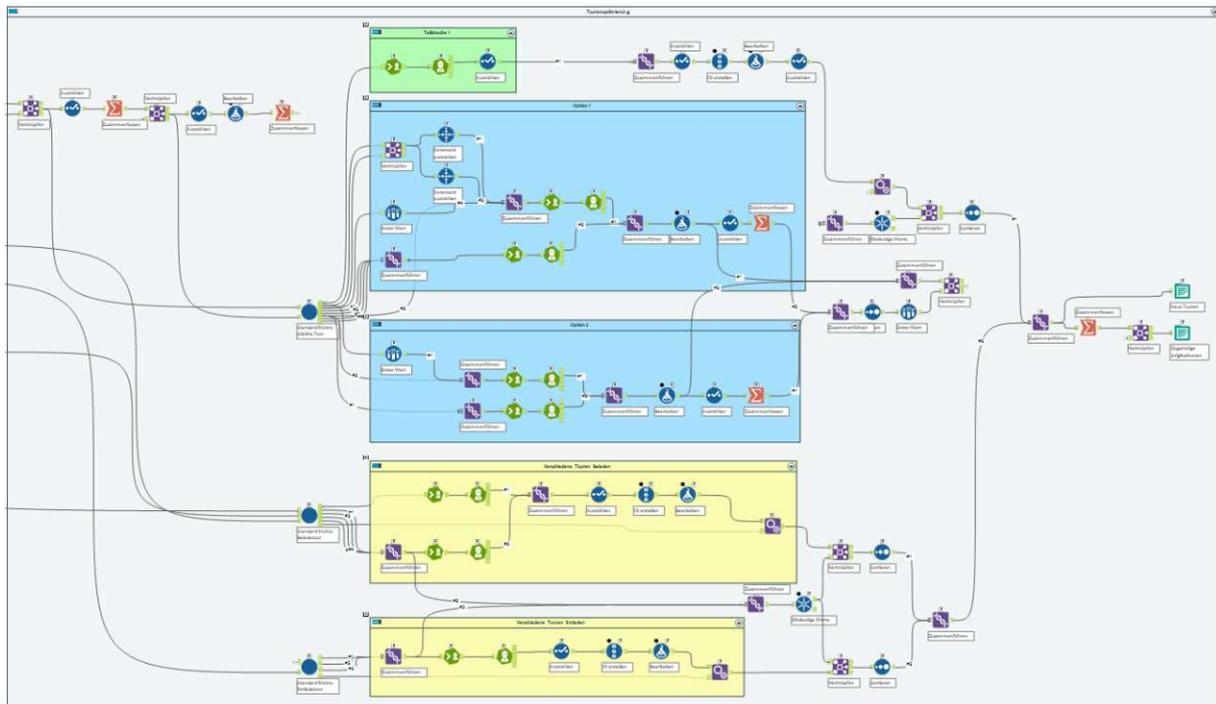


Abbildung 4-26: Tourenoptimierung

In Abbildung 4-27 ist der Workflow des oberen Standard-Makros für die Be- und Entladung in derselben Tour, aus Abbildung 4-26, im Detail ersichtlich.

Das Makro enthält zwei Input-Tools, welche die im R-Tool gefilterten Datensätze und die Originaltour einlesen. Aus dem oberen Input-Tool werden in weiterer Folge über Select-, Sort- und Sample-Tools die Be- und Entladepunkte sowie die relevanten Start- und Endpunkte der Teilstrecken 2 und 3 ermittelt. Konkret ist das die Station, ab der ein Beladen möglich ist und die chronologisch gesehen erste Station, die nahe genug am Entladepunkt liegt. Sie werden anschließend zu einem Datensatz verknüpft und an den Control-Parameter des nachfolgenden Batch-Makros übergeben.

Aus dem unteren Input-Tool wird der Datensatz des Depots der Originaltour entnommen, der für Teilstrecke 3 als Endpunkt dient. Mit einer zweiten Drahtverbindung wird der gesamte Datensatz an das nachgeschaltete Batch-Makro übergeben. In diesem Batch-Makro werden die unterschiedlichen Teilstrecken erstellt und an diverse Output-Tools ausgegeben. In Summe erhält man aus dem Standard-Makro folgende Datensätze:

- Depot
- Beladepunkt
- Entladepunkt
- Stationen vom Depot bis zur ersten Station, nach der eine Beladung möglich ist
- Stationen ab der ersten Station, nach der eine Beladung möglich ist
- Stationen ab der ersten Station, die nahe genug am Entladepunkt liegt
- Die erste Station, die nahe genug am Entladepunkt liegt

- Stationen nach der ersten Station, die nahe genug am Entladeort liegt

Mit diesen Datensätzen können alle Teilstrecken der beiden Optionen in den nachgeschalteten Containern neu zusammengestellt werden.

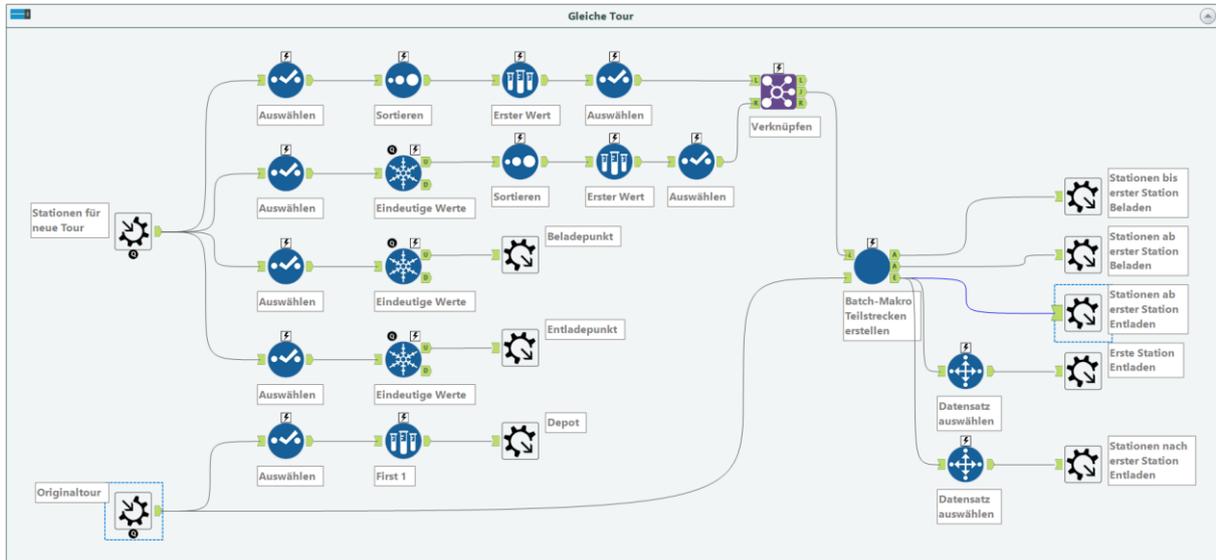


Abbildung 4-27: Standard-Makro „Gleiche Tour“

In Abbildung 4-28 ist der Workflow des Batch-Makros aus Abbildung 4-27, im Detail ersichtlich. Hier wird die Originaltour mittels Input-Tool eingelesen und über Filter-Tools in die entsprechenden Teilstrecken zerlegt. Dazu wird die Route ID als Filterwert genutzt und Datensätze, deren Route ID höher bzw. niedriger als jene der Punkte aus dem Control-Parameter sind, zu verschiedenen Datensätzen gruppiert. Anschließend werden die Datensätze an die jeweiligen Output-Tools weitergeleitet.

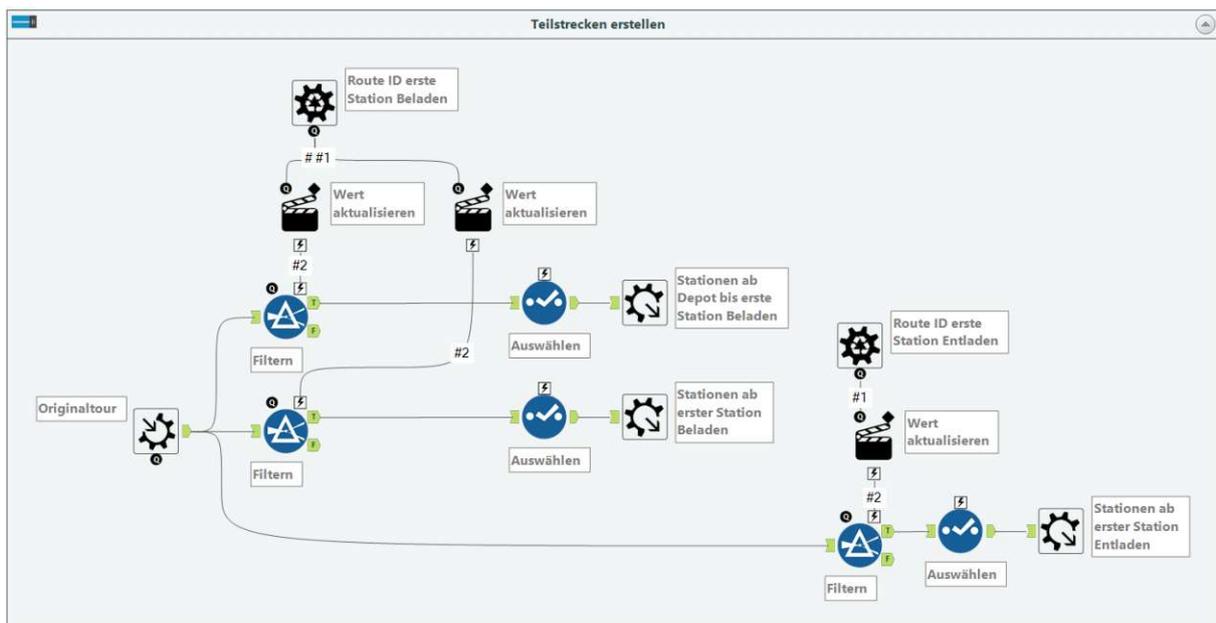


Abbildung 4-28: Batch-Makro „Teilstrecken erstellen“ – Gleiche Tour

In Abbildung 4-29 ist der Workflow des mittleren Standard-Makros für die Beladetour, aus Abbildung 4-26, im Detail ersichtlich.

In diesem Makro werden die relevanten Punkte der Beladetour ermittelt. Dazu werden mit Input-Tools die Datensätze aus dem R-Tool und die Originaltour eingelesen. Im oberen Strang wird mittels Sort-, Sample- und Select-Tools die erste Station, ab der eine Beladung möglich ist, bestimmt und an den Control-Parameter des nachfolgenden Batch-Makros übergeben. Im mittleren Strang wird aus der Originaltour das Depot entnommen bzw. der gesamte Datensatz an das Batch-Makro weitergeleitet. Der untere Strang dient zur Entnahme des Beladepunktes sowie der Tour ID der ausgewählten Tour. In Summe erhält man aus dem Standard-Makro folgende Datensätze:

- Tour ID
- Depot
- Beladepunkt
- Stationen vom Depot bis zur ersten Station, ab der eine Beladung möglich ist
- Die erste Station, nach der eine Beladung möglich ist
- Stationen nach der ersten Station, ab der eine Beladung möglich ist

Mit diesen Datensätzen können die Teilstrecken der Beladetour, im nachgeschalteten Container, neu zusammengestellt werden.

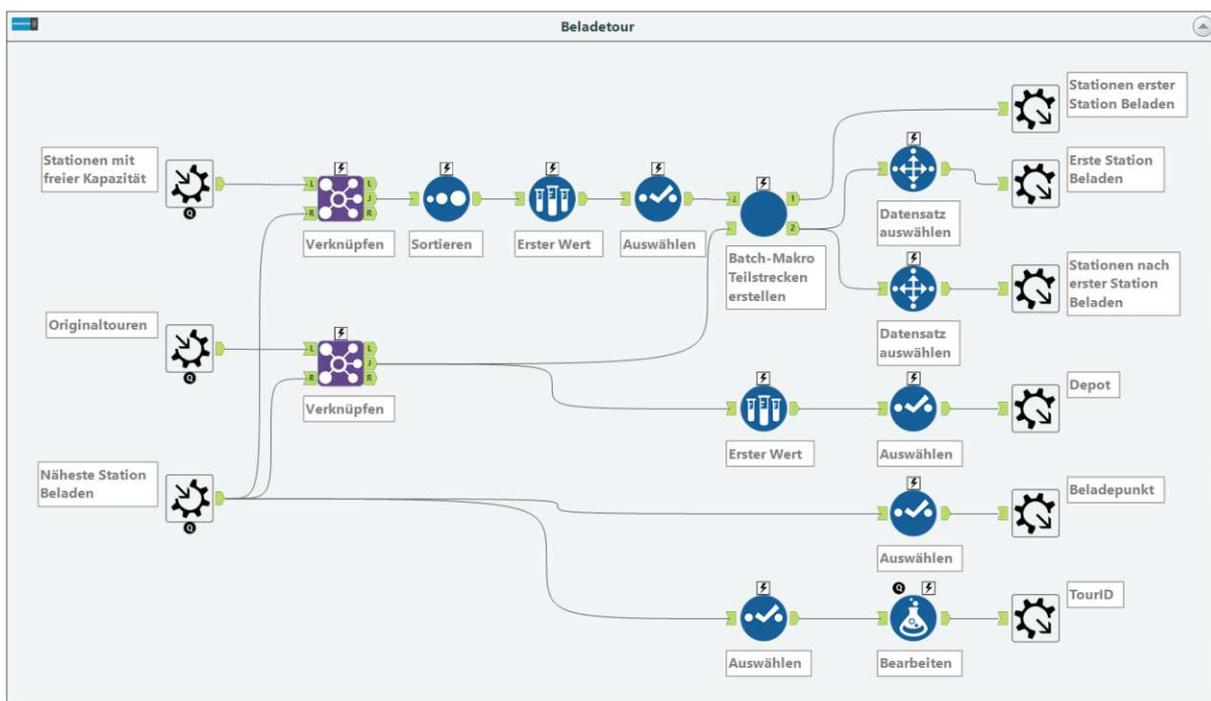


Abbildung 4-29: Standard-Makro "Beladetour"

In Abbildung 4-30 ist der Workflow des Batch-Makros aus Abbildung 4-29 im Detail ersichtlich. Hier wird die Originaltour mittels Input-Tool eingelesen und über Filter-

Tools in zwei Datensätze aufgeteilt. Dazu wird die Route ID als Filterwert genutzt und Datensätze, deren Route ID höher bzw. niedriger als die des Punktes aus dem Control-Parameter sind, zu verschiedenen Datensätzen gruppiert. Anschließend werden die Datensätze an die jeweiligen Output-Tools weitergeleitet.

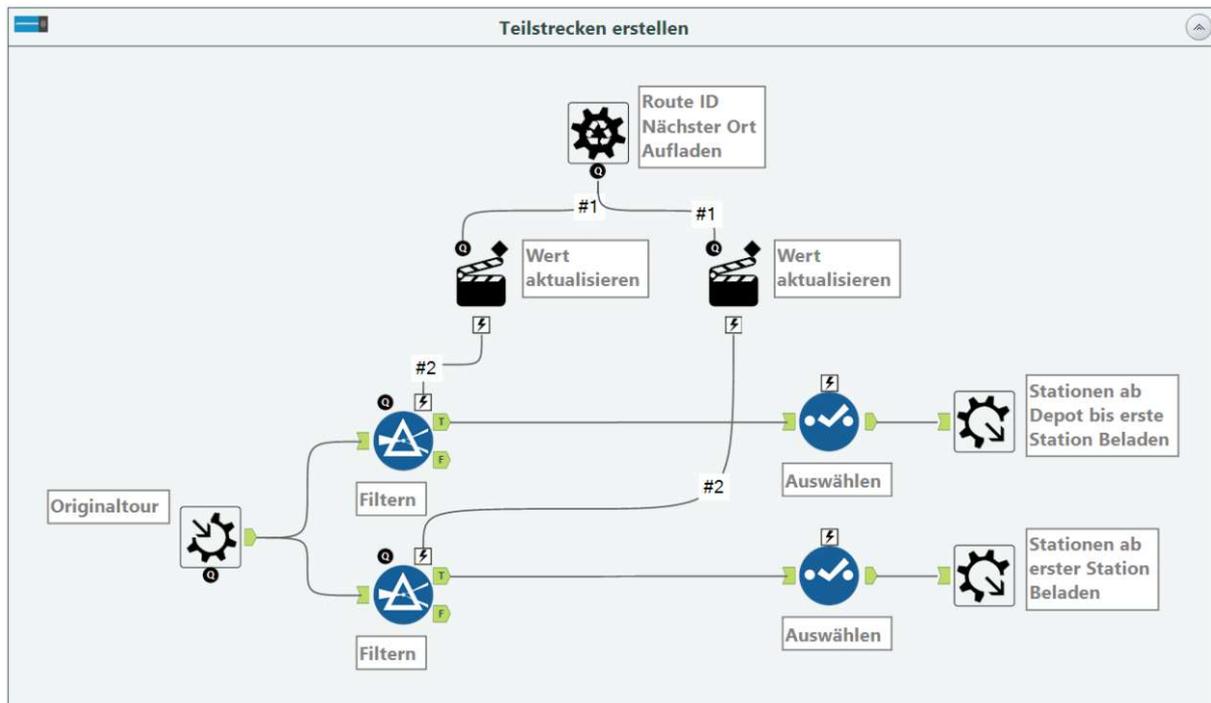


Abbildung 4-30: Batch-Makro "Teilstrecken erstellen" – Beladetour

In Abbildung 4-31 ist der Workflow des unteren Standard-Makros für die Entladetour, aus Abbildung 4-26, im Detail ersichtlich.

Hier werden die relevanten Punkte der Entladetour ermittelt. Dazu werden mit den Input-Tools die Datensätze des R-Tools und der Originaltour eingelesen. Im oberen Strang wird die Originaltour mittels Select- und Select Records-Tools in zwei Datensätze geteilt, dem Depot und den restlichen Stationen. Im unteren Strang wird der Entladepunkt entnommen und die Tour ID der ausgewählten Tour bestimmt. In Summe erhält man aus dem Standard-Makro folgende Datensätze:

- Tour ID
- Depot
- Entladepunkt
- Stationen nach dem Depot

Mit diesen Datensätzen kann die Entladetour, im nachgeschalteten Container, neu zusammengestellt werden.

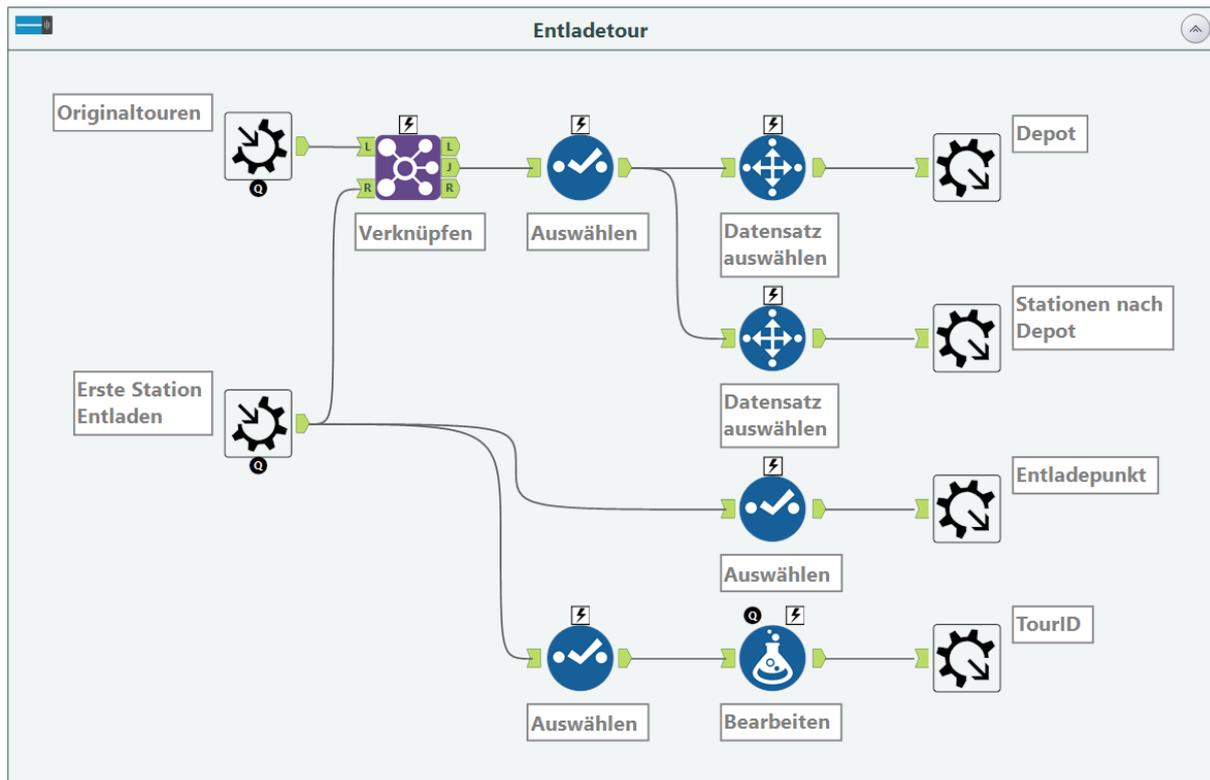


Abbildung 4-31: Standard-Makro "Entladetour"

4.4.3 Visualisierung

Zusammengefasst werden mit jedem Durchlauf des in Kapitel 4.4.1 bzw. 4.4.2 beschriebenen Workflows folgende Tableau Hyper Data Extract-Dateien erstellt, deren Datensätze in Tableau Desktop visualisiert werden:

- **Originaltouren** - werden im Zuge der Datenaufbereitung erstellt und enthält alle aus den Rohdaten des Spediteurs extrahierten Originaltouren
- **Neue Touren** – enthält die vom Algorithmus ausgewählten und anschließend neu zusammengestellten Touren, einschließlich der Be- und Entladepunkte als Stationen
- **Zugehörige Originaltouren** – enthält die Originaltour, die neu zusammengestellt wurde
- **Beladepunkt** – enthält Informationen über den Beladepunkt, einschließlich der Kontaktdaten des Auftraggebers
- **Entladepunkt** – enthält Informationen über den Entladepunkt

Im ersten Schritt werden diese Dateien als Live-Verbindung auf der Datenquellenseite eingelesen. Danach werden die Datenquellen „Beladepunkt“ und „Entladepunkt“ über die Postleitzahl mit der Datei „Neue Touren“ logisch verknüpft, um sie später in der Karte mit der entsprechenden Station überlagern zu können. Abbildung 4-32 zeigt die logische Ebene der Datenquellenseite.

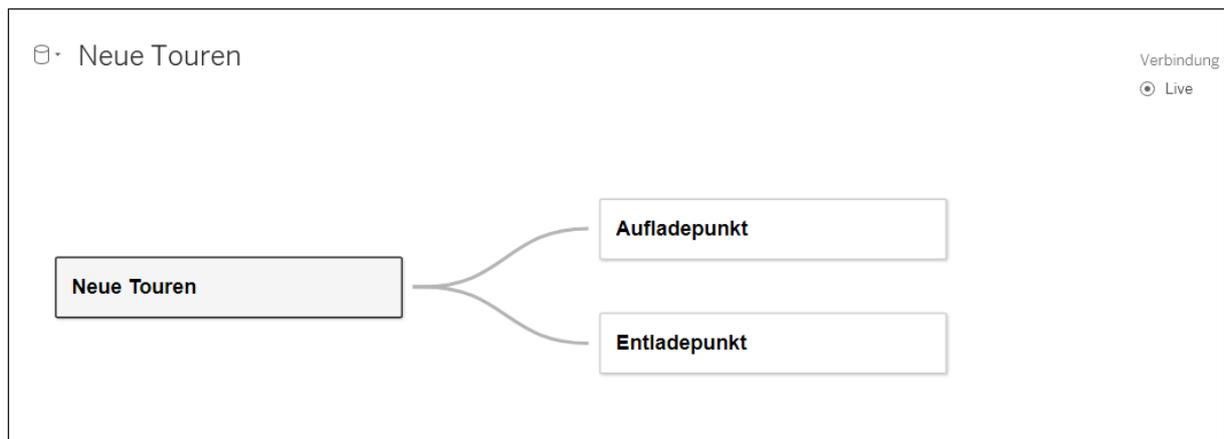


Abbildung 4-32: Logische Ebene der Datenquellenseite

Als nächstes werden die notwendigen Arbeitsblätter der Arbeitsmappe erstellt, zwischen denen der Nutzer wechseln kann:

- Originaltouren
- Zugehörige Originaltouren
- Neue Touren
- Verloader

Originaltouren

In Abbildung 4-33 ist die Konfiguration des Arbeitsblatts „Originaltouren“ ersichtlich. Im linken Bildrand sind die Spaltennamen der Datei „Originaltouren“ als Felder zu sehen, die über die Live-Verbindung extrahiert werden. Von hier aus wird das Feld „Tour ID“ in die Karte „Filter“ gezogen, sodass ein Dropdown-Filter im rechten Bildrand angezeigt wird. Dadurch können alle Originaltouren, die im Alteryx Workflow erzeugt wurden, ausgewählt und im Canvas visualisiert werden.

Unter der Filter Karte befindet sich die Karte „Markierungen“. Deren Inhalt wird in der Abbildung vergrößert dargestellt, um die Konfiguration besser zu erkennen. In diesem Arbeitsblatt gibt es zwei Ebenen, „Stationen“ und „Routen“. In die Ebene „Stationen“ wurden die Felder „Ort“, „Centroid From“, „Plz“ und „Route Id“ gezogen. Sie dienen dazu in der späteren Visualisierung folgende Elemente darzustellen:

- **Centroid From:** Es werden alle Stationen gemäß ihrer Längen- und Breitengrade als Punkt in der Karte angezeigt.
- **Ort:** Den erstellten Punkten werden automatisch Farben zugeteilt und ihre Ortsnamen, einschließlich zugehöriger Farblegende im rechten Bildrand dargestellt.
- **Plz:** Die Postleitzahl der jeweiligen Station wird in einer Infobox neben dem Punkt angezeigt, sobald man mit dem Cursor zu dem jeweiligen Punkt fährt.

- **Route Id:** Es werden Kästchen mit einer Nummerierung, basierend auf der Reihenfolge der Tour, neben dem jeweiligen Punkt erzeugt.

In die Ebene „Routen“ wurden die Felder „Spatial Obj“ und „Route Id“ gezogen, die in der späteren Visualisierung folgende Elemente darstellen:

- **Spatial Obj:** Es werden die Routen zwischen den Stationen als Linienzug, Fahrwegs getreu abgebildet.
- **Route Id:** Die Route zwischen den jeweiligen Stationen wird in einer Infobox neben dem Linienzug angezeigt, sobald man mit dem Cursor zu der jeweiligen Linie fährt.

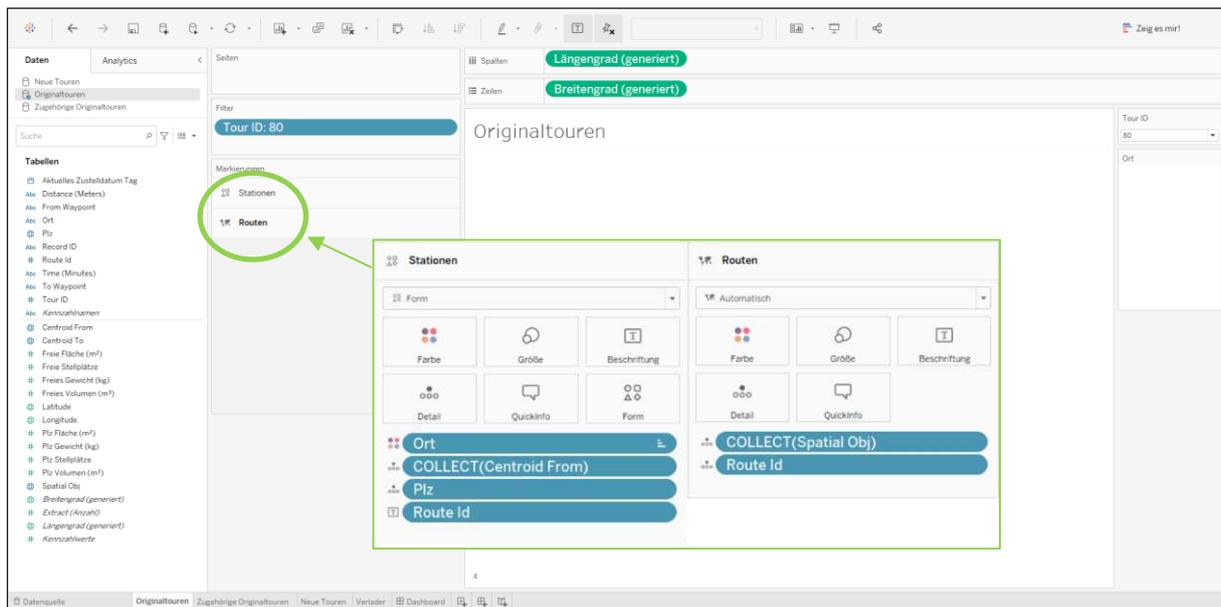


Abbildung 4-33: Konfiguration des Arbeitsblatts „Originaltours“

Zugehörige Originaltours

In Abbildung 4-34 ist die Konfiguration des Arbeitsblatts „Zugehörige Originaltours“ ersichtlich. Sie unterscheidet sich vom Arbeitsblatt „Originaltours“ nur in der Ausführung des Filters. Da in dieser Visualisierung die zur Gegenüberstellung verwendeten Originaltours visualisiert werden, genügt es den Filter als Checkboxes zu gestalten, die mit einem Häkchen an- bzw. abgewählt werden können. Dadurch kann bei Bedarf die Be- oder Entladetour ausgeblendet werden. Die restliche Visualisierung ist identisch mit jener im Arbeitsblatt „Originaltours“.

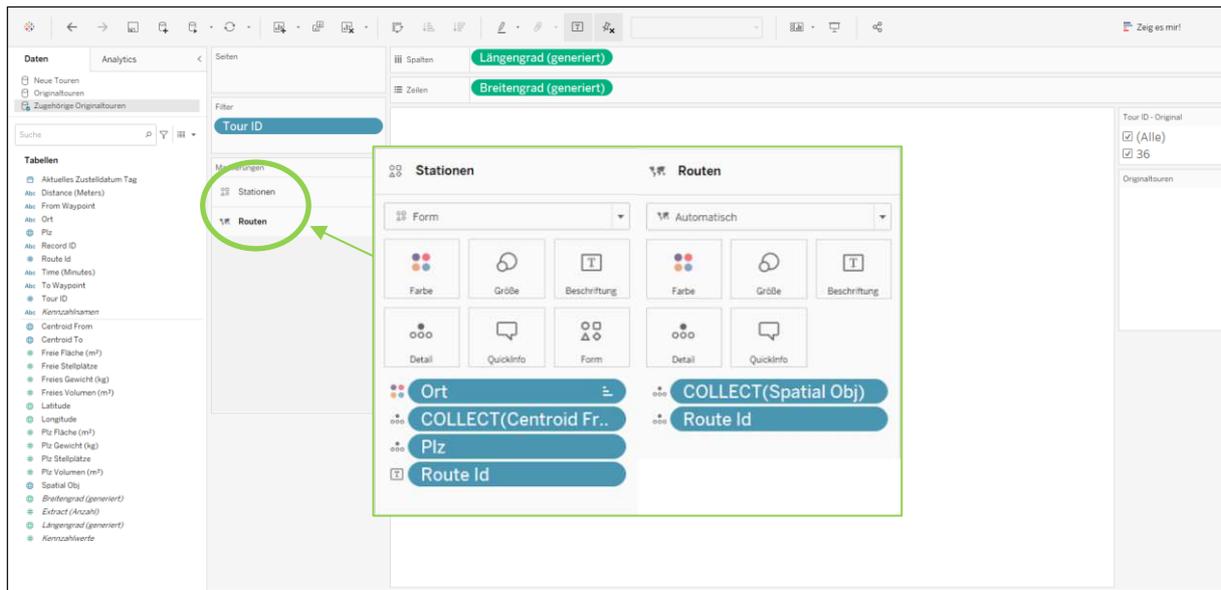


Abbildung 4-34: Konfiguration des Arbeitsblatts „Zugehörige Originaltours“

Neue Touren

In Abbildung 4-35 ist die Konfiguration des Arbeitsblatts „Neue Touren“ ersichtlich. Die Karte „Filter“ ist identisch mit jener aus dem Arbeitsblatt „Zugehörige Originaltours“. In der Karte „Markierungen“ weist dieses Arbeitsblatt jedoch zwei weitere Ebenen auf, „Beladepunkt“ und „Entladeort“. Darin sind die gleichen Felder wie in Ebene „Stationen neue Tour“ enthalten. Sie werden somit ebenfalls als geografische Punkte dargestellt, die jedoch als grüner bzw. roter Ring konfiguriert werden und den Be- bzw. Entladeort der jeweiligen Tour markieren.

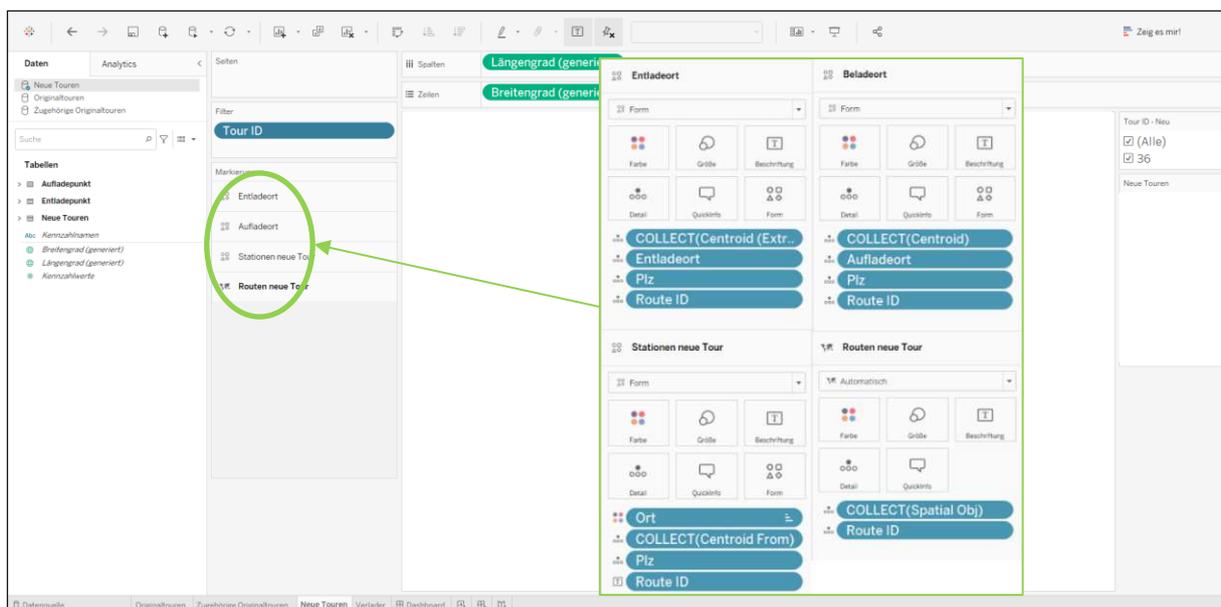


Abbildung 4-35: Konfiguration des Arbeitsblatts „Neue Touren“

Verlader

In Abbildung 4-36 ist die Konfiguration des Arbeitsblatts „Verlader“ ersichtlich. Im Gegensatz zu den anderen Arbeitsblättern wird hier in der späteren Visualisierung lediglich eine Tabelle mit den Kontaktdaten des Verladers angezeigt. Dazu werden die Felder Unternehmen, Telefonnummer, E-Mail-Adresse und Ladung ID in die Karte „Zeilen“ gezogen. Sie werden in der Abbildung vergrößert dargestellt.

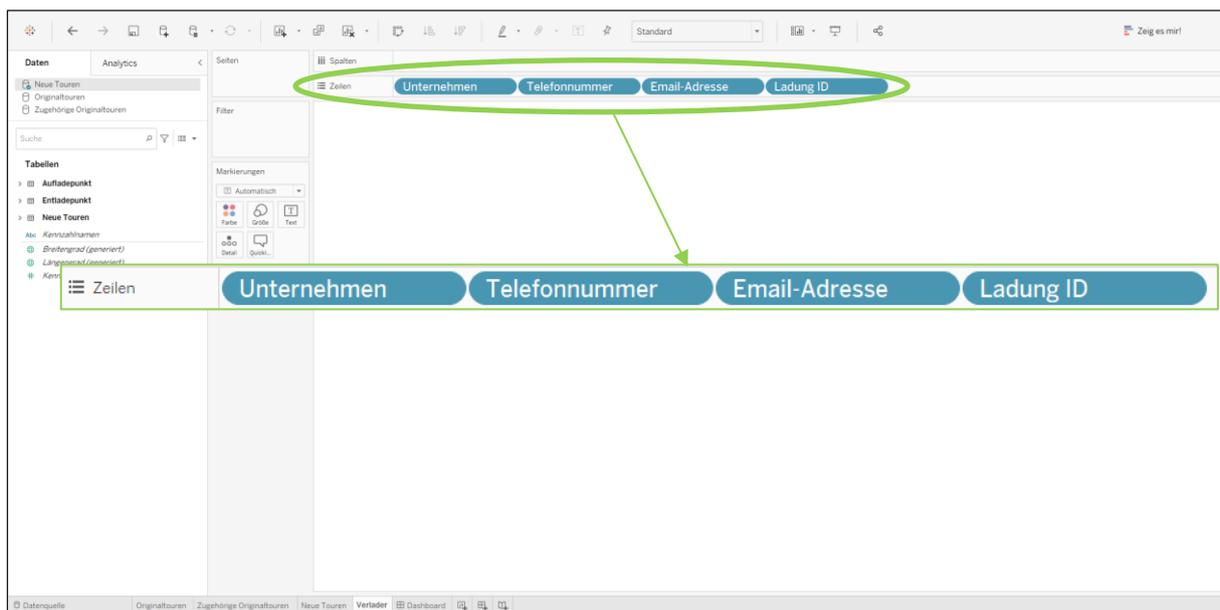


Abbildung 4-36: Konfiguration des Arbeitsblatts „Verlader“

Dashboard

Nachdem alle erforderlichen Arbeitsblätter erstellt wurden, wird schließlich das Dashboard gemäß Abbildung 4-37 konfiguriert. Dazu werden alle relevanten Arbeitsblätter vom linken Bereich an die jeweilige Position im Dashboard gezogen, an der sie später visualisiert werden sollen. Die Filter und Legenden der Arbeitsblätter werden dadurch automatisch mitangezeigt und können an beliebigen Positionen des Dashboards platziert werden. Neben dem Titel des jeweiligen Fensters wird zusätzlich das Datum und die Uhrzeit angezeigt, zu der die letzte Aktualisierung stattfand.

Konkret wurde das Layout so gewählt, dass im oberen Bereich die Kontaktdaten des Verladers eingeblendet werden und darunter die neuen Touren mit den dazugehörigen Originaltouren gegenübergestellt werden. Die Filter und Farblegenden beinhalten somit jeweils die Tour ID und Ortsnamen der Originaltouren und der neuen Touren. Um die Zuordnung der Legenden auf den ersten Blick zu erfassen, werden sie links bzw. rechts neben dem entsprechenden Fenster angeordnet.

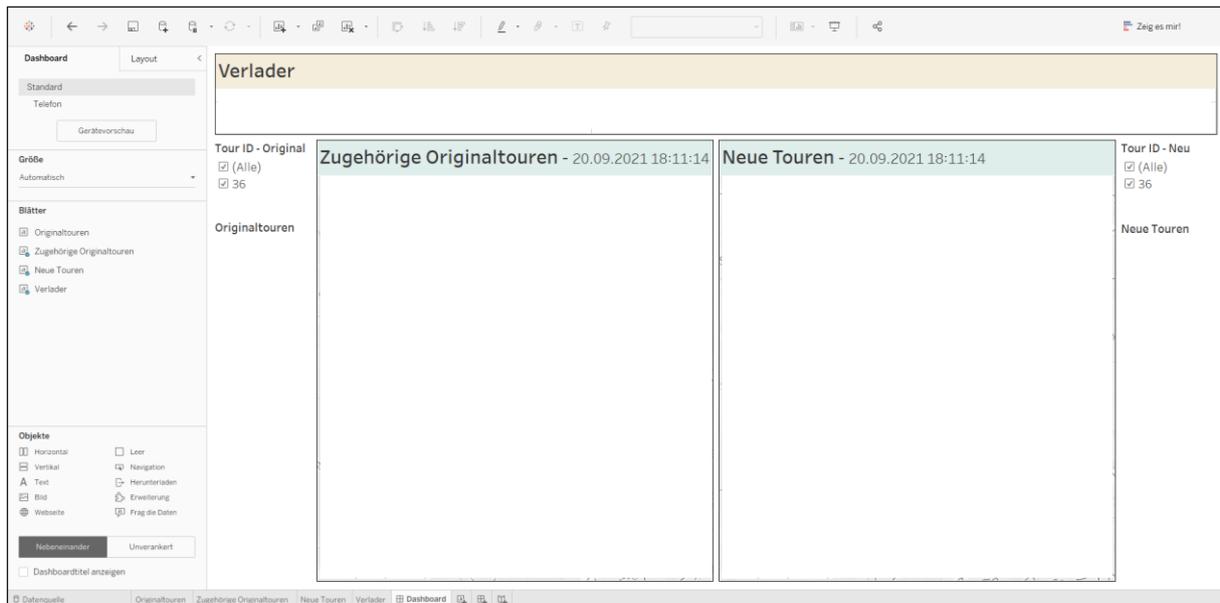


Abbildung 4-37: Konfiguration des Dashboards

5 Evaluierung des entwickelten Dashboards

In diesem Abschnitt wird das entwickelte Dashboard anhand eines Fallbeispiels bei einem österreichischen Spediteur angewendet. Dabei wird das Unternehmen zunächst beschrieben, tägliche Geschäftsprozesse erklärt und derzeitige Herausforderungen dargelegt. Darauf aufbauend erfolgt die Dokumentation der Anwendung der entwickelten Methode. Abschließend werden die Ergebnisse diskutiert und die Ziele dieser Diplomarbeit evaluiert.

5.1 Beschreibung des Unternehmens

Für das Fallbeispiel wird das entwickelte Dashboard in einem national agierenden Speditionsunternehmen angewendet, dessen Kerngeschäft aus dem Teil- und Komplettladungsverkehr sowie dem Stückgutverkehr besteht. Das Transportnetzwerk der Spedition verfügt über sechs in Österreich verteilte Depotstandorte, die über Hauptläufe verbunden sind. Jedes dieser Depots ist für die Abholung bzw. Zustellung von Waren in gewissen Bundesländern verantwortlich. Das Transportnetzwerk besteht somit aus einer hybriden Netzstruktur aus Raster- und Hub-and-Spoke-Netzen.

Für den Transport der Waren sind folgende Prozessschritte der Disposition notwendig:

- Die Daten der eingehenden Aufträge von Regelkunden, die über eine Schnittstelle an das unternehmensinterne System angebunden sind, werden mittels Dispositionssoftware eingelesen und begutachtet. Gleichzeitig werden eingehende Aufträge von Einmalkunden telefonisch oder per E-Mail entgegengenommen.
- Danach erfolgt die Zuteilung der Ladungen zu entsprechenden Touren basierend auf den Adressen der Auftraggeber. Sie werden nach Postleitzahl sortiert und vorab in Zustellregionen eingeteilt. Dabei wird zwischen Abholung und Zustellung sowie Pick-up-Transporten unterschieden. Im Zuge der Abholung werden Adressen an denen Ware abgeholt wird derselben Tour zugeteilt. Analog dazu werden Adressen, an denen Ware zugestellt wird, in derselben Tour abgewickelt. Aufträge zu Pick-up Transporten werden kurzfristig, telefonisch entgegengenommen und dem Fahrer der entsprechenden Abholtour mitgeteilt, dass die Ware in derselben Tour abgeholt und zugestellt werden soll.
- Nachdem die Waren der Abholtouren im Depot angekommen sind, wird entsprechend der Zieladressen erfasst, welches Depot für die Zustellung verantwortlich ist. Dementsprechend wird die Ware entweder vom selben Depot aus zugestellt oder mit weiteren Ladungen konsolidiert und über den Hauptlauf zu anderen Depots transportiert.

5.2 Problemstellung

Folgende Herausforderungen stellen sich dem Unternehmen:

- **Fehlende Transparenz:** Die Dispositionssoftware zeigt die Routen und Tourenreihenfolge der bereits erstellten Touren nicht an. Dadurch ist das Transportnetzwerk nicht transparent abgebildet und Disponenten müssen genaue Standorte mit Hilfe von Google Maps erfassen. Ziel der Anzeige des Dashboards ist daher die Transparenz zu erhöhen und erstellte Touren Fahrwegs getreu auf einer Karte darzustellen.
- **Fehlende Datenschnittstelle:** Die Disponenten nehmen insbesondere Pick-up Aufträge telefonisch entgegen und müssen die Informationen manuell in die Dispositionssoftware übertragen. Durch die Verwendung der erstellten Benutzeroberfläche der Analytic App, soll die Datenerfassung automatisiert werden.
- **Fehlerhafte Daten:** Die Angaben zu den Abmessungen und dem Gewicht der Ladungen seitens der Verloader werden, insbesondere telefonisch, häufig falsch übermittelt. Grund dafür ist das unterschiedliche Verständnis bezüglich diverser Ladungsträger wie z.B. Paletten, deren Maße je nach Typ stark variieren und bei Falschangaben zu Problemen bei der Disposition führen. Durch die Verwendung der Benutzeroberfläche sollen unterschiedliche Interpretationen vermieden werden, indem exakte Werte bezüglich Länge, Breite, Höhe und Gewicht des jeweiligen Ladungsträgers eingetragen werden.
- **Fehlerhafte und zeitintensive Erstellung der Touren:** Die Disponenten führen die Disposition aktuell zweimal durch. Im ersten Schritt erstellen sie Touren basierend auf den Auftragsdaten, die sie über die Schnittstelle erhalten. Kurz bevor die Touren starten, gehen häufig zusätzliche Aufträge per Telefon ein. Diese werden in einer zweiten Disposition manuell in die bestehenden Touren integriert. Durch die manuelle Bearbeitung der kurzfristigen Aufträge kommt es zu Fehlern in der Disposition, sodass häufig nicht die optimale Tour aus dem Transportnetzwerk gewählt wird. Weiters werden die neuen Stationen nicht optimal in die bestehende Tourenreihenfolge eingefügt. Neben dem Nachteil der erhöhten Fehleranfälligkeit ist dieser Vorgang vor allem sehr zeitintensiv. Durch die entwickelte Methode sollen geeignete Touren automatisch identifiziert und basierend auf den Auftragsdaten, optimiert werden.

5.3 Anwendung des Dashboards

Im Zuge der Anwendung des Dashboards wurde der Rahmen der Evaluierung auf ein Depot beschränkt, genauer auf das Speditionsgebiet Wien, Niederösterreich und das nördliche Burgenland. Als Grundlage für das Fallbeispiel dienen anonymisierte Kundendaten, die sämtliche Informationen über den Zeitraum eines gesamten Monats beinhalten. Basierend auf diesen Daten wurden vier Originaltouren ausgewählt, deren Adressen aus Datenschutzgründen auf Postleitzahlen begrenzt und daher durch Dummy-Adressen ersetzt wurden.

5.3.1 Originaltouren

Bevor die Funktion des Matching-Algorithmus und der Tourenoptimierung geprüft wird, gilt es zu evaluieren, ob die Originaltouren korrekt visualisiert werden.

In Abbildung 5-1 sind die vier Originaltouren ersichtlich, die im Zuge der Datenaufbereitung im Alteryx Workflow erstellt wurden. Sie werden in der Arbeitsmappe, im Arbeitsblatt „Originaltouren“, angezeigt. Im rechten Bildrand der Abbildung ist im oberen Bereich der Tour ID-Filter auf „Alle“ eingestellt, sodass die vier Touren gemeinsam dargestellt werden. Weiters sind alle auf der Karte zu sehenden Orte in der Farblegende darunter enthalten.

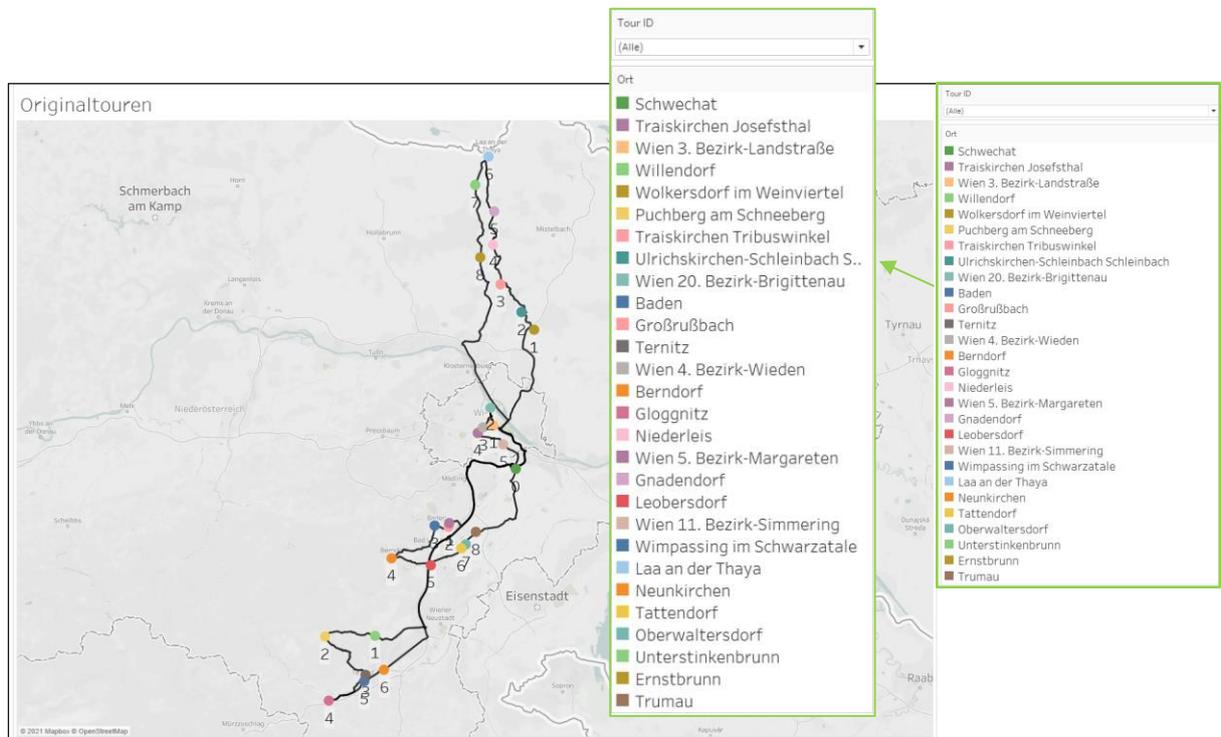


Abbildung 5-1: Originaltouren

Da die Touren alle vom selben Depot aus starten, überlagern sie sich und verdecken Teile der anderen Touren. Aus diesem Grund wurde die Filterfunktion implementiert, deren Funktion in Abbildung 5-2 bestätigt wird. Hier wurde beispielsweise die Tour 36

im Dropdown Menü des Filters ausgewählt und wird nun als einzige Tour angezeigt, wodurch Details besser ersichtlich sind. Die Farblegende mit den Ortsnamen wird dadurch ebenfalls der Tour entsprechend angepasst. Neben der Nummerierung scheint zusätzlich die Infobox auf, sobald der Cursor auf eine gewisse Station gestellt wird. In der Abbildung wurde Station 7 ausgewählt und ihr Ortsname, ihre Postleitzahl und ihre Route ID angezeigt.

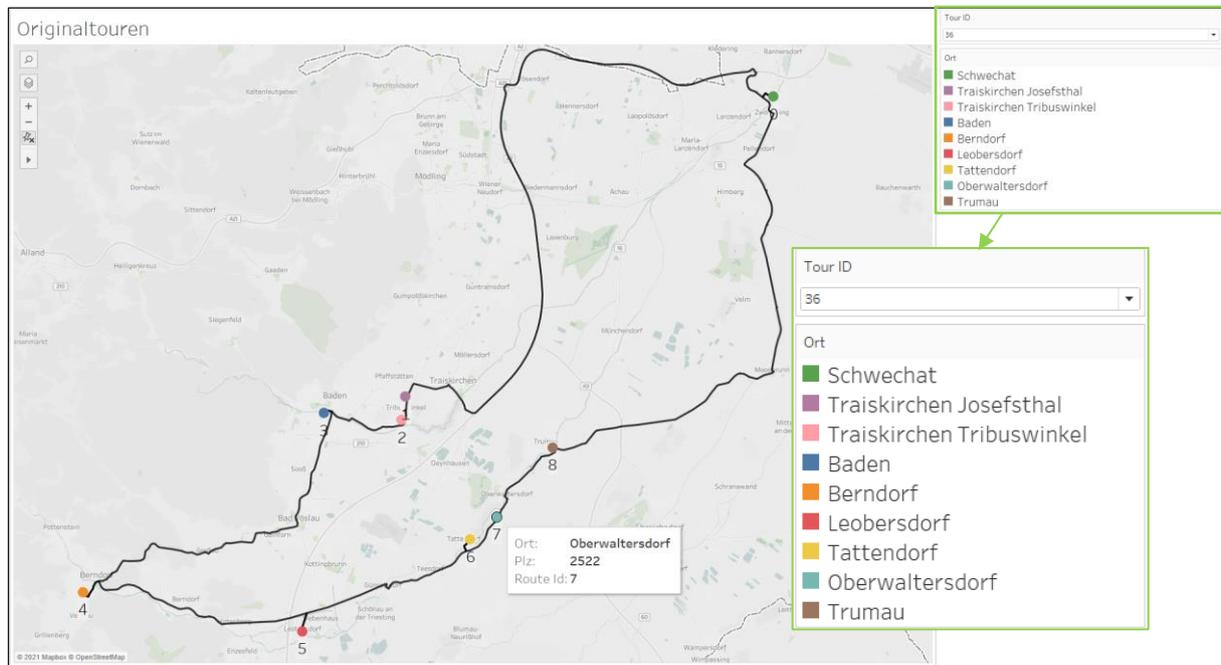


Abbildung 5-2: Tour 36

Die Touren 63, 80 und 128 werden ebenfalls in korrekter Weise und in derselben Form dargestellt und deswegen nicht weiter angeführt.

5.3.2 Neue Touren

Nach der Überprüfung der Originaltours wird die Funktion der Analytic App überprüft. Dazu werden fünf Anwendungsfälle mit entsprechenden Datensätzen erstellt, die bei Ausführung der App, den Matching-Algorithmus sowie die Tourenoptimierung durchlaufen. Dabei wurden unterschiedliche Fälle bezüglich der Lage der Be- und Entladepunkte gewählt, um zu evaluieren, ob eine korrekte Funktion der Analytic App in verschiedenen Szenarien gewährleistet ist. Des Weiteren wurden die Werte der Restriktionen Gewicht, Fläche und Volumen variiert. In Tabelle 5-1 sind die Anwendungsfälle mit Informationen zu Abhol- und Zustelldatum, den Be- und Entladeorten sowie Angaben zu den drei Restriktionen Gewicht, Fläche und Volumen in zusammengefasster Form angeführt.

Fall	Abhol-datum	Gewünschtes Zustelldatum	Beladeort	Entladeort	Gewicht [kg]	Fläche [m ²]	Volumen [m ³]
1	2021-04-10	2021-04-12	Wöllersdorf	Pottendorf	10000	10	10
2	2021-04-10	2021-04-12	Pottendorf	Wöllersdorf	2000	10	10
3	2021-04-10	2021-04-12	Staatz	Stockerau	2000	8	10
4	2021-04-10	2021-04-12	Würflach	Flatz	6000	18	20
5	2021-04-10	2021-04-12	Staatz	Flatz	2000	2,5	2,5

Tabelle 5-1: Daten der Anwendungsfälle

Als Grundlage zur Evaluierung dient Tabelle 5-2. Darin sind die Daten der Originaltouren enthalten, einschließlich aller relevanten Informationen für den Matching-Algorithmus. Dadurch kann überprüft werden, ob die Beladepunkte erst angefahren werden, sobald der LKW über genügend Kapazitäten verfügt. Weiters wird die Tourenreihenfolge mit den Route IDs der Stationen verglichen und festgestellt, ob die Tour in der richtigen Reihenfolge zusammengestellt wird.

TourID	Aktuelles Zustelldatum Tag	Ort	route id	Freie Fläche (m ²)	Freies Gewicht (kg)	Freies Volumen (m ³)
36	2021-04-16	Schwechat	0	5.5001	11721.74	21.560011
36	2021-04-16	Traiskirchen Josefthal	1	9.32	12053	24.172
36	2021-04-16	Traiskirchen Tribuswinkel	2	10.28	12197	24.94
36	2021-04-16	Baden	3	12.84	13266	26.892
36	2021-04-16	Berndorf	4	15	13736	28.86
36	2021-04-16	Leobersdorf	5	21.36	15800	34.068
36	2021-04-16	Tattendorf	6	22.32	15898	34.836
36	2021-04-16	Oberwaltersdorf	7	27.12	17298	39.636
36	2021-04-16	Trumau	8	30	18000	41.748
63	2021-04-16	Schwechat	0	14.78	12675.09	29.042
63	2021-04-16	Wien 3. Bezirk-Landstraße	1	15.74	13183.09	29.81
63	2021-04-16	Wien 20. Bezirk-Brigittenau	2	19.7	14144	33.578
63	2021-04-16	Wien 4. Bezirk-Wieden	3	20.4	14394	34.068
63	2021-04-16	Wien 5. Bezirk-Margareten	4	25.2	16782	37.908
63	2021-04-16	Wien 11. Bezirk-Simmering	5	30	18000	41.748
80	2021-04-13	Schwechat	0	15.42	14313	29.623
80	2021-04-13	Wolkersdorf im Weinviertel	1	17.18	14621	31.031
80	2021-04-13	Ulrichskirchen-Schleinbach Schleinbach	2	18.89	14701	32.57
80	2021-04-13	Großrußbach	3	20.33	14861	33.626
80	2021-04-13	Niederleis	4	21.29	15011	34.394
80	2021-04-13	Gnadendorf	5	21.78	15361	34.737
80	2021-04-13	Laa an der Thaya	6	27.6	17376	39.444
80	2021-04-13	Unterstinkenbrunn	7	29.04	17946	41.172
80	2021-04-13	Ernstbrunn	8	30	18000	41.748
128	2021-04-13	Schwechat	0	3.0642	13780.84	18.987854
128	2021-04-13	Willendorf	1	7.9362	14332	22.990094
128	2021-04-13	Puchberg am Schneeberg	2	16.5762	16426	29.902094
128	2021-04-13	Ternitz	3	22.3962	16747	36.826094
128	2021-04-13	Gloggnitz	4	23.9562	17002	37.918094
128	2021-04-13	Wimpassing im Schwarzatale	5	24.4362	17075	38.302094
128	2021-04-13	Neunkirchen	6	30	18000	41.748

Tabelle 5-2: Daten der Originaltouren

Die erforderliche Visualisierung ist in allen fünf Fällen basierend auf den Anforderungen aus Kapitel 4.1 gegeben. Auf der rechten Seite wird die neu zusammengestellte Tour, einschließlich Beladepunkt (grüner Ring) und Entladepunkt (roter Ring) dargestellt. Im rechten Bildschirmrand wird außerdem der Tour ID-Filter und die Farblegende mit den Ortsnamen der neuen Tour angezeigt, in der nun auch die Be- und Entladeorte enthalten sind. Auf der linken Seite wird die zugehörige

Originaltour und der Tour ID-Filter sowie die Farblegende mit den ursprünglichen Ortsnamen dargestellt. Die Kontaktdaten des Verladers sind für alle Fälle identisch und werden in Form von Dummy-Daten im linken, oberen Bereich des Dashboards angezeigt. Im Folgenden werden nun die Dashboard-Ansichten der jeweiligen Fallbeispiele dargestellt.

In Abbildung 5-3 ist die Ansicht des Dashboards in Fall 1 abgebildet. In diesem Anwendungsfall wird gezeigt, dass die Tourenoptimierung auch funktioniert, wenn die Distanz zwischen Be- und Entladeplatz gering ist.

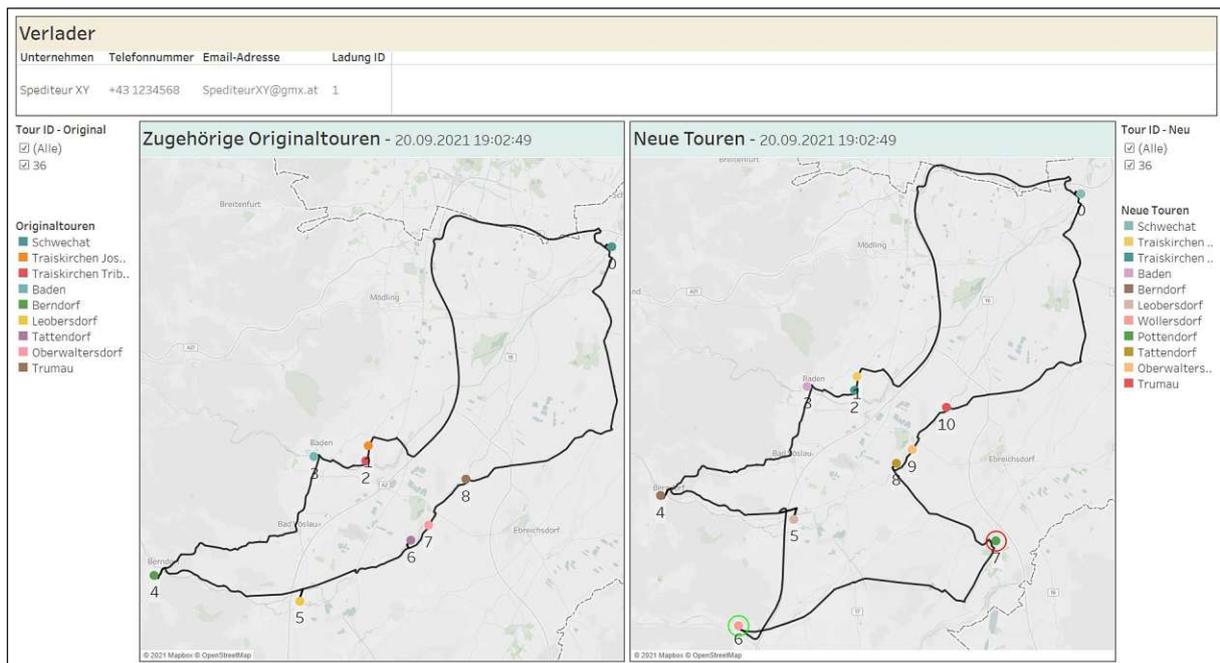


Abbildung 5-3: Anwendungsfall 1

In Abbildung 5-4 ist die Ansicht des Dashboards in Fall 2 abgebildet. In diesem Anwendungsfall wird gezeigt, dass die Tourenoptimierung auch funktioniert, wenn es geographisch gesehen günstiger wäre den Entladepunkt vor dem Beladepunkt anzufahren. Da dies aber der logischen Reihenfolge von Be- und Entladung widersprechen würde, wird die Tour so zusammengestellt, dass der Entladepunkt nach dem Beladepunkt angefahren wird.

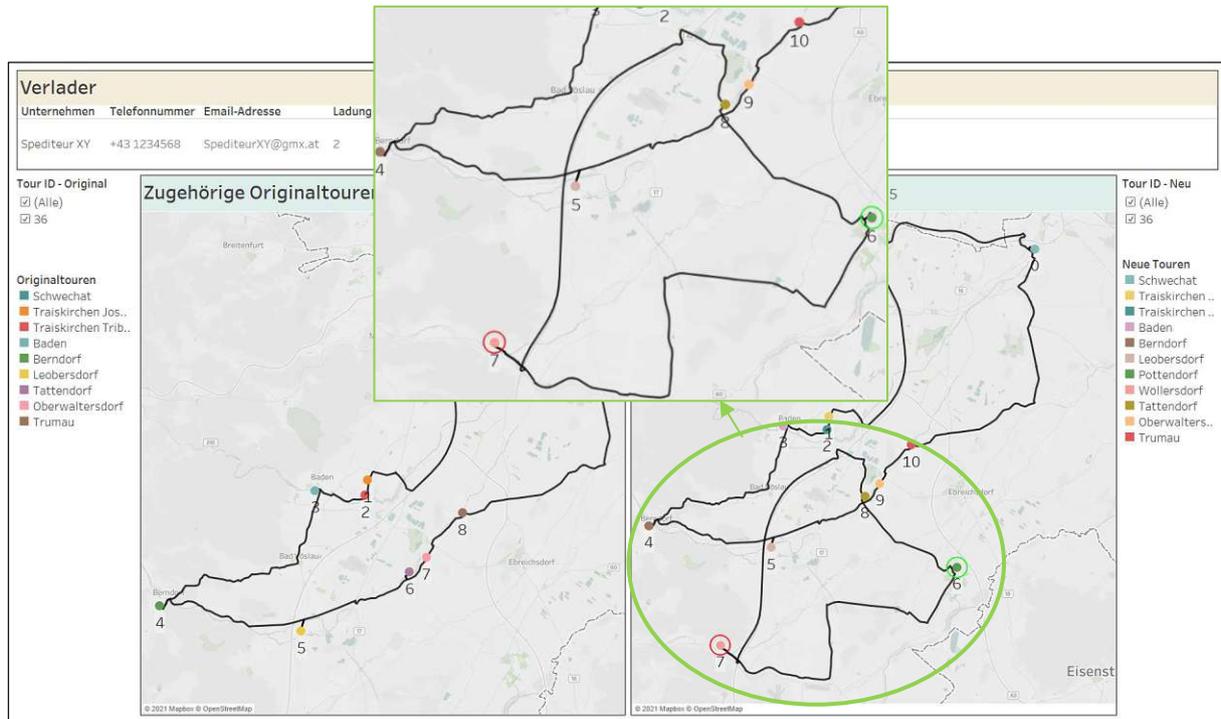


Abbildung 5-4: Anwendungsfall 2

In Abbildung 5-5 ist die Ansicht des Dashboards in Fall 3 abgebildet. In diesem Anwendungsfall wird gezeigt, dass die Tourenoptimierung auch funktioniert, wenn Be- und Entladungspunkt auf gegenüberliegenden Seiten der Tour liegen.

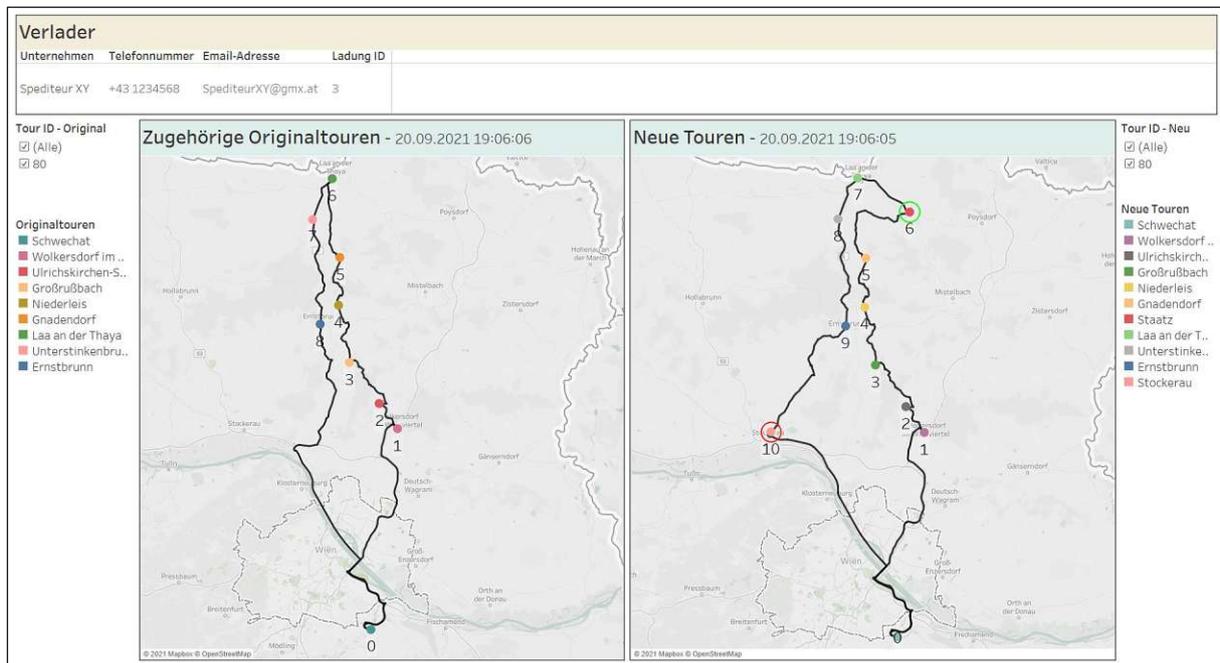


Abbildung 5-5: Anwendungsfall 3

In Abbildung 5-6 ist die Ansicht des Dashboards in Fall 4 dargestellt. In diesem Anwendungsfall wird gezeigt, dass der Matching-Algorithmus die richtige Station ermittelt, ab der eine Beladung möglich ist. Würde man die Tour ohne den Restriktionen erstellen, würde der Beladepunkt gleich nach Station 1 oder 2 angefahren werden. Vergleicht man jedoch die Angaben zur benötigten Fläche der Ladung aus Tabelle 5-1 mit der freien Fläche des LKWs in Tour 128 aus Tabelle 5-2 wird klar, dass diese Reihenfolge nicht möglich ist. Aus diesem Grund wird zuerst Station 3 angefahren und danach der Beladepunkt.

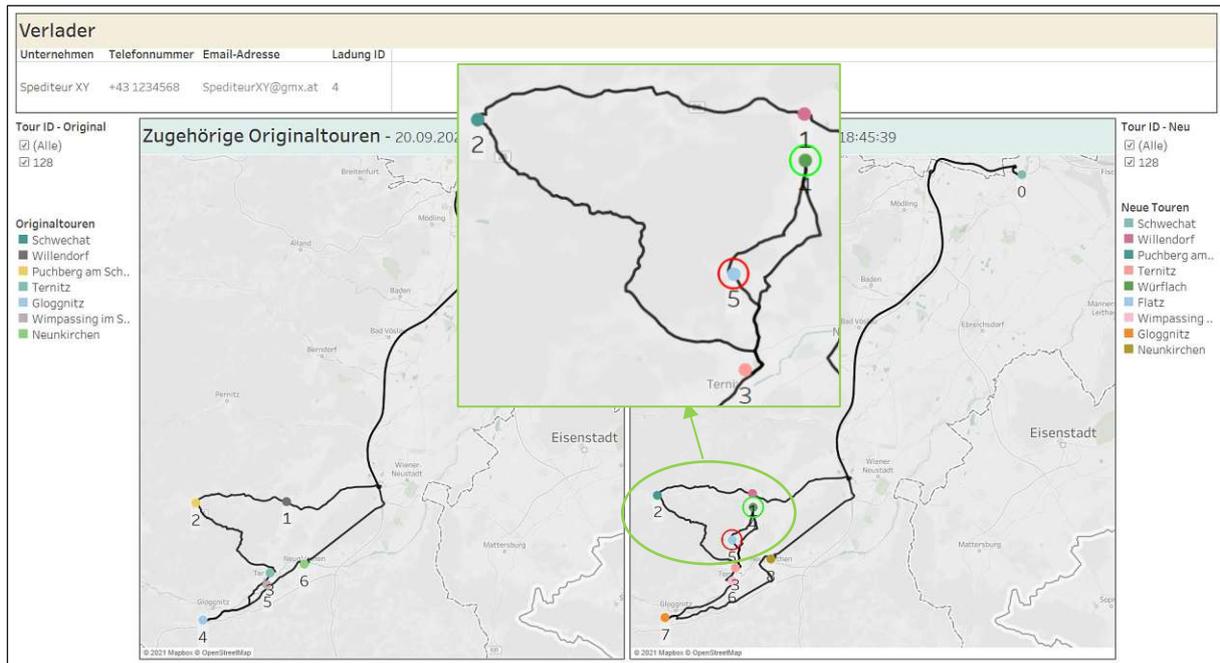


Abbildung 5-6: Anwendungsfall 4

In Abbildung 5-7 ist die Ansicht des Dashboards in Fall 5 dargestellt. In diesem Anwendungsfall wird gezeigt, dass der Matching-Algorithmus die Be- und Entladung auf zwei Touren aufteilt, sobald nur der Beladepunkt nahe genug an einer Station der Originaltour liegt. Für die Entladung wurde in diesem Beispiel schließlich die Tour 128 gewählt. Neben der Lage des Entladepunktes sind auch die Kapazitäten des LKWs ab Station 0, sprich ab dem Depot entscheidend. Vergleicht man wiederum die Angaben zu den benötigten Kapazitäten aus Tabelle 5-1 mit den freien Kapazitäten der Tour 128 aus Tabelle 5-2, ist diese Bedingung ebenfalls erfüllt.

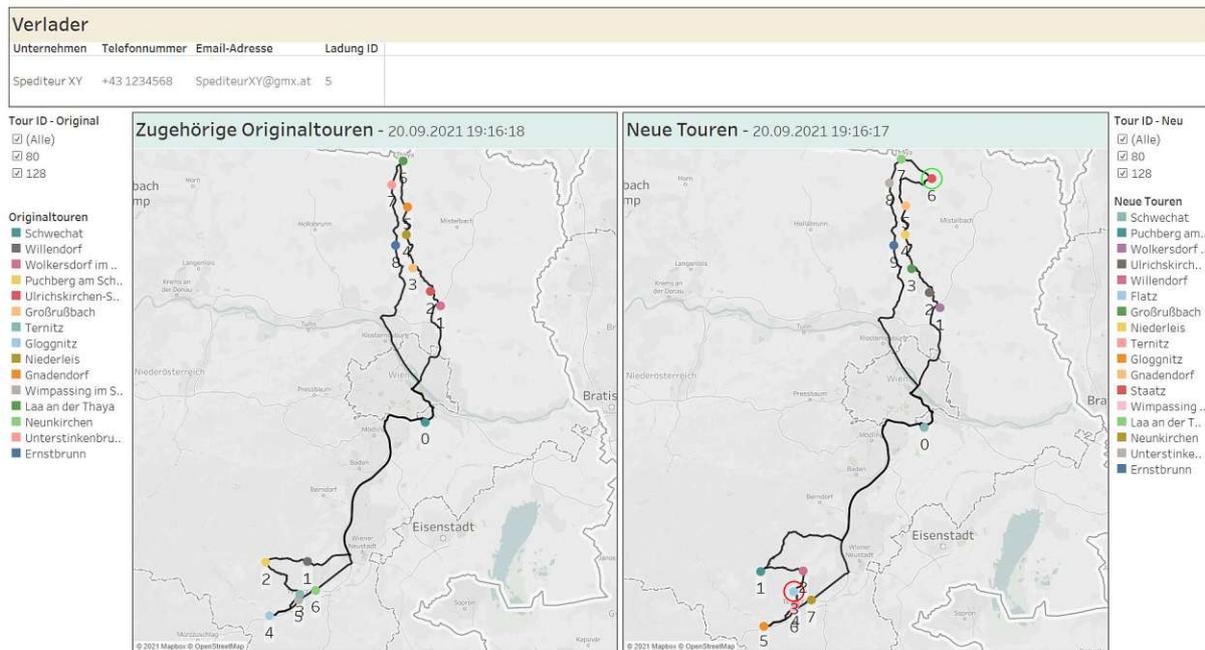


Abbildung 5-7: Anwendungsfall 5

5.4 Ergebnisse und Fazit des Fallbeispiels

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Fallbeispiels analysiert und darauf aufbauend evaluiert, ob die Ziele der Diplomarbeit in dem Fallbeispiel erreicht wurden.

5.4.1 Ergebnisse

Die Datenaufbereitung im Zuge des Alteryx Workflows ist in der Lage die einzelnen Touren aus den Rohdaten zu erkennen und weist ihnen eine eindeutige Tour ID zu. Nach der entsprechenden Gruppierung werden die benötigten Kapazitäten der Ladungen für jede Station in korrekter Weise aufsummiert. Schließlich werden die gesamten Informationen in einer Datei abgespeichert und für die Analytic App bereitgestellt.

Die Analytic App hat gezeigt, dass ihre Benutzeroberfläche die eingetragenen Informationen korrekt an den nachgeschalteten Matching-Algorithmus übergibt. Dessen Funktion wurde validiert, indem die Anwendungsfälle nach möglichst

unterschiedlichen Szenarien gewählt wurden. In jedem dieser Szenarien wurde die optimale Tour gewählt und die Beladepunkte erst angefahren, sobald der LKW über genügend Kapazitäten verfügte. Des Weiteren hat die anschließende Tourenoptimierung gezeigt, dass sie in der Lage ist Touren, einschließlich zusätzlicher Be- und Entladepunkte ganzheitlich zu optimieren. Dabei wurde der Fokus daraufgelegt, die zurückzulegende Kilometeranzahl zu minimieren.

Die Visualisierungen in der Tableau Arbeitsmappe, sprich im Arbeitsblatt „Originaltouren“ und im Dashboard wurden gemäß den Anforderungen dargestellt. Touren werden korrekt abgebildet und Infoboxen werden eingeblendet, sobald man den Cursor zur jeweiligen Station bewegt. Außerdem werden sämtliche Markierungen in korrekter Form dargestellt sowie die Tour ID-Filter und Farblegenden für die Ortsnamen, an den richtigen Positionen angezeigt.

Im Dashboard werden neue Touren mit der Originaltour gegenübergestellt und dienen dem Disponenten als Entscheidungshilfe bei der Annahme von zusätzlichen Aufträgen. Be- und Entladepunkte sind klar zu erkennen und ihre Ortsnamen werden in die Farblegenden aufgenommen. Des Weiteren ist es mit dem Tour ID-Filter möglich die Be- oder Entladetour auszublenden, um Details besser zu erkennen. Um den Auftrag schließlich annehmen zu können, werden dem Nutzer des Dashboards die Kontaktdaten des Verladers eingeblendet.

5.4.2 Fazit

Das Fazit bezüglich der Anwendung der entwickelten Methode fällt positiv aus. Durch die automatische Erstellung und korrekte Abbildung der Touren, konnte die Transparenz des Transportnetzwerks signifikant erhöht werden. Des Weiteren wurde die Ermittlung der optimalen Tourenreihenfolge automatisiert und die dafür benötigte Zeit gegenüber der manuellen Ausführung drastisch gesenkt.

Weiters konnte die Datenerfassung erheblich vereinfacht werden. Nach der Eingabe der Daten in die Benutzeroberfläche und dem Start der Analytic App konnten zusätzliche Aufträge innerhalb von nur wenigen Sekunden eingespielt sowie geeignete Originaltouren ausgewählt und visualisiert werden. Die Disponenten müssen als letzte Aufgabe lediglich den Auftraggeber kontaktieren, was zu einer wesentlichen Zeitersparnis führte.

Ein weiterer Vorteil der Benutzeroberfläche ist die Reduktion fehlerhafter Daten. Mit der Eingabe der Daten in den Kategorien Länge, Breite, Höhe und Gewicht, konnten Missverständnisse zwischen Auftraggeber und Spediteur deutlich reduziert werden. Da die korrekte Angabe der einzelnen Werte in den Kategorien jedoch nicht garantiert werden kann, ist eine hundertprozentige Beseitigung fehlerhafter Daten nicht gegeben.

Ein besonders positives Merkmal ist die automatische Integration der Be- und Entladepunkte in die bereits bestehenden Touren, nachdem ein Auftrag über die Analytic App eingespielt wurde. Die Disponenten müssen dadurch nicht mehr manuell nach geeigneten Touren suchen, die über genug freie Laderaumkapazität verfügen. Dadurch wird eine zusätzliche Reduktion der Verschwendung zeitlicher Ressourcen realisiert.

Weiters wird die Fehleranfälligkeit bei der Zuteilung von Aufträgen zu den Touren reduziert. Touren, die sich z.B. für den Pick-up Transport einer bestimmten Ladung eignen, wurden automatisch im Dashboard der Originaltour gegenübergestellt. Dadurch wird gewährleistet, dass nur Waren innerhalb einer Tour abgeholt und zugestellt werden, wenn dies möglich ist. Die Ladungen werden somit nicht mehr einer zusätzlichen oder falschen Tour zugeteilt, woraus eine effizientere Nutzung von Restkapazitäten resultiert. Dies führt in weiterer Folge sowohl zu einer signifikanten Reduktion von Emissionen als auch zu einem erheblichen Ersparnis an zeitlichen und finanziellen Ressourcen.

Zusammengefasst konnte durch den Einsatz des Dashboards, der Auslastungsgrad der LKWs signifikant gesteigert werden, was zur Reduktion von Emissionen und der effizienteren Nutzung von zeitlichen und finanziellen Ressourcen führte.

6 Auswertung und Resultate

In diesem Kapitel werden Resultate dieser Diplomarbeit bezüglich der Problemstellung und den Forschungsfragen erläutert. Abschließend werden die Ergebnisse der entwickelten Methode diskutiert und ein Ausblick für potenzielle Weiterentwicklungen gegeben.

6.1 Resultate

Anhand der State-of-the-Art Literaturrecherche konnten verschiedene digitale Plattformen zur Identifikation und Visualisierung freier LKW-Transportkapazitäten aufgezeigt werden. Grundsätzlich kann bei diesen Modellen zwischen digitale Speditionen, Frachtenbörsen und Software-as-a-Service, kurz SaaS, unterschieden werden. Digitale Speditionen und Frachtenbörsen sind web-basiert aufgebaut, sodass ihre Anwendungen über das Internet abgerufen werden können. SaaS Modelle werden hingegen für den Nutzer aufbereitet und sind als cloud-basierte Software-Pakete konfiguriert.

Ein weiteres Merkmal, in dem sich die Plattformen unterscheiden, ist die Art und Weise wie der Matching-Prozess des Systems ausgeführt wird. Die Anwendungen von COLO21³²³ und Instafreight³²⁴ erstellen zunächst eine Datenbank mit den offenen Aufträgen der Verloader. Daraus werden dem Spediteur nach Angabe freier Transportkapazitäten geeignete Aufträge in Form einer Liste angezeigt. Das System hinter Saloodo³²⁵ funktioniert ähnlich, die geeigneten LKWs werden jedoch entsprechend ihrer aktuellen Position, auf einer Karte angezeigt. Die Plattform Dizzbo³²⁶ ermittelt basierend auf den Daten des Verladers sowie den GPS-Signalen und Kapazitäten der Transportmittel, den optimalen LKW für die Ausführung des Auftrags. Dabei wird auch die nächste Station des LKWs berücksichtigt, jedoch nicht die gesamte Tour. Weitere Anbieter wie Cargonexx³²⁷ und Convoy³²⁸ versuchen über künstliche Intelligenz dem Verloader zuvorzukommen, indem Tourendaten aus der Vergangenheit ausgewertet und dementsprechend freie Kapazitäten prognostiziert werden. Im Gegensatz zu den anderen Methoden versucht Trucker Path³²⁹ das Matching-Verfahren in umgekehrter Richtung umzusetzen. Hier geben LKW-Fahrer

³²³ vgl. <https://www.startupbrett.de/colo21-ag/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁴ vgl. <https://www.instafreight.de/shippers> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁵ vgl. <https://www.materialfluss.de/logistik-dienstleister/saloodo--kooperiert-mit-dkv.htm> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁶ vgl. <https://www.dvz.de/rubriken/land/spedition/detail/news/dizzbo-will-nicht-ausgelastete-lkw-fuellen.html> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁷ vgl. <https://www.hamburg-startups.net/cargonexx-bringt-kuenstliche-intelligenz-auf-die-strasse/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁸ vgl. <https://aws.amazon.com/de/machine-learning/customers/innovators/convoy/> (gelesen am: 30. 6. 2021)

³²⁹ vgl. <https://www.trucker.com/technology/article/21744948/trucker-path-app-helps-carriers-drivers-find-loads> (gelesen am: 30. 6. 2021)

freie Kapazitäten ein und bekommen zu versendende Ladungen aus ihrer Umgebung angezeigt.

Für die optimale Nutzung von Restkapazitäten reicht der Abgleich zwischen Ladungen und freien Restkapazitäten allein jedoch nicht aus. Herausforderungen wie die fehlende Transparenz der Transportkette, die mangelhafte Integration von Daten und die ineffiziente Kooperation der verladenden Wirtschaft, erfordern eine umfassendere Lösung.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, wurde im Zuge dieser Arbeit eine Methode entwickelt, welche das Matching-Verfahren um eine ganzheitliche Tourenoptimierung ergänzt. Ein wesentliches Merkmal hierzu ist neben der Identifikation von Touren mit freien Laderaumkapazitäten, die optimale Integration von zusätzlichen Be- und Entladepunkten. Die durch den Algorithmus ausgewählte Tour wird dabei ganzheitlich optimiert, sodass die zurückgelegte Strecke der gesamten Tour minimiert wird. Ein weiterer Vorteil ist die Visualisierung der Informationen und Routen im Dashboard. Sie wurde so gewählt, dass die neuen Touren den Originaltouren gegenübergestellt werden und Be- bzw. Entladepunkte sowie zusätzliche Routen sofort erkennbar sind. Dabei werden die Touren von der Dateneinspeisung bis zur Visualisierung automatisch aufbereitet. Nutzer des Dashboards fungieren somit lediglich als letzte Entscheidungsinstanz, bevor ein Auftrag angenommen wird.

Im Rahmen des Fallbeispiels mit einem Spediteur konnte gezeigt werden, dass die Visualisierung der Routen und Tourenreihenfolgen im Dashboard zur transparenteren Abbildung des Transportnetzwerkes führte. Zusammen mit der Einspeisung und automatischen Aufbereitung der Daten über die Benutzeroberfläche konnte dadurch der Zeitaufwand für die täglichen Aufgaben der Disponenten erheblich reduziert werden. Des Weiteren wurden Disponenten durch die automatische Tourenoptimierung unterstützt und fehlerhafte Dispositionen reduziert. Daraus resultierte eine signifikante Reduktion von Emissionen und die effizientere Nutzung von zeitlichen und finanziellen Ressourcen.

Zusammenfassend kann zur Beantwortung der Forschungsfragen festgehalten werden, dass digitale Plattformen aktuell freie Transportkapazitäten nach Ladungsinformationen und geografischen Standorten filtern. Der Datenaustausch der kooperierenden Unternehmen erfolgt dabei über web- und cloudbasierte Anwendungen sowie zur Verfügung gestellten Software-Paketen. Des Weiteren wurde gezeigt, dass der Einsatz des entwickelten Dashboards, zur Erhöhung der Auslastung von LKWs beigetragen hat.

6.2 Ausblick

Da die Ergebnisse der Methode zuverlässig sind, gibt es bezüglich der Datenaufbereitung, dem Matching-Algorithmus und der Tourenoptimierung keine signifikanten Optimierungspotenziale. Um die Dynamik der Tourenoptimierung zu erhöhen, sind jedoch folgende Erweiterungen bzw. Verbesserungen erforderlich.

Im Zuge der Entwicklung wurde die Methode auf einen lokalen Rechner beschränkt, es existiert somit keine ausreichende IT-Infrastruktur. Damit Daten direkt aus den unternehmensinternen Datenbanken des jeweiligen Spediteurs extrahiert werden können, muss jedoch eine Schnittstelle in Form einer von Alteryx unterstützten Datenbank oder Cloud bereitgestellt werden. Außerdem müssen den kooperierenden Verladern oder Spediteuren Lizenzen zur Verfügung gestellt werden, um die Analytic App verwenden zu können. Ansonsten können die Daten neuer Ladungen nicht an den Alteryx Workflow übergeben werden.

Weitere Gründe dafür Datenbanken aufzusetzen, sind das Speichern und Löschen der Touren. Aktuell werden die im Dashboard visualisierten Daten mit jedem neuen Auftrag überschrieben. Da es in der Regel jedoch zu mehreren Aufträgen täglich kommt, müssen diese abgespeichert werden und über eine weitere Filterfunktion im Dashboard ausgewählt werden können. Die in der Vergangenheit liegenden Touren müssen wiederum täglich gelöscht werden, da sie für das Dashboard nicht mehr relevant sind.

Aufbauend auf eine intakte IT-Infrastruktur kann die Interaktivität des Dashboards erhöht werden, um auf eingegangene Aufträge zu reagieren und Änderungen in den entsprechenden Datenbanken vorzunehmen. Das bedeutet, dass Aufträge, die akzeptiert werden, beispielsweise über einen Button bestätigt werden können und dadurch ein weiterer Workflow ausgelöst wird. Dies ist vor allem sinnvoll, wenn die gleiche Tour aufgrund mehrerer Matches, mehrmals täglich neu zusammengestellt wird. Nach jeder Neuzusammenstellung gilt diese Tour für den nächsten Auftrag schließlich als Originaltour. Umgekehrt müssen die neu zusammengestellten Touren wieder in die Originaltour zurückgeführt werden, sollte ein Auftrag spontan storniert werden.

Weiters kann das Einsatzszenario des Dashboards auf die horizontale Kooperation zwischen Spediteuren erweitert werden. Dadurch könnten LKWs für gemeinsame Speditionsgebiete effizienter genutzt werden. Außerdem ist für zukünftige Weiterentwicklungen insbesondere die Berücksichtigung von Warenannahmezeiten der Empfänger relevant. Das bedeutet, dass Touren nicht nur nach der

zurückzulegenden Strecke optimiert werden, sondern jene Empfänger, die nur bis zu einer gewissen Uhrzeit Waren annehmen, zuerst beliefert werden.³³⁰

Für zukünftige Entwicklungen von Methoden zur effizienteren Nutzung von Restkapazitäten kann des Weiteren die Erfassung und Integration von Wetter- und Verkehrsdaten in Echtzeit, die Dynamik der Tourenoptimierung zusätzlich erhöhen. Dabei gelten insbesondere Text-Mining Verfahren wie z.B. Web Scraping, als Schlüsseltechnologien, um Inhalte einer Website automatisch auszulesen.

³³⁰ vgl. *Experteninterview Banovits und Vukedin, geführt am 15.09.2021*

7 Anhang

7.1 Experteninterview

Zur Informationseinholung bezüglich Herausforderungen in der Disposition von verfügbaren Transportkapazitäten in der Transportlogistik, wurde am 15.09.2021 folgendes Experteninterview mit Peter Banovits und Ivica Vukedin durchgeführt:

Einleitung

Begrüßung und Danksagung

Ich möchte Sie recht herzlich zu unserem Experteninterview begrüßen und Ihnen danken, dass Sie sich die Zeit nehmen, das Interview mit mir durchzuführen.

Inhalt des Interviews

Im Zuge dieses Interviews möchte ich Sie zu Abläufen in der Disposition und den aktuellen Herausforderungen zur effizienteren Nutzung von Transportkapazitäten befragen.

Zeitraumen

Für das Interview werden in etwa 40 Minuten benötigt.

Fragen zur Disposition allgemein

- **Welche Daten berücksichtigen Sie bei der Disposition der erforderlichen Transportmittel?**

Vukedin: *Wichtig für uns sind zunächst die Adressen, da wir die Touren nach Postleitzahlen gliedern, um das Zustellgebiet schon vorab einzugrenzen. Dann berücksichtigen wir noch die Abmessungen und das Gewicht der gesamten Sendung, um den LKW so gut als möglich auszulasten, aber auch um zu sehen, ob der Fahrer die Tour an einem Arbeitstag überhaupt erledigen kann.*

Banovits: *Da kommen auch noch gesetzliche Vorgaben wie z.B. Pausen dazu. Deswegen gilt es auch die Anzahl an zu fahrenden Kilometer zu berücksichtigen. Als Richtwert werden maximal ca. 300 km pro Fahrer zugeteilt.*

Vukedin: *Manchmal kommt es auch vor, dass ein Fahrer zwar voluminöse, aber dafür nur wenige Ladungen ausliefert. Das heißt der LKW ist zwar voll, aber der Fahrer ist relativ früh mit seiner Tour fertig. In dem Fall teilen wir ihm oft noch eine weitere Tour zu. Deswegen ist auch die Anzahl der Zustelladressen ein Richtwert.*

- **In welchem Zeitraum vor der Zustellung bzw. Abholung führen Sie üblicherweise die Disposition der erforderlichen Transportmittel durch?**

Vukedin: Also wir machen die Disposition täglich, momentan beginnen wir um 3 Uhr in der Früh und benötigen 2-3 Stunden. Das werden wir in den nächsten Wochen aber auf 5 Uhr verlegen, weil wir Probleme mit der Vollständigkeit der Daten haben, die wir bekommen. Es wird praktisch vordisponiert und oft ist es so, dass dann einige Sendungen nicht kommen. Damit der LKW trotzdem gut ausgelastet wird, führen wir später eine zweite Disposition durch. In der ersten werden die Zusteller eingeteilt und einige Regelabholer, wo wir wissen das es der Fahrer zeitlich schafft und wir auf Erfahrungswerte bezüglich Mengen zurückgreifen können. Die restlichen Abholer werden später disponiert, weil wir oft nicht wissen wieviele Paletten der Kunde wirklich hat und die Mengen stark variieren.

- **Welches Medium nutzen Sie für die Disposition?**

Vukedin: Für die Disposition verwenden wir das Programm shipping.NET, wo einige Kunden eine Datenanbindung an uns haben. (Pick-up Abholungen werden dem Fahrer beispielsweise direkt an den Scanner geschickt). Die Regelabholer machen wir zu 95% telefonisch, weil die meisten Kunden es nicht anders wollen. Ein paar weitere Kunden geben uns die Informationen per E-Mail, die meisten machen das aber telefonisch.

Fragen zur effizienteren Nutzung von Restkapazitäten

- **Vor welchen Herausforderungen stehen Sie aktuell bezüglich einer effizienteren Nutzung von Restkapazitäten?**

Vukedin: Die größte Schwierigkeit ist derzeit exakte bzw. endgültige Informationen zu bekommen. Es macht einen großen Unterschied, ob wir 5 Paletten bekommen oder 10. Es passiert leider alle paar Tage, dass Kunden sagen sie haben noch in letzter Sekunde einen großen Auftrag bekommen, den wir noch abholen sollen. Diese Information kommt aber oft sehr spät. Dann kommt noch dazu, ob der Fahrer es zeitlich schafft seine Zustelltour vollständig zu erledigen. Ansonsten hat er nicht genug Platz im LKW, um weitere Ladungen aufzunehmen.

Banovits: Es gibt auch Kunden, die sagen sie haben fünf Paletten unterscheiden aber nicht zwischen Industrie- und Europaletten. Dann sind bei den fünf Paletten z.B. zwei Industriepaletten dabei, die 1,20m mal 1,20m groß sind anstatt 1,20m mal 0,8m. Die bringt man dann oft nicht mehr in den LKW, wenn man eigentlich mit 5 Palettenstellplätzen gerechnet hat.

Vukedin: Viele Kunden können uns auch das Gewicht ihrer Ladung nicht nennen, da arbeiten wir wieder mit Erfahrungswerten, weil wir ungefähr wissen, dass gewisse Kunden eher leichte oder schwere Paletten haben. Optimal wäre es für uns schon, wenn wir wissen zehn Stellplätze und 2,4 Tonnen.

Banovits: Ein weiteres Problem sind Staus. Sobald ein LKW im Stau steht verschieben sich alle Zustellungen nach hinten und die am Ende der Tour gehen sich oft nicht mehr aus. Das ist ein weiterer Grund warum Kapazitäten oft nicht optimal genutzt werden können.

- **Haben Sie bereits Erfahrungen mit Frachtenbörsen gemacht? Wenn ja, welche? Wenn nein, haben Sie es schon mal in Erwägung gezogen diese zu nutzen?**

Vukedin: Nein, weil es für uns praktisch nicht umsetzbar ist, weil wir zu 90% kleinere Sendungen haben, die 1-2 Palettenstellplätze einnehmen. Frachtenbörsen sind eher bei Komplett- und Teilladungen relevant.

- **Welche Informationen würden Sie von Verladern benötigen, um die Restkapazitäten Ihrer Transportmittel kurzfristig zu nutzen?**

Banovits: Am wichtigsten sind hier die Abmessungen der Ladung, also Länge, Breite und Höhe und das Gewicht. An welche Adresse die Ladung hingehet ist im ersten Schritt der Abholung nicht wichtig. Darum kümmern sich andere Abteilungen, die die Hauptläufe in andere Destinationen planen.

Vukedin: Unser System ist so aufgebaut, dass wir die Ladungen abholen und dann bei uns im Lager umschlagen. Danach wird entschieden, ob wir die Ladung bekommen oder an andere Bundesländer weiterverladen wird. Die Zustellung erfolgt dann in einer eigenständigen Tour.

Fragen zur verwendeten Dispositions-/Tourenplanungssoftware

- **Welche Software zur Disposition und Abwicklung der Touren verwenden Sie derzeit und welche Informationen werden Ihnen darin angezeigt?**

Vukedin: Wir verwenden das Programm shipping.NET. Als Information werden uns die Zustelladressen und Abmessungen der Sendungen angezeigt. Außerdem wird uns angezeigt, wie lange die Sendung beim Kunden zugestellt werden kann. Das Programm gibt uns leider nicht die optimale Route vor. Das machen erfahrene Fahrer selbst. Wenn aber ein neuer Fahrer kommt, müssen wir ihm die Lieferscheine schlichten. Da gehen wir auf Google Maps und geben alle Adressen ein, berücksichtigen dabei die Warenübernahmezeiten und schlichten dem Fahrer die Tour.

- **Besteht eine Schnittstelle zwischen ihrer Software und Geschäftspartnern, wie z.B. Verladern oder anderen Spediteuren?**

Banovits: *Ca. 70% der Ware wird uns per Daten übermittelt, vor allem große Kunden senden uns Daten über eine Schnittstelle, kleinere eher nicht. Da geben wir die Daten händisch ein. Außerdem sind wir in ein Zustellsystem eingebettet, das nennt sich Systempo. Darin sind in Summe 14 Zustelldepots enthalten, die alle mit der Software shipping.NET arbeiten. Wird zum Beispiel eine Ware von unserem Depot zu einem nach Oberösterreich gesendet und die Daten von uns eingegeben, scheinen sie sofort beim zuständigen Zustelldepot auf.*

- **Welche Optimierungspotenziale sehen Sie bei der von Ihnen verwendeten Software?**

Vukedin: *Am besten wäre es, wenn die Software die optimale Tourenreihenfolge plant und dazu Kundendaten verwendet, wie z.B. die Warenannahmezeiten der Kunden. Wir unterscheiden die Disposition nämlich zwischen Montag bis Donnerstag und Freitag, weil vor allem in Wien viele Unternehmen an Freitagen nur bis 12:00 Uhr Waren annehmen. Da ist es oft günstiger mehr Kilometer zu fahren, aber dafür mehr Zustellungen zu schaffen, weil man diese Unternehmen zuerst beliefert hat und dann am Nachmittag alle anderen Zustellungen erledigt.*

Banovits: *Das Problem an Freitagen ist eben, dass die Menge an Ware gleichbleibt, die Zeit für die Zustellung sich aber halbiert. Durch zusätzliche LKWs könnte man das Lösen, aber Frächter stellen LKWs für nur einen Tag nicht zur Verfügung. Außerdem sollte die Software auch Sonderdienste berücksichtigen bzw. bevorzugen, weil der Kunde schließlich dafür bezahlt die Ware bis z.B. 12:00 Uhr zu erhalten.*

Abschluss

Ich danke Ihnen für die Zeit und das konstruktive Interview und wünsche Ihnen noch einen schönen Tag.

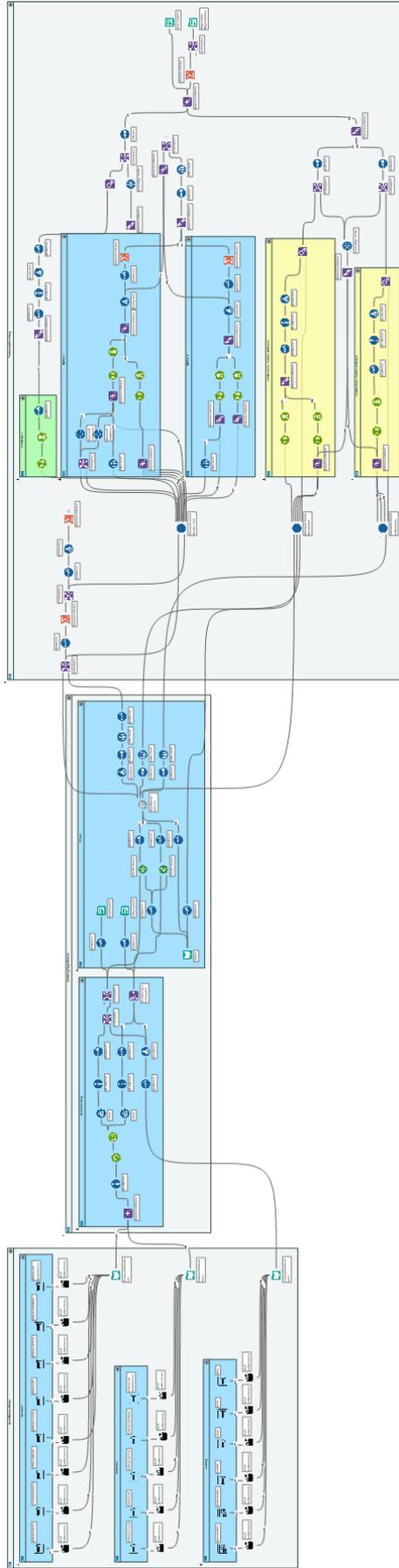


Abbildung 7-2: Workflow-Übersicht der Analytic App (vergrößert)

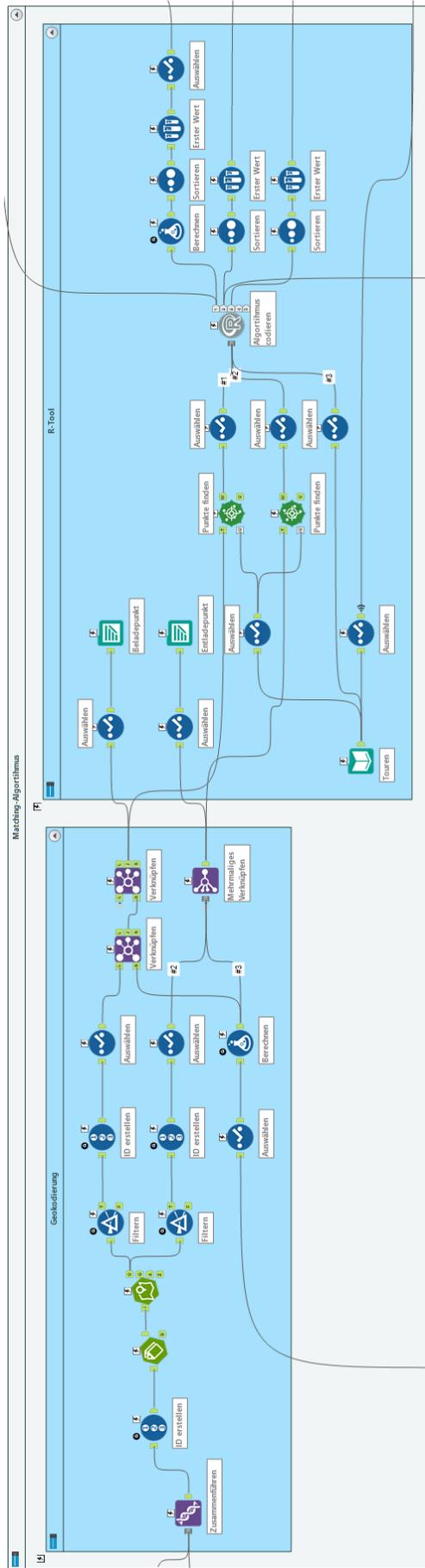


Abbildung 7-3: Matching-Algorithmus (vergrößert)

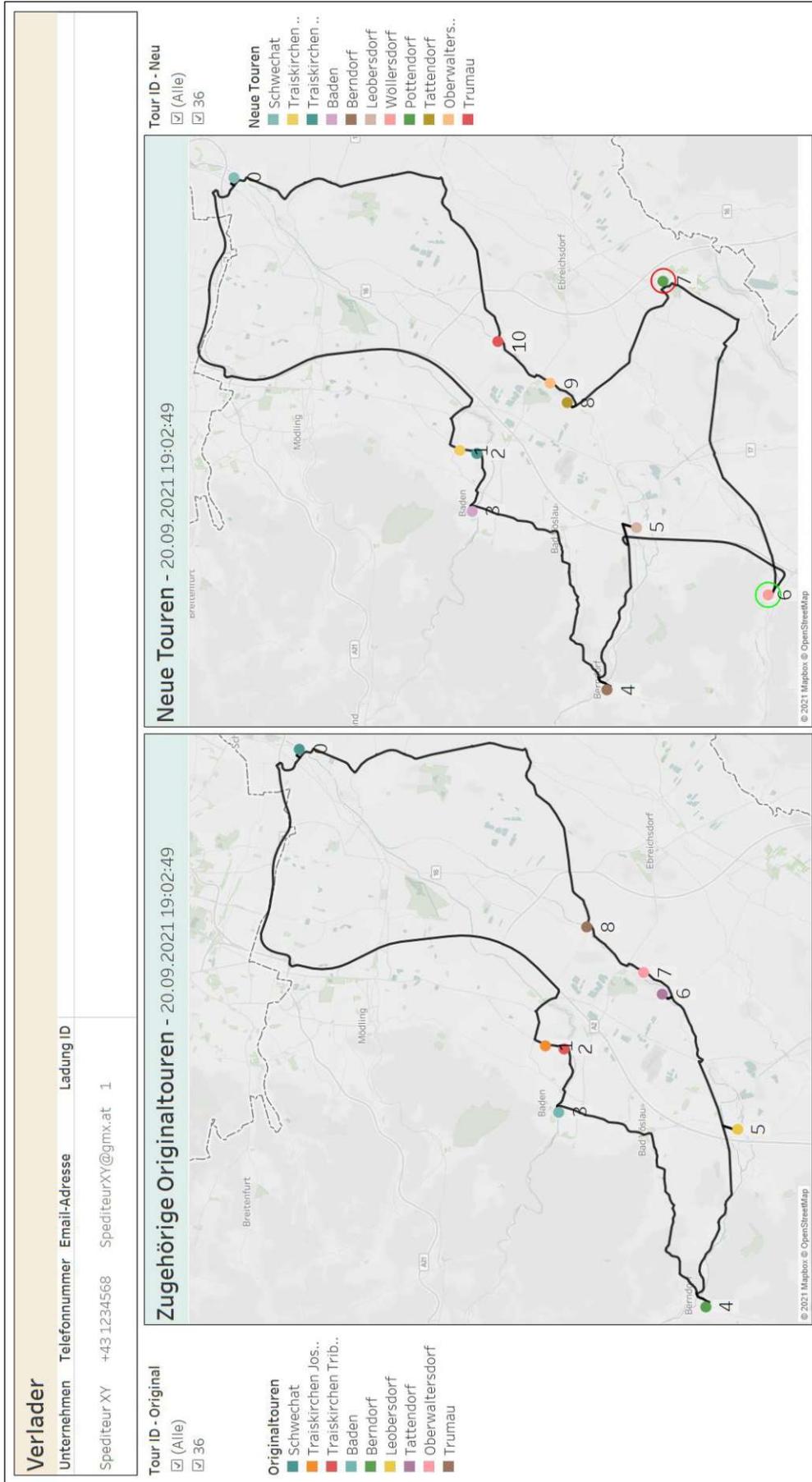


Abbildung 7-5: Anwendungsfall 1 (vergrößert)

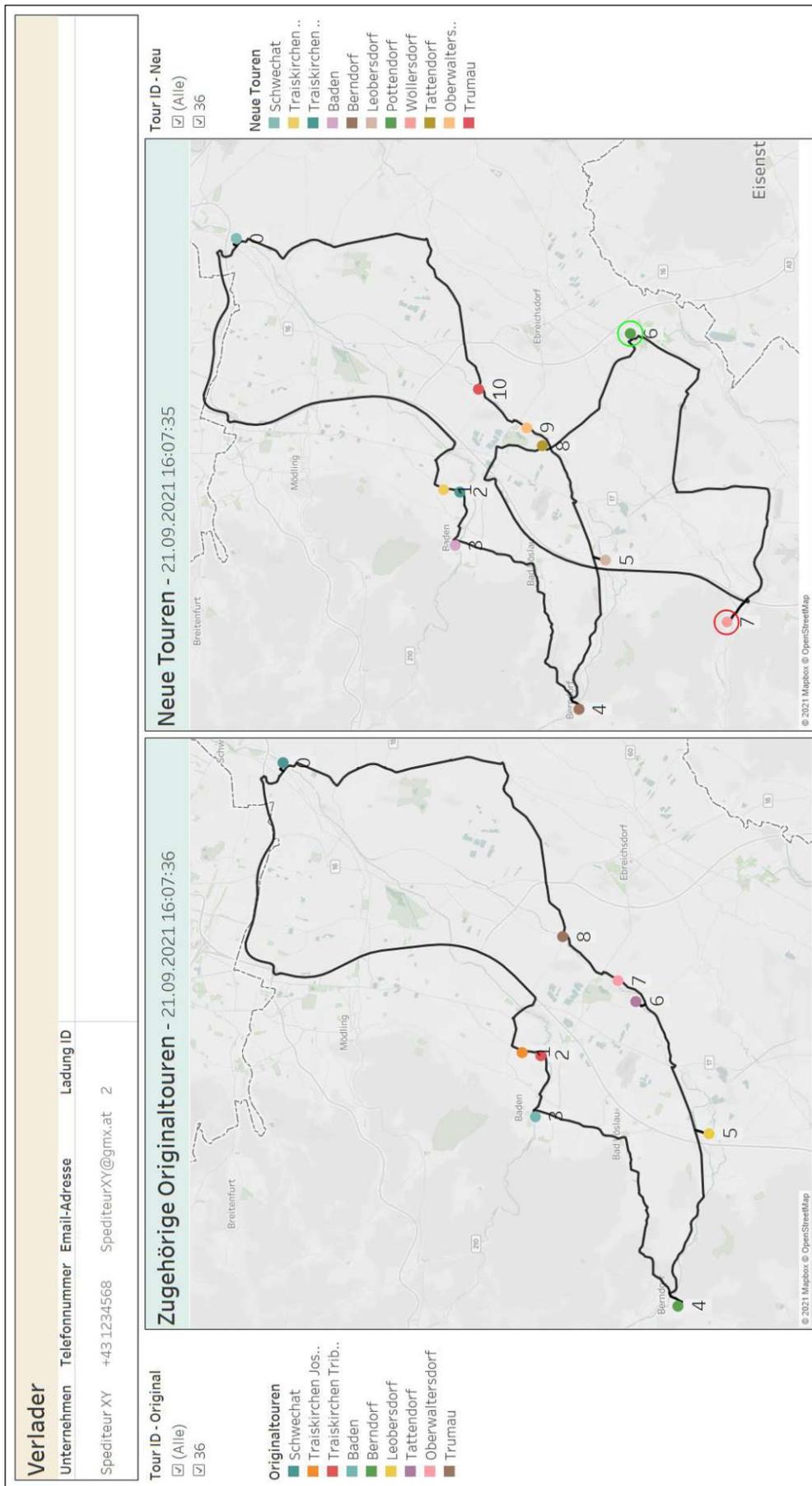


Abbildung 7-6: Anwendungsfall 2 (vergrößert)

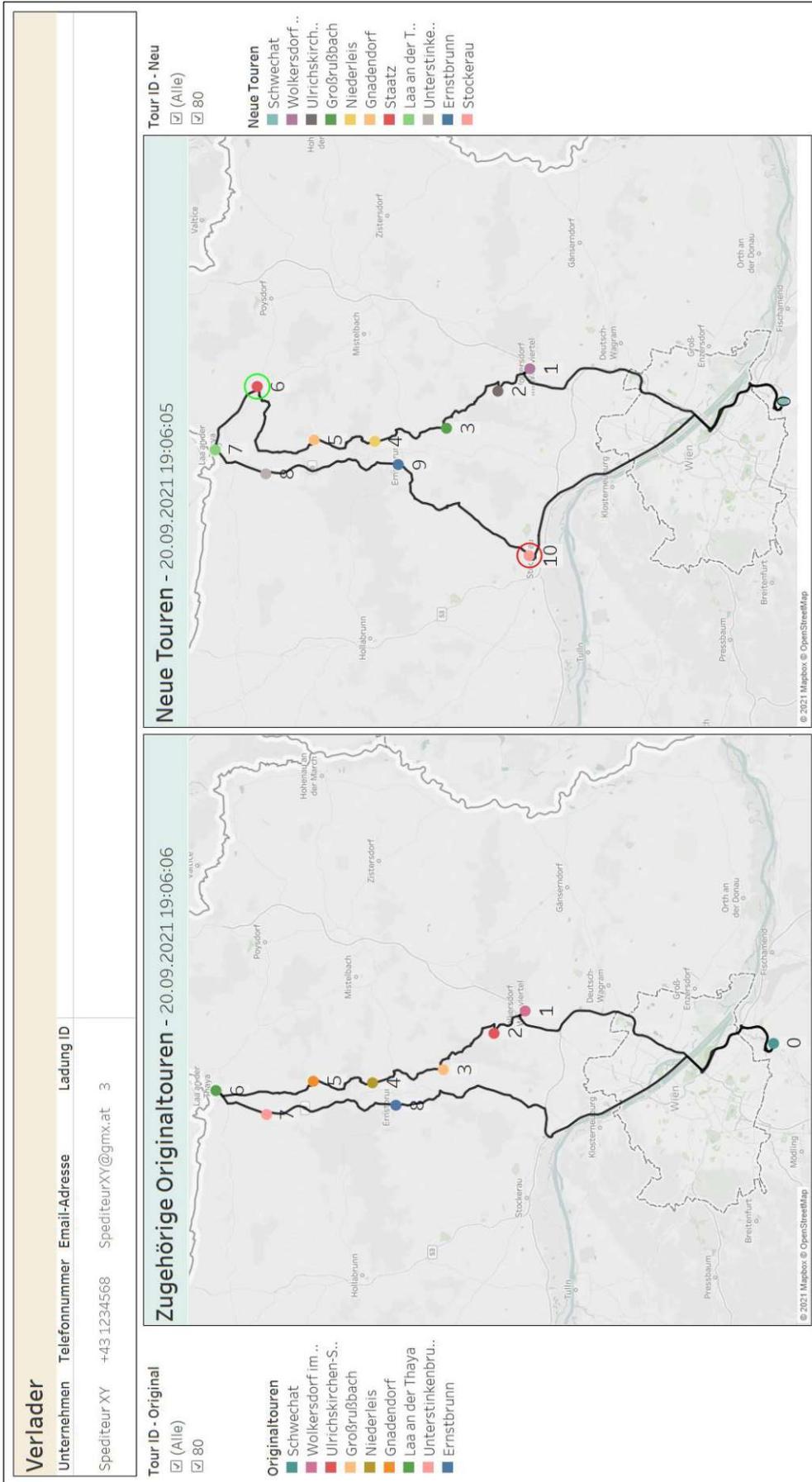


Abbildung 7-7: Anwendungsfall 3 (vergrößert)

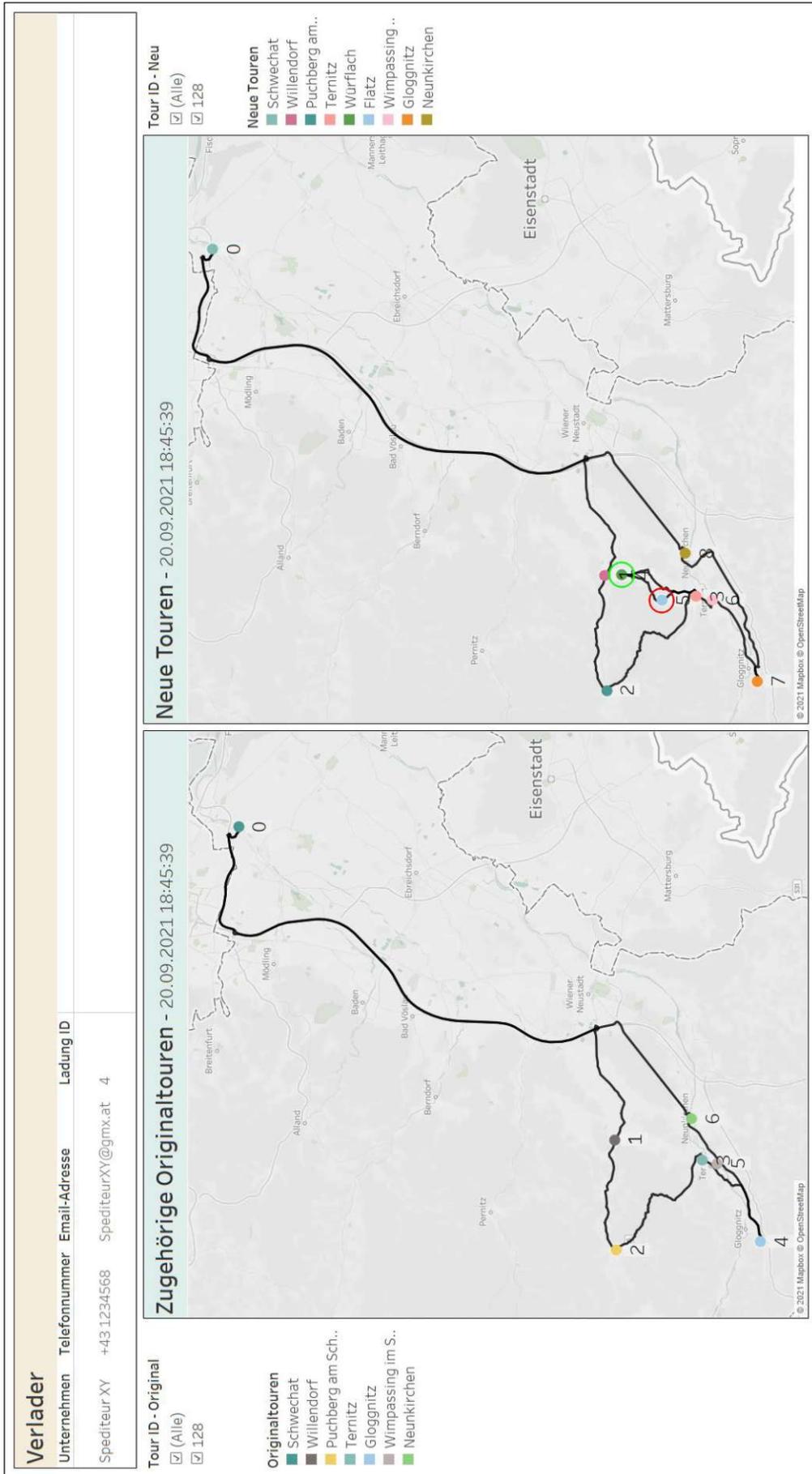


Abbildung 7-8: Anwendungsfall 4 (vergrößert)

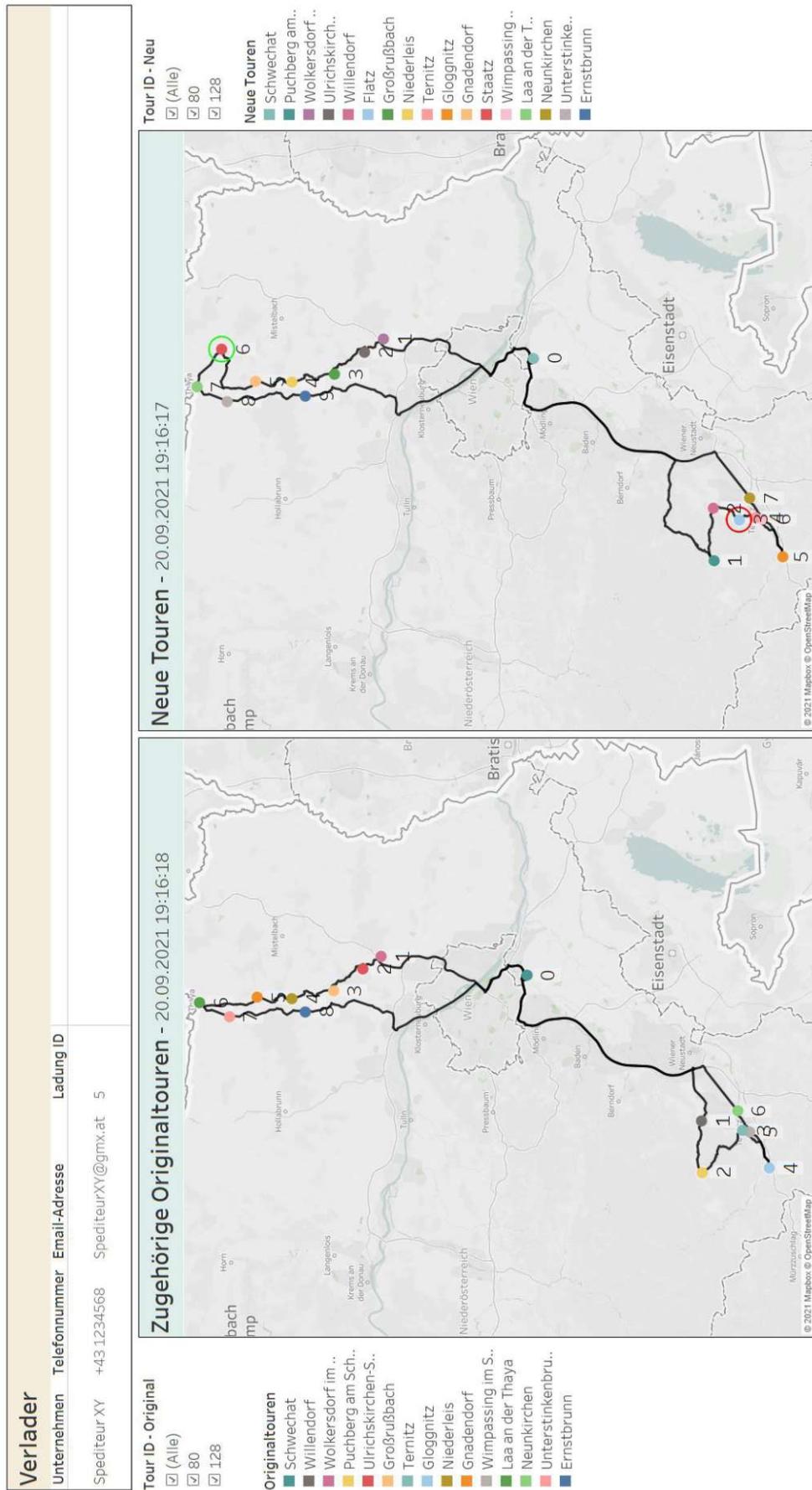


Abbildung 7-9: Anwendungsfall 5 (vergrößert)

8 Literaturverzeichnis

8.1 Verwendete Literatur

- Aberle, G.* [2009], Transportwirtschaft. Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen, 5. Aufl., München.
- Albrecht, W.* [2020], Aufgabenbereiche von IT-Systemen in der Logistik. In: *Wehking, K.-H.* (Hrsg.), Technisches Handbuch Logistik 2, Berlin, Heidelberg, S. 11–70.
- Allaoui, H./Guo, Y./Sarkis, J.* [2019], Decision support for collaboration planning in sustainable supply chains, *Journal of Cleaner Production*, 229. Jg., S. 761–774.
- Aloui, A./Hamani, N./Derrouiche, R./Delahoche, L.* [2021], Systematic literature review on collaborative sustainable transportation: overview, analysis and perspectives, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 9. Jg., S. 100291.
- Baoyou, W./Saibin, Y./Jiucheng, H./Xufeng, H./Yongjia, Q.* [2021], Data Visualization of 5G Speed Test Platform Using Tableau. In: *Wang, Y./Xu, L./Yan, Y./Zou, J.* (Hrsg.), *Signal and Information Processing, Networking and Computers*, Singapore, S. 1060–1067.
- Bretzke, W.-R.* [2020], *Logistische Netzwerke*, Berlin, Heidelberg.
- Buscher, U.* [2018], Aufgaben und Ziele des Produktions- und Logistikmanagements. In: *Corsten, H./Gössinger, R./Spengler, T. S.* (Hrsg.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*, S. 13–30.
- Clausen, U.* [2013], Einführung und Begriffe. In: *Clausen, U./Geiger, C.* (Hrsg.), *Verkehrs- und Transportlogistik*, Berlin, Heidelberg, S. 3–5.
- Dabidian, P./Langkau, S.* [2013], Straßengüterverkehr Straßengüterverkehr. In: *Clausen, U./Geiger, C.* (Hrsg.), *Verkehrs- und Transportlogistik*, Berlin, Heidelberg, S. 137–159.
- Daudi, M./Thoben, K.-D.* [2020a], Self-organizing Logistics Networks for Less-Than-Truckload, *Procedia Manufacturing*, 52. Jg., S. 101–106.
- Daudi, M./Thoben, K.-D.* [2020b], Self-organizing Logistics Networks for Less-Than-Truckload, *Procedia Manufacturing*, 52. Jg., S. 101–106.
- Dietrich, A./Fiege, F.* [2017], Digitale Transformation des Speditionsgeschäfts umfasst mehr als Spedition 4.0, *Wirtschaftsinformatik & Management*, 9. Jg., Nr. 3, S. 36–45.
- Feng, F./Pang, Y./Lodewijks, G./Li, W.* [2017a], Collaborative framework of an intelligent agent system for efficient logistics transport planning, *Computers & Industrial Engineering*, 112. Jg., S. 551–567.
- Feng, F./Pang, Y./Lodewijks, G./Li, W.* [2017b], Collaborative framework of an intelligent agent system for efficient logistics transport planning, *Computers & Industrial Engineering*, 112. Jg., S. 551–567.

- Feng, M./Cheng, Y.* [2021], Solving truck-cargo matching for drop-and-pull transport with genetic algorithm based on demand-capacity fitness, *Alexandria Engineering Journal*, 60. Jg., Nr. 1, S. 61–72.
- Fezarudin, F. Z./Illyas Tan, M. I./Qasem Saeed, F. A.* [2017], Data Visualization for Human Capital and Halal Training in Halal Industry Using Tableau Desktop. In: *Mohamed Ali, M. S./Wahid, H./Mohd Subha, N. A./Sahlan, S./Md. Yunus, M. A./Wahap, A. R.* (Hrsg.), *Modeling, Design and Simulation of Systems*, Singapore, S. 593–604.
- Fleischmann, B.* [2018], Begriffliche Grundlagen der Logistik. In: *Tempelmeier, H.* (Hrsg.), *Begriff der Logistik, logistische Systeme und Prozesse*, Berlin, Heidelberg, S. 1–16.
- Frindik, R.* [2008], Straßengüterverkehr, Speditionen, Logistik-Dienstleistungen. In: *Arnold, D./Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H./Furmans, K.* (Hrsg.), *Handbuch Logistik*, Berlin, Heidelberg.
- Gansterer, M./Hartl, R. F./Savelsbergh, M.* [2020a], The value of information in auction-based carrier collaborations, *International Journal of Production Economics*, 221. Jg., S. 107485.
- Gansterer, M./Hartl, R. F./Savelsbergh, M.* [2020b], The value of information in auction-based carrier collaborations, *International Journal of Production Economics*, 221. Jg., S. 107485.
- Gardner, T. A./Benzie, M./Börner, J./Dawkins, E./Fick, S./Garrett, R./Godar, J./Grimard, A./Lake, S./Larsen, R. K./Mardas, N./McDermott, C. L./Meyfroidt, P./Osbeck, M./Persson, M./Sembres, T./Suavet, C./Strassburg, B./Trevisan, A./West, C./Wolvekamp, P.* [2019], Transparency and sustainability in global commodity supply chains, *World development*, 121. Jg., S. 163–177.
- Geiger, C.* [2013], Logistikdienstleister. In: *Clausen, U./Geiger, C.* (Hrsg.), *Verkehrs- und Transportlogistik*, Berlin, Heidelberg, S. 61–70.
- Geiger, M./Huber, S.* [2018], Transportplanung in Wertschöpfungsnetzwerken. In: *Corsten, H./Gössinger, R./Spengler, T. S.* (Hrsg.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*, S. 759–785.
- Gleißner, H./Femerling, J. C.* [2016], *Kompakt Edition: Transport*, Wiesbaden.
- Grazia Speranza, M.* [2018], Trends in transportation and logistics, *European Journal of Operational Research*, 264. Jg., Nr. 3, S. 830–836.
- Gudehus, T.* [2012a], *Logistik 1*, Berlin, Heidelberg.
- Gudehus, T.* [2012b], *Logistik 2*, Berlin, Heidelberg.
- He, P./Zhang, S./He, C.* [2019], Impacts of logistics resource sharing on B2C E-commerce companies and customers, *Electronic Commerce Research and Applications*, 34. Jg., S. 100820.
- Heinbach, C./Kammler, F./Thomas, O.* [2020a], Smart Forwarding – Datengetriebene Wertschöpfung in der Logistikkette, *Wirtschaftsinformatik & Management*, 12. Jg., Nr. 6, S. 458–471.

- Heinbach, C./Kammler, F./Thomas, O.* [2020b], Smart Forwarding – Datengetriebene Wertschöpfung in der Logistikkette, *Wirtschaftsinformatik & Management*, 12. Jg., Nr. 6, S. 458–471.
- Hellingrath, B.* [2008], Lenkungsebenen in der Distribution. In: *Arnold, D./Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H./Furmans, K.* (Hrsg.), *Handbuch Logistik*, Berlin, Heidelberg.
- Hompel, M. ten/Bauernhansl, T./Vogel-Heuser, B.* [2020], *Handbuch Industrie 4.0*, Berlin, Heidelberg.
- Klaus, P./Krieger, W./Krupp, M.* [2012], *Gabler Lexikon Logistik*, Wiesbaden.
- Kleckhäfer, K.* [2018], Planungsaufgaben und Entscheidungsunterstützung im Kontext der Elektromobilität. In: *Corsten, H./Gössinger, R./Spengler, T. S.* (Hrsg.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*, S. 1164–1190.
- Koch, S.* [2012], *Logistik*, Berlin, Heidelberg.
- Koether, R.* [2014], *Distributionslogistik*, Wiesbaden.
- Kummer, S.* [2018], *Transportsysteme und Infrastruktur*. In: *Corsten, H./Gössinger, R./Spengler, T. S.* (Hrsg.), *Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken*, S. 358–368.
- Leitner, W.* [2015], *Logistik, Transport und Lieferbedingungen als Fundament des globalen Wirtschaftens*, Wiesbaden.
- Linke, R.* [2014], *Optimierung der externen Transportkosten. Methoden zur Kosteneinsparung in der Distributionslogistik*, Hamburg.
- Meier, A./Portmann, E.* [2016], *Smart City*, Wiesbaden.
- Metzler, U.* [2013], *Anwendungsbereiche der Transportplanung*. In: *Clausen, U./Geiger, C.* (Hrsg.), *Verkehrs- und Transportlogistik*, Berlin, Heidelberg, S. 277–290.
- Muchna, C./Brandenburg, H./Fottner, J./Gutermuth, J.* [2018], *Grundlagen der Logistik*, Wiesbaden.
- Muschket, M./Ebel, G.* [2013], *Begriffe und Systematik*. In: *Clausen, U./Geiger, C.* (Hrsg.), *Verkehrs- und Transportlogistik*, Berlin, Heidelberg, S. 123–136.
- Park, H./Son, D./Koo, B./Jeong, B.* [2021], *Waiting strategy for the vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery using genetic algorithm*, *Expert Systems with Applications*, 165. Jg., S. 113959.
- Pfohl, H.-C.* [2018], *Logistiksysteme*, Berlin, Heidelberg.
- Prestifilippo, G.* [2017], *Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Warehouse-, Transport- und Supply-Chain-Management-Systeme*. In: *Vogel-Heuser, B./Bauernhansl, T./Hompel, M. ten* (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0 Bd.3*, Berlin, Heidelberg, S. 219–231.
- Recknagel, R./Beisswenger, P.* [2020], *Trotz Control Tower und Digitalisierung – Der Transportplaner bleibt*. In: *Voß, P. H.* (Hrsg.), *Logistik – die unterschätzte Zukunftsindustrie*, Wiesbaden, S. 33–46.

- Rizet, C./Cruz, C./Mbacké, M.* [2012], Reducing Freight Transport CO₂ Emissions by Increasing the Load Factor, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48. Jg., S. 184–195.
- Schieck, A.* [2008], *Internationale Logistik. Objekte, Prozesse und Infrastrukturen grenzüberschreitender Güterströme*, München.
- Schlott, S.* [2017], *Fahrzeugtechnik für Logistik 4.0*, *ATZ - Automobiltechnische Zeitschrift*.
- Scholz-Reiter, B./Toonen, C./Windt, K.* [2008], *Logistikdienstleistungen*. In: *Arnold, D./Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H./Furmans, K.* (Hrsg.), *Handbuch Logistik*, Berlin, Heidelberg.
- Schuh, G./Stich, V./Kompa, S.* [2013], *Distributionslogistik*. In: *Schuh, G./Stich, V.* (Hrsg.), *Logistikmanagement*, Berlin, Heidelberg, S. 115–163.
- Schulte, F./Lalla-Ruiz, E./González-Ramírez, R. G./Voß, S.* [2017], Reducing port-related empty truck emissions: A mathematical approach for truck appointments with collaboration, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 105. Jg., S. 195–212.
- Stich, V./Oedekoven, D./Brosze, T.* [2013], *Informationssysteme für das Logistikmanagement*. In: *Schuh, G./Stich, V.* (Hrsg.), *Logistikmanagement*, Berlin, Heidelberg, S. 257–304.
- Stich, V./Quick, J./Cuber, S.* [2013], *Konfiguration logistischer Netzwerk*. In: *Schuh, G./Stich, V.* (Hrsg.), *Logistikmanagement*, Berlin, Heidelberg, S. 35–75.
- Taranto-Vera, G./Galindo-Villardón, P./Merchán-Sánchez-Jara, J./Salazar-Pozo, J./Moreno-Salazar, A./Salazar-Villalva, V.* [2021], Algorithms and software for data mining and machine learning: a critical comparative view from a systematic review of the literature, *The Journal of Supercomputing*, 77. Jg., Nr. 10, S. 11481–11513.
- Tillner, M.* [2016], *ZUFALL logistics group: Nachhaltig auf der ganzen Linie*. In: *Lochmahr, A.* (Hrsg.), *Praxishandbuch Grüne Automobillogistik*, Wiesbaden, S. 77–131.
- Wang, Y./Li, Q./Guan, X./Fan, J./Xu, M./Wang, H.* [2021], Collaborative multi-depot pickup and delivery vehicle routing problem with split loads and time windows, *Knowledge-Based Systems*, 231. Jg., S. 107412.
- Wang, Z./Li, Y./Gu, F./Guo, J./Wu, X.* [2020], Two-sided matching and strategic selection on freight resource sharing platforms, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 559. Jg., S. 125014.
- Wannenwetsch, H.* [2021], *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion*, Berlin, Heidelberg.
- Weber, J./Kummer, S.* [1990], *Aspekte des Betriebswirtschaftlichen Managements der Logistik*.
- Wehking, K.-H.* [2020a], *Aufbau logistischer Systeme*. In: *Wehking, K.-H.* (Hrsg.), *Technisches Handbuch Logistik 1*, Berlin, Heidelberg, S. 35–114.

- Wehking, K.-H. [2020b], Entwicklung und Eingrenzung. In: Wehking, K.-H. (Hrsg.), Technisches Handbuch Logistik 1, Berlin, Heidelberg, S. 3–34.
- Wehking, K.-H./Hager, H.-J. [2020], Verkehrstechnik. In: Wehking, K.-H. (Hrsg.), Technisches Handbuch Logistik 1, Berlin, Heidelberg, S. 741–790.
- Winter, F. [2008], Logistik im Zwischenwerksverkehr. Eine systemorientierte Analyse, Wiesbaden.
- Zäpfel, G./Wasner, M. [2018], Planung und Optimierung von Hub-and-Spoke-Transportnetzwerken im Sammelgutverkehr. In: Corsten, H./Gössinger, R./Spengler, T. S. (Hrsg.), Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken, S. 369–386.

8.2 Internetquellen

- <https://mms.businesswire.com/media/20210608005344/en/883495/5/>
- <https://fortune.com/2015/07/09/trucker-path-app/>
- <https://xperra.com/technology/alteryx.html>
- <https://andrewcoyle.com/flexport.html>
- <https://aws.amazon.com/de/machine-learning/customers/innovators/convoy/>
- <https://www.hamburg-startups.net/cargonexx-bringt-kuenstliche-intelligenz-auf-die-strasse/>
- <https://www.casageo.de/de/tools.html>
- <https://www.casageo.de/de/tourenplanung-mit-alteryx.html>
- <https://www.startupbrett.de/colo21-ag/>
- <https://help.alteryx.com/20213/designer>
- <https://www.dvz.de/rubriken/land/spedition/detail/news/dizzbo-will-nicht-ausgelastete-lkw-fuellen.html>
- <https://www.pressebox.de/inaktiv/flexport-inc/Flexport-2-0-Plattform-fuer-umfassende-digitale-Logistik-Workflows/boxid/983448>
- <https://www.openpr.de/news/842676/Glaeserne-Spedition-Mit-Colo21-erhalten-Verlader-Einblick-in-die-Qualitaet-ihrer-Transportdienstleister.html>
- <https://www.rdocumentation.org/>
- <https://www.instafreight.de/shippers>
- <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/instafreight-startet-mit-transportmanagement-2671417.html>
- <https://www.internationales-verkehrswesen.de/transdata-speditionssoftware-komalog/>
- <https://www.materialfluss.de/logistik-dienstleister/saloodo--kooperiert-mit-dkv.htm>
- <https://www.basichinking.de/blog/2018/10/24/cargonexx-start-up-check/>
- https://help.tableau.com/current/pro/desktop/de-de/envirion_st.htm
- <https://www.transdata.net/transport-management-transroad/>

<https://www.trucker.com/technology/article/21744948/trucker-path-app-helps-carriers-drivers-find-loads>.

<https://vimeo.com/315608769>.

8.3 Experteninterview

Interview wurde geführt mit:

Peter Banovits

Leiter Verkauf | Johann Weiss GmbH

und

Ivica Vukedin

Disposition | Johann Weiss GmbH

IZ NÖ-Süd Straße 16, 2351 Wiener Neudorf

15.09.2021

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Aufbau der Diplomarbeit.....	5
Abbildung 2-1: Hierarchie der Bereiche Transport, Verkehr und Logistik	6
Abbildung 2-2: Institutionelle Abgrenzung von Logistiksystemen	11
Abbildung 2-3: Funktionelle Abgrenzung von Logistiksystemen	13
Abbildung 2-4: Güterverkehrssysteme	15
Abbildung 2-5: Unterscheidungsmerkmale des Straßengüterverkehrs	17
Abbildung 2-6: Transportmittel im Straßengüterverkehr	19
Abbildung 2-7: Transportarten im Straßengüterverkehr	24
Abbildung 2-8: Das Grafenmodell und seine Elemente	25
Abbildung 2-9: Grundformen von Netzstrukturen	26
Abbildung 2-10: Baumartige Netzstruktur	27
Abbildung 2-11: Kombination von Linien und baumartiger Netzstruktur	28
Abbildung 2-12: Rasternetz	28
Abbildung 2-13: Hub-and-Spoke Netze	29
Abbildung 2-14: Kombination von Rasternetzen und Hub-and-Spoke-Netzen	30
Abbildung 2-15: Standardtransportketten zwischen Lieferant und Empfänger	32
Abbildung 2-16: Aufbau von Transportketten	33
Abbildung 2-17: Logistikdienstleister	40
Abbildung 2-18: Kommunikationsstelle eines TMS	44
Abbildung 3-1: Dashboard der E-Groupage Plattform	51
Abbildung 3-2: Dashboard von Saloodo	52
Abbildung 3-3: Dashboard von Flexport	53
Abbildung 3-4: Dashboard von Instafreight	54
Abbildung 3-5: Dashboard von Dispo-Monitor	55
Abbildung 3-6: Dashboard von Dizzbo	56
Abbildung 3-7: Dashboard von Cargonexx	57
Abbildung 3-8: Dashboard von Convoy	58
Abbildung 3-9: Dashboard von Trucker Path	59
Abbildung 4-1: Benutzeroberfläche des Alteryx Designers.....	66
Abbildung 4-2: Startseite von Tableau Desktop	71
Abbildung 4-3: Datenquellenseite von Tableau Desktop	72
Abbildung 4-4: Tableau-Arbeitsbereich von Tableau-Desktop	73
Abbildung 4-5: Gliederung der entwickelten Methodik.....	74
Abbildung 4-6: Vorgehensweise bei der Datenaufbereitung.....	74
Abbildung 4-7: Logischer Ablauf des Matching-Algorithmus.....	77
Abbildung 4-8: Graphische Darstellung des Algorithmus	78
Abbildung 4-9: Option 1 als optimale Streckenzusammenstellung bei gleicher Tour	80
Abbildung 4-10: Option 2 als optimale Streckenzusammenstellung bei gleicher Tour	80

Abbildung 4-11: Optimale Streckenzusammenstellung bei verschiedenen Touren ...	81
Abbildung 4-12: Gliederung der Programmierung	82
Abbildung 4-13: Workflow-Übersicht Datenaufbereitung	83
Abbildung 4-14: Datensätze einlesen und bereinigen	84
Abbildung 4-15: Postleitzahlen und Bundesländer verknüpfen.....	85
Abbildung 4-16: Touren erstellen.....	86
Abbildung 4-17: Beispieltouren aufbereiten	88
Abbildung 4-18: Batch-Makro „Tour bearbeiten“	90
Abbildung 4-19: Batch-Makro „Berechnung der Ladungsparameter“	91
Abbildung 4-20: Registerkarten „Kontaktdaten“, „Beladen Adresse“ und „Entladen Adresse“	92
Abbildung 4-21: Registerkarte „Ladungsdetails“	93
Abbildung 4-22: Workflow-Übersicht der Analytic App	93
Abbildung 4-23: Benutzeroberfläche	94
Abbildung 4-24: Matching-Algorithmus.....	95
Abbildung 4-25: R-Code des R-Tools.....	97
Abbildung 4-26: Tourenoptimierung	99
Abbildung 4-27: Standard-Makro „Gleiche Tour“	100
Abbildung 4-28: Batch-Makro „Teilstrecken erstellen" – Gleiche Tour.....	100
Abbildung 4-29: Standard-Makro "Beladetour"	101
Abbildung 4-30: Batch-Makro "Teilstrecken erstellen" – Beladetour.....	102
Abbildung 4-31: Standard-Makro "Entladetour"	103
Abbildung 4-32: Logische Ebene der Datenquellenseite	104
Abbildung 4-33: Konfiguration des Arbeitsblatts „Originaltouren"	105
Abbildung 4-34: Konfiguration des Arbeitsblatts „Zugehörige Originaltouren“	106
Abbildung 4-35: Konfiguration des Arbeitsblatts „Neue Touren“	106
Abbildung 4-36: Konfiguration des Arbeitsblatts „Verlader“	107
Abbildung 4-37: Konfiguration des Dashboards	108
Abbildung 5-1: Originaltouren	111
Abbildung 5-2: Tour 36	112
Abbildung 5-3: Anwendungsfall 1	114
Abbildung 5-4: Anwendungsfall 2	115
Abbildung 5-5: Anwendungsfall 3	116
Abbildung 5-6: Anwendungsfall 4	117
Abbildung 5-7: Anwendungsfall 5	118
Abbildung 7-1: Batch-Makro „Tour bearbeiten“ (vergrößert).....	129
Abbildung 7-2: Workflow-Übersicht der Analytic App (vergrößert).....	130
Abbildung 7-3: Matching-Algorithmus (vergrößert)	131
Abbildung 7-4: Tourenoptimierung (vergrößert).....	132
Abbildung 7-5: Anwendungsfall 1 (vergrößert)	133
Abbildung 7-6: Anwendungsfall 2 (vergrößert)	134

Abbildung 7-7: Anwendungsfall 3 (vergrößert)	135
Abbildung 7-8: Anwendungsfall 4 (vergrößert)	136
Abbildung 7-9: Anwendungsfall 5 (vergrößert)	137

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Zusammenfassung State-of-the-Art.....	62
Tabelle 4-1: Beschreibung aller verwendeten Tools	68
Tabelle 4-2: Beschreibung der Interface-Tools	69
Tabelle 4-3: Tools der casaGeoGmbH	70
Tabelle 4-4: Zusammenstellung der jeweiligen Teilstrecken	79
Tabelle 5-1: Daten der Anwendungsfälle.....	113
Tabelle 5-2: Daten der Originaltouren	113

11 Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
1PL	First Party Logistics
2PL	Second Party Logistics
3PL	Third Party Logistics
4PL	Fourth Party Logistics
App	Application
bzw.	beziehungsweise
ca.	Circa
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d.h.	das heißt
Dipl. -Ing.	Diplomingenieur
E-Mail	Electronic Mail
ERP	Enterprise Resource Planning
et al	und andere
etc.	et cetera
ETL	Extract, Transform, Load
f.	folgend
ff.	fortfolgend
GPS	Global Positioning System
ID	Identifikator
IT	Informationstechnik
km	Kilometer
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
Plz	Postleitzahl
S.	Seite
SaaS	Software as a Service
SCEM	Supply Chain Event Management
tkm	Tonnenkilometer
TMS	Transport Management System
TSP	Traveling Salesman Problem
TUL	Transport, Umschlag, Lagerhaltung
usw.	und so weiter
vgl.	Vergleiche
WMS	Warehouse Management System
z.B.	zum Beispiel