



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Visualisierung des Distributionsnetzwerks eines österreichischen Produktionsunternehmens und Entwicklung zweier Umgestaltungsszenarien

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Matyas

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

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Tanja Nemeth

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

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Martin Reitinger

0626456 (066 482)

Starhembergstraße 11

4210 Gallneukirchen

Wien, im November 2014

Martin Reitinger



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

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 November 2014

Martin Reitingner

*„Ich weiß nicht, ob es besser wird,
wenn es anders wird. Aber es muss
anders werden, wenn es besser
werden soll.“*

Georg Christoph Lichtenberg

Danksagung und Widmung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all jenen bedanken, die mich unterstützt und motiviert haben, mein Studium zu absolvieren und diese Diplomarbeit zu erstellen.

Ich bedanke mich ganz besonders bei den mir nahestehenden Menschen meiner Familie, die mir in schwierigen Situationen und als kritische Gesprächspartner zur Seite standen. Vor allem hebe ich meine Frau Julia hervor, die mir gegenüber viel Geduld bewiesen hat und mich auf viele Weisen unterstützt hat.

Mein Dank gilt auch Herrn Bauer, der mir diese Diplomarbeit ermöglicht hat und mich richtungsweisend unterstützt hat.

Weites gilt dieser Dank Gabi Fliri, die meine Arbeit in zahlreichen Stunden Korrektur gelesen hat.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem zweijährigen Sohn Tobias, der mich zwar oft unterbrochen hat aber dennoch mit mir gelernt hat, wie wichtig es ist, in Ruhe arbeiten zu können. Daher möchte ich ihm und meinem ungeborenen Kind diese Arbeit widmen.

Kurzfassung

Der Aufbau des Distributionsnetzwerks eines produzierenden Unternehmens ist unter anderem stark von der geografischen Absatzverteilung und von Austauschbeziehungen, auch Trade-Off genannt, verschiedener Logistikparameter abhängig. Diese Einflussfaktoren können sich im Laufe der Zeit verändern. Deshalb ist es vonnöten, über die Entwicklung des Absatzes und der Warenströme in der Distribution Bescheid zu wissen, um eventuell Umgestaltungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Dies trifft auch auf das Distributionsnetzwerk des, in dieser Arbeit vorgestellten, österreichischen Produktionsunternehmens zu. Aus diesem Grund wird, nach einer theoretischen Einführung in die Thematik, eine Warenstromanalyse durchgeführt. Als erste Übersicht werden die verschiedenen Warenströme auf den sogenannten Kanten des Netzwerks dargestellt. Daraufhin werden die Warenströme in den wichtigsten Märkten separat erläutert und es wird auf charakteristische Merkmale im gesamten Netzwerk genau eingegangen.

Diese Ist-Analyse dient als Grundlage für die Entwicklung neuer Distributions-szenarien am Beispiel Frankreich. Es wird für den nationalen Absatz in Frankreich ein zentrales und ein dezentrales Distributionsnetzwerk entwickelt. Die dafür nötigen Berechnungsmethoden wurden aus Modellen entwickelt, welche aus der Fachliteratur bekannt sind. Aus dieser Berechnung ergeben sich, mit Hilfe verschiedener Kriterien, Kennzahlen, die für einen Vergleich der Systeme untereinander und mit dem bestehenden Netzwerk dienen. Als besonders bedeutend für die Entwicklung der neuen Netzwerke haben sich Trade-Off-Problematiken herausgestellt. Aus diesem Grund wird auf diese Problematik genau eingegangen und es werden Lösungen dafür gesucht. Großen Einfluss weisen die Beziehungen zwischen dem Transportaufwand, der Anzahl der Standorte und den Lageraufänden auf.

Es werden die Potentiale der Umgestaltungsszenarien im direkten Vergleich mit dem bestehenden System aufgezeigt. Die Folgen der Implementierung der beiden ermittelten Distributionssysteme werden erläutert und fließen in die vergleichende Bewertung mit ein. Der direkte Vergleich der Vor- und Nachteile der Systeme ergibt das zu präferierende Netzwerk. Abschließend werden Handlungsempfehlungen mit unterschiedlichem Umgestaltungsaufwand gegeben. Die Empfehlungen sind mit unterschiedlichen zeitlichen Perspektiven verbunden.

Abstract

The structure of the distribution network of a manufacturing company depends, among other things, strongly on the geographical distribution of sales and on trade-offs of various logistics parameters. These influence coefficients may change over time. Therefore, it is necessary to be aware of the sales development and changes of the commodity flow, to eventually take reorganization measures.

This applies to the distribution network of the Austrian manufacturing company, introduced in this thesis. For this reason, a commodity flow analysis is made after a theoretical introduction to the topic. As a first overview, the various commodity flows on the so called edges of the network are displayed. Furthermore the commodity flows within the most important markets are explained separately and special characteristics of the network are pointed out.

This analysis of the current state serves as a basis for designing new distribution scenarios on the example of France. A centralized and a decentralized distribution network for the national sales in France is developed. The necessary calculation methods have been developed from models known from literature. By using various criteria, indicators are calculated which are used to compare the systems with each other and with the existing distribution network. Trade-off problems emerged as very important for the design of new networks. For this reason, this issue is examined in detail and solutions are offered. In this context, the relationship between the transportation costs, the number of facilities and the warehouse costs has a major impact on the design of a new network.

The potentials of the new scenarios in a direct comparison with the existing system are being shown. The consequences of the implementation of the established distribution networks are explained and integrated in the comparative assessment. The direct comparison of the advantages and disadvantages of the systems lead to the most preferable one. In conclusion, recommendations are given which are related to different transformation efforts and different time perspectives.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Grundlagen Distributionslogistik.....	5
2.1	Einführung und begriffliche Erläuterung der Distributionslogistik.....	5
2.2	Aufgabenbereiche der Distribution	7
2.3	Anforderungen an die Distribution	8
2.4	Distributionsstrukturen.....	9
2.4.1	Vertikale Distributionsstruktur	10
2.4.2	Horizontale Distributionsstruktur	11
2.5	Strategieparameter der Distribution.....	11
2.5.1	Zentralisierungsgrad des Distributionssystems.....	12
2.5.2	Externalisierung	13
2.5.3	Internationalisierung.....	14
2.5.4	Informationstechnisierung.....	14
2.5.5	Ökologisierung.....	15
2.6	Versorgungsstrategien der Lagerstufen	15
2.6.1	Direkte Belieferung	16
2.6.2	Crossdocking	16
2.6.3	Lagerhaltung.....	17
2.6.4	Vor- und Nachteile der jeweiligen Strategien	17
2.7	Projekttablauf einer Netzwerkgestaltung in der Distribution	18
2.8	Trade-Off-Problematiken in der Distribution	22
2.9	Einflussgrößen für die Entwicklung und Optimierung von Distributionszenarien	24
2.9.1	Serviceanforderungen an die Distributionslogistik	24
2.9.2	Leistungsanforderungen	24
2.9.3	Transportparameter der Distributionsstruktur	26
2.9.4	Belieferungskosten	26
2.9.5	Sicherheitsstrategien	27
2.9.6	Bullwhip-Effekt	27
2.9.7	Einsparungspotential durch Zusammenfassen von Standorten	29

2.9.8	Virtuelles Zentrallager	31
2.10	Warehouse- und Hub-Location-Problem	32
3	Beschreibung des Praxisfalls und Analyse des Ist-Zustands	38
3.1	Allgemeine Beschreibung des Distributionssystems	38
3.2	Warenstromanalyse.....	39
3.2.1	Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum im gesamten Netzwerk.....	39
3.2.2	Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum, regionale Betrachtung von Deutschland, Frankreich und Österreich	44
3.2.3	Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum, regionale Betrachtung spezieller Logistikthemen.....	54
4	Entwicklung und Beschreibung zweier alternativer Netzwerkstrukturen am Beispiel Frankreich.....	63
4.1	Randbedingungen für neue Netzwerkkonfigurationen.....	63
4.2	Kriterien für Vergleiche verschiedener Systeme.....	64
4.3	Entwicklung und Beschreibung des Szenarios einer zentralen Netzwerkstruktur.....	65
4.3.1	Eingesetzte Berechnungsmethodik für eine zentrale Netzwerkstruktur	65
4.3.2	Trade-Off-Analyse im zentralen System – Sensitivitätsanalyse anhand der Standortanzahl.....	70
4.3.3	Beschreibung und Definition des Szenarios eines zentralen Lagersystems in Frankreich.....	71
4.3.4	Kaufmännische Betrachtung des vorgeschlagenen zentralen Lagersystems.....	72
4.3.5	Folgen der Implementierung des zentralen Lagersystems	76
4.4	Entwicklung und Beschreibung des Szenarios einer dezentralen Netzwerkstruktur.....	79
4.4.1	Eingesetzte Berechnungsmethodik für eine dezentralen Netzwerkstruktur	80
4.4.2	Trade-Off-Analyse im dezentralen System – Sensitivitätsanalyse anhand der Standortanzahl.....	84
4.4.3	Beschreibung und Definition des Szenarios eines dezentralen Lagersystems in Frankreich.....	85

4.4.4	Kaufmännische Betrachtung des vorgeschlagenen dezentralen Lagersystems.....	86
4.4.5	Folgen der Implementierung des dezentralen Lagersystems	90
4.5	Kennzahlen des bestehenden Systems	92
5	Vergleichende Bewertung der Logistiksysteme in Frankreich.....	94
5.1	Trade-Off-Problematik: Transportauslastung, -frequenz und Lagerhaltung..	94
5.2	Trade-Off-Vergleich der Systeme.....	95
5.3	Vergleich des Ist-Zustands und der zwei ermittelten Systemen	95
5.4	Vor- und Nachteile der Systeme.....	98
5.5	Schritte für eine weitere Konkretisierung der Ergebnisse	99
6	Schlussfolgerung und Ausblick	100
6.1	Handlungsempfehlung auf Basis der Green-Field-Planung.....	100
6.2	Handlungsempfehlung zur Weiterentwicklung des bestehenden Systems.....	100
7	Anhang.....	103
7.1	Zuordnung der Absatzregionen zu Regionallagern im zentralen System ...	103
7.2	Zeitliche Absatzverteilung der Regionallager im zentralen System	106
7.3	Mögliche Standorte des zentralen Lagersystems	106
7.4	Zuordnung der Absatzregionen zu Regionallagern im dezentralen System	107
7.5	Zeitliche Absatzverteilung der Regionallager im dezentralen System	110
7.6	Absatzverteilung in den Zielmärkten.....	111
8	Literaturverzeichnis	115
9	Abbildungsverzeichnis	117
10	Formelverzeichnis	120
11	Tabellenverzeichnis	121
12	Abkürzungsverzeichnis	122

1 Einleitung

Der Aufbau des Distributionsnetzwerks eines Produktionsunternehmens wird stark durch die geografische Absatzverteilung der Waren und durch widersprüchliche Parameter und Ziele in der Logistik beeinflusst. Von großer Bedeutung ist diesbezüglich die gegenläufige Abhängigkeit besonders bei Transportkosten und Lagerhaltungskosten. Eine Veränderung äußerer Umstände, z.B. Treibstoffkosten, beeinflusst eine derartige Abhängigkeit. Als Konsequenz daraus kann eine Umgestaltung des bestehenden Netzwerks von Vorteil sein. Der Kundenbedarf ist zeitlichen Veränderungen unterworfen, was zur Folge haben kann, dass Umgestaltungsmaßnahmen getroffen werden müssen. Für derartige Maßnahmen ist es von außerordentlicher Bedeutung über die Warenflüsse im Unternehmen Bescheid zu wissen, um rechtzeitig reagieren zu können.

Aus dieser Problemstellung ergeben sich folgende Fragen, die es zu beantworten gilt:

- Was sind die Attribute eines Distributionsnetzwerks und wie setzen sich die Warenströme zusammen?
- Welche Potentiale bieten Umgestaltungsszenarien im direkten Vergleich mit dem bestehenden System?

Auf diese Problemstellung soll am Beispiel des Distributionsnetzwerks eines österreichischen Produktionsunternehmens eine Antwort gefunden werden. Ziel ist es, das bestehende Netzwerk transparent zu visualisieren und im Anschluss daran zwei mögliche Umgestaltungsszenarien an einem länderspezifischen Beispiel zu entwickeln. Diese sollen untereinander und mit dem bestehenden System verglichen und bewertet werden. Im Anschluss daran ist eine Handlungsempfehlung abzugeben.

Um dieses Ziel zu erreichen wird zu Beginn ein Überblick über die theoretischen Grundlagen geschaffen. Dieser beinhaltet die allgemeine Beschreibung der Thematik und die Erläuterung von unterstützenden Rechenmodellen. Des Weiteren wird eine Warenstromanalyse des Distributionssystems erstellt, die als Grundlage für die Entwicklung möglicher neue Netzstrukturen dient. Die entwickelten Netzwerke werden untereinander und mit dem bestehenden verglichen und bewertet.

2 Grundlagen Distributionslogistik

In diesem Kapitel werden die theoretischen Hintergründe der Distributionslogistik und somit dieser Arbeit erläutert. Der Begriff Distributionslogistik wird näher erklärt und definiert. Für ein weiteres Verständnis dieser Thematik wird auf Aufgabenbereiche, Anforderungen und charakteristische Strukturen der Distributionslogistik eingegangen. Weiters werden Strategieparameter der Distribution und Versorgungsstrategien der Lagerstufen beschrieben. Die Projektstruktur, welche für eine Konfiguration und Optimierung des Distributionssystems eingesetzt wird und Einflussgrößen für die Entwicklung und Optimierung von Distributionsszenarien werden vorgestellt. Abschließend wird auf betriebliche Standortplanungsverfahren eingegangen.

2.1 Einführung und begriffliche Erläuterung der Distributionslogistik

Die Distributionslogistik stellt einen Funktionsbereich der Unternehmenslogistik dar, weshalb kurz allgemein auf die Logistik eingegangen wird. Der Begriff Logistik wird erst seit etwa 1950 gebraucht und hat sich seitdem schnell verbreitet und große Bedeutung gefunden. Ausgehend von einer ergänzenden Funktion hat sich die Logistik zu einer wichtigen Komponente der Wertschöpfungskette entwickelt. Beschrieben werden logistische Prozesse durch die Gesamtheit aller Transport- und Lagerhaltungsprozesse sowie das zugehörige Be- und Entladen, Umschlagen und das Kommissionieren.

Die Unternehmenslogistik, welche einen Querschnittscharakter im Unternehmen von der Beschaffungsquelle bis hin zum Endabnehmer aufweist, wird in innerbetriebliche als auch außerbetriebliche logistische Prozesse unterteilt. Die innerbetriebliche Logistik, die auch Produktionslogistik genannt wird, verbindet an einem Standort den Wareneingang, die internen Senken und Quellen und den Warenausgang. Die außerbetriebliche Logistik verbindet die Warenausgänge mit den Wareneingängen unterschiedlicher Standorte. In Zulaufrichtung wird diese als Beschaffungslogistik, in Auslaufrichtung als Distributionslogistik und in Rücklaufrichtung als Entsorgungslogistik bezeichnet. Die Beschaffungslogistik ist somit mit dem Zulauf der Waren von den Lieferanten in das Wareneingangslager betraut. Die Distributionslogistik verbindet die Produktionslogistik eines Unternehmens mit dem Absatzmarkt bzw. dem Kunden. Für Abfälle, die beseitigt werden müssen, wie z.B. Produktionsrückstände, Verpackung oder Altgeräte, ist die Entsorgungslogistik zuständig.^{1, 2, 3}

¹ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 3 ff.)

² vgl. (Langhagen-Rohrbach, 2012 S. 218)

³ vgl. (Pfohl, 2010 S. 198)

In Abbildung 1 wird die Logistik eines Unternehmens sowie deren Funktionsbereiche schematisch dargestellt. Diese Arbeit befasst sich mit dem Thema der Distributionslogistik, weshalb im Weiteren auf diese im Detail eingegangen wird.

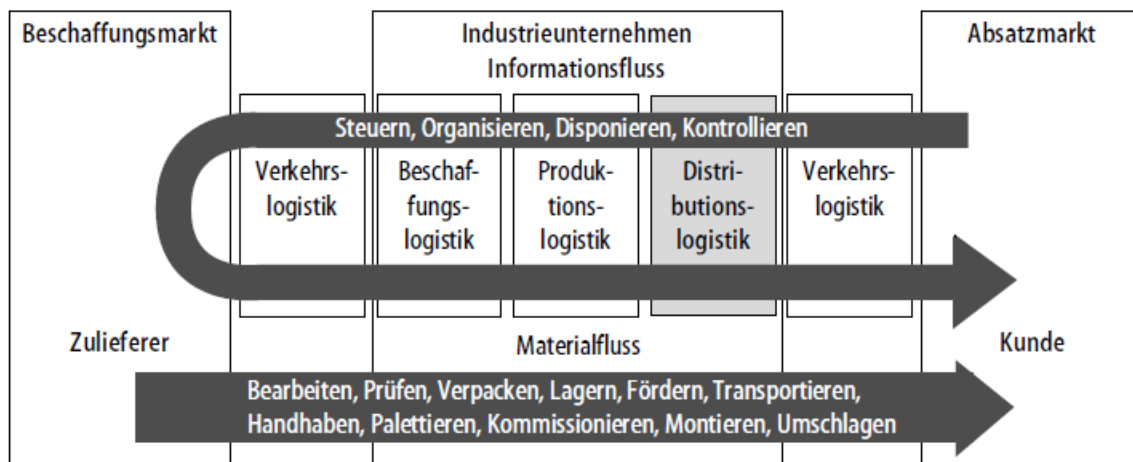


Abbildung 1: Die Distributionslogistik im Unternehmen⁴

Der Begriff Distribution leitet sich aus dem lateinischen „*distributio*“ ab, das Verteilung bedeutet.⁵ Bis in die 1950er Jahre wurde die Warenverteilung lediglich als Notwendigkeit und Hilfsfunktion des Absatzes angesehen. Dies änderte sich in den 1960er Jahren. Die Aspekte der Distribution rückten in den Vordergrund des Managements und es kristallisierte sich ein eigenständiger Aufgabenbereich heraus. Mit dessen Hilfe konnte der Lieferservice verbessert sowie geringere Kosten erzielt werden. Die Distributionslogistik war jedoch noch stark von Marketingfunktionen geprägt. Dies veränderte sich durch die zunehmende Bedeutung der Logistik als betriebliche Querschnittsfunktion, der Internationalisierung der Märkte und der Suche nach Kosteneinsparungspotentialen im Unternehmen, was zu der heute vorherrschenden Sichtweise der Distributionslogistik, welche im Folgenden beschrieben wird, führte.

Definiert werden kann die Distributionslogistik als die Gesamtheit aller Aufgaben und Maßnahmen, die mit der Belieferung der Kunden mit Halb- oder Fertigerzeugnissen sowie Handelswaren in Verbindung stehen. Dies beinhaltet ebenfalls die Planung, Steuerung und Überwachung aller den Warenfluss und den Informationsfluss betreffenden Prozesse zwischen dem Produktionsunternehmen und dem Kunden.

6, 7, 8

⁴ (Arnold, et al., 2008 S. 405)

⁵ vgl. (Kraif, et al., 2010 S. 261)

⁶ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 405 ff.)

⁷ vgl. (Pfohl, 2010 S. 198)

⁸ vgl. (Pfohl, 2004 S. 169 ff.)

2.2 Aufgabenbereiche der Distribution

Die Aufgaben der Distributionslogistik umfassen die Bereitstellung der produzierten Güter auf jene Art und Weise, dass diese art- und mengenmäßig als auch räumlich und zeitlich abgestimmt zur Verfügung stehen. Dies geschieht derart, dass entweder vorgegebene Lieferzusagen eingehalten oder erwartete Nachfragen erfolgswirksam erfüllt werden können. Um eine derartige Bereitstellung der Güter zu verwirklichen, werden die folgenden sogenannte Ausgleichsfunktionen ausgeübt.

- Raumausgleich: Überbrückung der Distanz zwischen Produktionsstätte und dem Ort der Nachfrage
- Zeitausgleich: Bei zeitlich unterschiedlichen Fertigstellungs- und Nachfragezeitpunkten wird diese Zeitspanne durch die Teilfunktion der Lagerhaltung überbrückt.
- Mengenausgleich: Aus einer Fertigung in wirtschaftlichen Losgrößen resultiert eine Diskrepanz zwischen gefertigter und nachgefragter Menge. Durch eine kundenorientierte Vereinzelung nachgefragter Mengen erfolgt der erforderliche Mengenausgleich.
- Sortimentsausgleich: Wird die Produktion des Sortiments an unterschiedlichen Standorten vollzogen, so muss, um das gesamte Sortimentsspektrum anbieten zu können, ein Ausgleich stattfinden. Dies geschieht entweder in einem Lager, welches das gesamte Sortiment anbieten soll oder durch die Belieferung des Kunden.^{9,10}

Um diese Aufgaben erfüllen zu können, setzt sich das distributionslogistische System aus den Elementen Auftragsabwicklung, Lagerhaltung und Transport zusammen. Die Aufgaben dieser Elemente lassen sich wie folgt beschreiben und werden in Abbildung 2 grafisch dargestellt:

- Auftragsabwicklung: Im Detail ist die Auftragsabwicklung mit jenen Aufgaben betraut, die sowohl die Handhabung von Auftragsdaten umfassen, als auch mit der Information und Kommunikation mit Kunden und jenen internen Funktionsbereichen, die mit der Auftragsabwicklung betraut sind. Der Funktionsbereich der Auftragsabwicklung beinhaltet die Gewährleistung eines dem Materialfluss vorausgehenden, begleitenden oder nachfolgenden Informationsflusses.
- Lagerhaltung: Der Lagerhaltung werden jene Aufgaben zugeordnet, die mit der Einlagerung, Bereithaltung und Auslagerung sowie dem Umschlag, der Kommissionierung und Verpackung von Fertigerzeugnissen verbunden sind. Als Umschlag werden all jene Tätigkeiten bezeichnet, die beim Übergang der

⁹ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 405 ff.)

¹⁰ vgl. (ten Hompel, et al., 2008 S. 60)

Güter auf ein Transportmittel, von einem Transportmittel oder zwischen Transportmitteln nötig sind¹¹. Als Kommissionierung wird das Zusammenstellen verkaufsbereiter Produkte nach Kundenauftrag in Hinsicht auf Verpackungs- und Versandeinheitsbildung bezeichnet. Die Verpackung ist eine lösbare Umhüllung des Produkts, die neben einer Erleichterung logistischer Tätigkeiten auch Marketingfunktionen erfüllt.

- **Transport:** Das Element Transport hat die Aufgaben, unter Verwendung geeigneter Transportmittel und Verkehrsträger den räumlichen Ausgleich von Waren innerhalb des Systems zu bewerkstelligen. Die eingesetzte Transportkette kann unter Umständen mehrgliedrig sein und mehrere Verkehrsträger beinhalten. Unter einer Transportkette wird die Folge von technisch und organisatorisch untereinander verknüpften Vorgängen verstanden, welche Güter von einer Quelle zu einer Senke transportieren¹².

Manche Autoren sehen Kommissionierung, Verpackung und Umschlag als eigenständige Aufgabenbereiche an.¹³

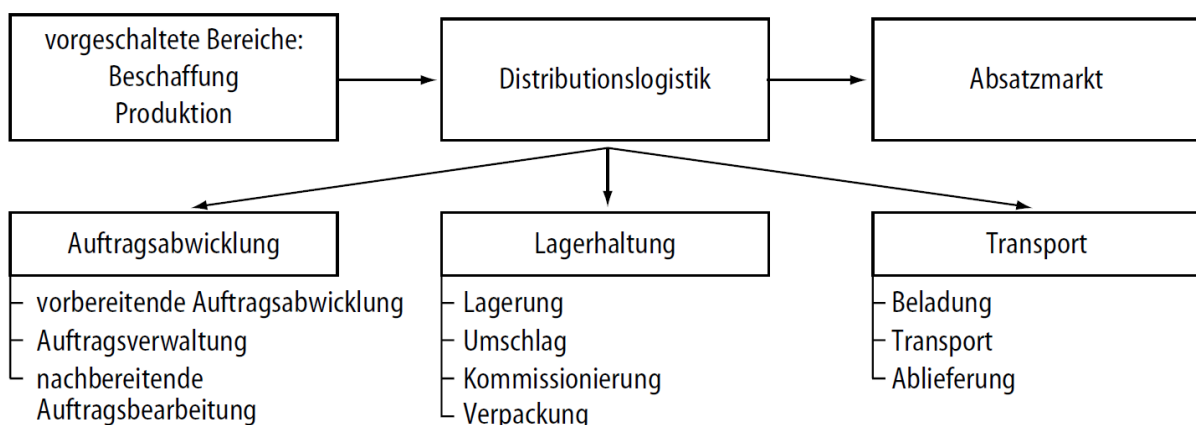


Abbildung 2: Elemente der Distributionslogistik¹⁴

2.3 Anforderungen an die Distribution

Die allgemeinen Ziele eines Unternehmens sind die Kundenzufriedenheit, die Wirtschaftlichkeit der Wertschöpfungskette und die Zukunftssicherung, die durch Ausbau von Wettbewerbsvorteilen erreicht wird. Aus diesen Kernzielen lassen sich Anforderungen an die Distribution ableiten, welche sich aus den Leistungs-, Kosten-, und Serviceanforderungen zusammensetzen.

- **Leistungsanforderungen:** Das Warenangebot und die Kundennachfrage bestimmen die Systemlast der Distribution, welche durch die Ausgleichs-

¹¹ vgl. (DIN, 1989)

¹² vgl. (DIN, 1989)

¹³ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 406 ff.)

¹⁴ (Arnold, et al., 2008 S. 406)

funktionen zu bewältigen ist. Quantitativ lässt sich die Leistung der Distribution an der in einem gewissen Zeitraum bewältigten Systemlast messen. Dies kann z.B. die Anzahl der ausgelieferten Bestellungen in einem Monat sein. Um steigenden Leistungsanforderungen gerecht zu werden, müssen entweder bestehende Arbeitsmittel der Distribution stärker ausgelastet oder zusätzliche angeschafft werden. Diese Anschaffungen stehen jedoch im Widerspruch mit der Anforderung, die Kosten für die Leistungserbringung zu verringern.

- Kostenanforderungen: Die Kosten für die Leistungserbringung in der Distribution müssen begrenzt oder sogar verringert werden, um die Wirtschaftlichkeitsziele zu erreichen. Sollen Einsparungspotentiale der Kostenverringerung ausgeschöpft werden, so dürfen Kundenwünsche in Bezug auf Lieferservice nicht außer Acht gelassen werden.
- Serviceanforderungen: Diese werden durch den Kunden gestellt. Sie betreffen direkt die Merkmale der Auslieferung und bekommen durch zusätzliche Serviceleistungen, welche eine Lieferung begleiten, immer höheren Stellenwert. Zu den direkten Merkmalen der Auslieferung zählen z.B. die Lieferzeit oder der Lieferort. Zu begleitenden Serviceleistungen zählen Dienste wie Kundenbetreuung, Wartungsdienst oder Garantiebedingungen.¹⁵

2.4 Distributionsstrukturen

Die Distributionsstruktur legt die Anzahl der verschiedenen Lagerstufen, die Zahl der Lager je Stufe und die räumliche Zuordnung zu den Absatzgebieten fest¹⁶. Es kann somit zwischen unterschiedlichen strukturellen Arten differenziert werden. Charakterisiert werden diese durch die Anzahl der Lagerstufen zwischen der Produktion und dem Kunden, das als vertikale Struktur bezeichnet wird, und der Anzahl der Lager in einer Stufe, was als horizontale Struktur bezeichnet wird.

Besteht keine Lagerstufe, z.B. zur Belieferung, zwischen der Produktion und dem Kunden, so liegt ein sogenannter direkter Distributionsweg, der auch als Distributionspfad bezeichnet wird, vor. Wird die Ware über eine Zwischenstufe, z.B. durch ein Regionallager, zum Kunden geliefert, so liegt ein indirekter Weg bzw. Pfad vor. Weiters können die Distributionsstrukturen durch einen Ein- oder Mehrwegabsatz beschrieben werden. Erfolgt die Belieferung des Kunden ausschließlich über einen festgelegten Absatzweg, so wird dies als Einwegabsatz bezeichnet. Besteht die Möglichkeit, über verschiedene Belieferungswege den Kunden zu versorgen, so wird dies als Mehrwegabsatz bezeichnet.¹⁷

¹⁵ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 410 ff.)

¹⁶ vgl. (Martin, et al., 2008 S. 6 ff.)

¹⁷ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 420 ff.)

Im Weiteren wird im Detail auf die vertikale und horizontale Distributionsstruktur näher eingegangen. Diese Strukturen werden zuzüglich der Beschreibung in Abbildung 3 dargestellt.

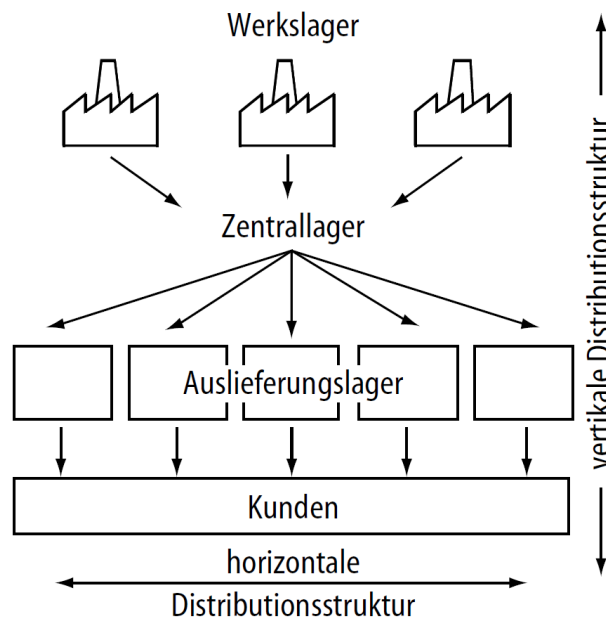


Abbildung 3: Horizontale und vertikale Distributionsstruktur ¹⁸

2.4.1 Vertikale Distributionsstruktur

Innerhalb dieser Struktur, welche die Anzahl der Lagerstufen beschreibt, kann zwischen einem ein- und mehrstufigen System unterschieden werden. Ein einstufiges System liegt dann vor, wenn zwischen dem Produktionsort und dem Kunden nur ein Lagervorgang, z.B. in einem Zentrallager, stattfindet. Erfolgen mehrere Lagervorgänge, so liegt eine mehrstufige Warendistribution vor. Eine hohe Stufigkeit im System, woraus eine große Anzahl an Lagern folgt, ermöglicht kurze Wege zum Kunden und zwischen den Lagerstandorten, was zu kurzen Lieferzeiten führt. Weiters folgen daraus jedoch hohe Bestände und Lagerhaltungskosten im gesamten System, sowie eine komplexere Material- und Informationssteuerung. ¹⁹

Die verschiedenen Stufen können aus folgenden Lagertypen bestehen:

- Werkslager: Diese stehen direkt bei der Produktionsstätte und dienen nur zur kurzfristigen Lagerung der fertig produzierten Waren.
- Zentrallager: In der Regel beinhalten diese Lager das vollständige Sortiment und haben die Aufgabe, nachfolgende Lagerstufen mit Waren zu versorgen.
- Regionallager: Je nach Region können diese Lager mit unterschiedlichen Waren und somit mit nur einem Teil des Sortiments bestückt sein. Die

¹⁸ (Arnold, et al., 2008 S. 421)

¹⁹ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 421)

Aufgabe besteht darin, die nachfolgenden Lagerstufen innerhalb der Region zu entlasten.

- Auslieferungslager: Dieses Lager stellt die letzte Stufe dar. In erster Linie befinden sich in diesem Lager Waren, die regional am absatzstärksten sind.²⁰

Die Entscheidung nach der Ausprägung der vertikalen Distributionsstruktur ist von den Anforderungen der Kunden an das Unternehmen und den Kosten der jeweiligen Stufen abhängig. Zu den Kostenfaktoren zählen die Anzahl und Größe der Lager, die Lagerbestände im Gesamtsystem, die erforderlichen Umschlagkosten, Transportkosten zwischen Lagern und die Auslieferungskosten zu den Endkunden. Wirtschaftlich sinnvoll ist das Einrichten einer Stufe dann, wenn die zusätzlich entstehenden Kosten durch Einsparungen bei den Transportkosten überkompensiert werden.²¹

2.4.2 Horizontale Distributionsstruktur

Im Gegensatz zu der vertikalen Struktur geht die horizontale Distributionsstruktur auf die Anzahl der Lager je Stufe, die Standorte der Lager und die geografische Aufteilung der Belieferungsgebiete eines Lagers ein. Die Anzahl der Lager auf jeder Stufe ergibt sich aus deren Funktion (z.B. Werks- oder Auslieferungslager) und aus der Entfernung zum Kunden. Der optimale Standort eines Lagers wird maßgeblich von den Transportkosten der Kundenbelieferung von diesem Standort aus bestimmt. Um die optimale Lage als auch Anzahl der Standorte und deren Kundenzuordnung zu bestimmen, ist eine Optimierungsrechnung notwendig. Grundsätzlich gilt, dass mit steigender Anzahl an Lagerstandorten ebenfalls die Lagerhaltungskosten steigen. Im Gegensatz dazu sinken jedoch die Transportkosten bis zu einem gewissen Punkt. Diese sogenannte Trade-Off-Problematik charakterisiert diese Entscheidungssituation und kann nur durch eine Vergleichsrechnung mehrerer Alternativen gelöst werden. Wegen der großen Bedeutung dieser Problematik wird darauf in einem weiteren Kapitel separat eingegangen.²²

2.5 Strategieparameter der Distribution

In folgenden Absätzen wird ein Überblick hinsichtlich distributionslogistischer Strategieparameter geschaffen, welche Einfluss auf die Konzeptionierung eines Distributionssystems haben und somit in der Planung berücksichtigt werden sollten.

²⁰ vgl. (Koch, 2012 S. 179)

²¹ vgl. (Koch, 2012 S. 179 ff.)

²² vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 422)

2.5.1 Zentralisierungsgrad des Distributionssystems

Große Bedeutung weist die Frage nach dem Grad der räumlichen Zentralisierung auf. Oft ist das Versorgungsgebiet für ein Zentrallager zu groß und es werden weitere Lager mit einer kundennahen Position benötigt, was zu einer Veränderung in der horizontalen und vertikalen Distributionsstruktur führt. Die Attribute eines dezentralen und zentralen Distributionssystems werden in folgenden Absätzen erläutert.

Dezentrales Distributionssystem:

Ein dezentrales Distributionssystem ist durch N regionale Standorte charakterisiert, welche direkt miteinander verbunden sind. Die Transportverbindungen weisen eine maximale Anzahl von $N * (N - 1)/2$ Verbindungen auf. Es wird ein regelmäßiger Hin- und Rücktransport auf diesen Wegen durchgeführt.

Der größte Vorteil dieses Systems liegt in den durchschnittlich kurzen Entfernungen zwischen den Standorten, woraus geringe Transportkosten und gute Reaktionszeiten resultieren. Die Nachteile dieses Systems liegen in den höheren Beständen im Gesamtsystem sowie den schlechteren Auslastungen großer wirtschaftlicher Transportmittel oder der höheren Transportfrequenzen.^{23, 24}

Zentrales Distributionssystem:

Dieses zentrale System wird dadurch charakterisiert, dass der Transport der Waren zu den Kunden über einen zentralen Standort, das Zentrallager, läuft. Dieses Zentrallager, das auch als zentraler Umschlagpunkt oder Nabe (engl. hub) bezeichnet wird, ist mit N regionalen Standorten über N Transportverbindungen, sogenannten Speichen (engl. spokes), verbunden. In dem zentralen Umschlagpunkt werden die Waren, die aus möglicherweise mehreren Regionen stammen, zusammengefasst und zu auslaufenden Ladungen gebündelt und eventuell umsortiert.

In einem zentralen Netz verringert sich die Anzahl der Transporte bei gleichbleibender Belieferungsfrequenz gegenüber einem dezentralen Netz um (maximal) einen Faktor von $(N - 1)/2$. Um den gleichen Faktor erhöht sich im Durchschnitt das Ladungsaufkommen der Transportverbindungen vom und zum zentralen Umschlagpunkt. Daraus resultiert, dass in einem zentralen Distributionsnetz Transportverbindungen zwischen dem regionalen und dem zentralen Standort mit guter Auslastung größerer Transportmittel oder mit gleich großen Transportmitteln mit höherer Belieferungsfrequenz als im dezentralen Netz realisiert werden können. Weiters sind in einem zentralen System die Bestände bei hoher Lieferfähigkeit aufgrund verschiedener Faktoren geringer, auf welche in einem späteren

²³ vgl. (Gudehus, 2012b S. 987)

²⁴ vgl. (Alicke, 2005 S. 159)

Kapitel näher eingegangen wird. Die Nachteile eines zentralen Netzes setzen sich aus den Kosten und dem Zeitverlust, der durch den zusätzlichen Umschlag entsteht, zusammen.²⁵

Qualitativ sind die Eigenschaften der einzelnen Distributionsnetzwerke in folgender Tabelle zusammengefasst.

	zentral	dezentral
Prognostizierbarkeit	gut	erschwert
Lieferbereitschaft	maximal	niedriger
Lieferzeit	länger	kurz
Umschlaghäufigkeit	maximal	niedrig
Transportkosten	hoch	mittel
Handlingkosten	minimal	höher
Steuerung	einfach	komplex

Tabelle 1: Qualitative Eigenschaften eines zentralen bzw. dezentralen Distributionsnetzwerks²⁶

Aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen an ein Distributionsnetz ist dieses von Verkehrsgesellschaften und Speditionen in der Praxis häufig eine Kombination aus zentralen und dezentralen Netzen.²⁷

2.5.2 Externalisierung

Der zunehmende Wettbewerbsdruck der näheren Vergangenheit führt zu einer verstärkten Leistungsorientierung der Distribution. Dies hat zur Folge, dass ein Trend zur Verlagerung logistischer Funktionen auf Dienstleister stattfindet. Diese Verlagerung wird auch als Outsourcing bezeichnet. Bevor dieser Trend aufkam, wurde die Distribution zumeist durch den Hersteller selbst erbracht und galt mehr als ein notwendiges Übel als eine Möglichkeit der Leistungsverbesserung. Der Anreiz für ein produzierendes Unternehmen, die Distribution auszulagern, ergibt sich vor allem durch die Variabilisierung von hohen Fixkosten für Personal und Fuhrpark.

Diese durch das Outsourcing hervorgerufene starke Abhängigkeit eines Produzenten von Dienstleistern führt dazu, enge logistische Verbindungen einzugehen. Diese zeichnen sich durch eine starke Orientierung der Leistungsmodule auf die individuellen Gegebenheiten des Produzenten aus und führt somit zu einer gänzlich kundenspezifischen Lösung. Diese Kooperation zwischen Hersteller und Logistikdienstleister wird durch einen Dienstleistungsvertrag geregelt. Das daraus

²⁵ vgl. (Gudehus, 2012b S. 987 ff.)

²⁶ vgl. (Bretzke, 2010 S. 251)

²⁷ vgl. (Gudehus, 2010 S. 941)

resultierende Geschäftsmodell wird als „*Kontraktlogistik*“ bezeichnet. Es ist das am schnellsten wachsende Segment im Bereich der Logistikdienstleistungen.^{28, 29}

2.5.3 Internationalisierung

Die Verlagerung von Produktionsstätten zu personalkostengünstigeren Standorten in Osteuropa oder Asien spielen für zentraleuropäische Produktionsunternehmen eine bedeutende Rolle. Um die Wettbewerbschancen zu erhalten, bleibt Zulieferern oft nichts anderes übrig, als ihren Handelspartnern in die Nähe neuer Werke zu folgen. Daraus folgt eine Reorganisation der Distributionsstruktur aller Beteiligten.

Vereinfacht wurde der Warenverkehr durch die mehrstufige EU-Erweiterung in Richtung Osteuropa. Aus logistischer Sicht ergeben sich aus der Aufhebung der Grenzkontrollen Kosteneinsparungen und vor allem eine erhebliche Transportzeitverkürzung aufgrund fehlender Zollformalitäten. Unter Umständen können dadurch sogar bisher erforderliche Außenlager in benachbarten Ländern eingespart werden. Die Internationalisierung der Absatzmärkte führt zum ständigen Eintritt neuer Konkurrenten. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, ist es erforderlich, die bisherigen Distributionsstrategien und -strukturen zu überdenken und gegebenenfalls neu zu gestalten.³⁰

2.5.4 Informationstechnisierung

Um sich gegenüber Konkurrenten zu behaupten, ist heutzutage ein schneller Informationsaustausch, woraus verbesserter Kundenservice und optimierte Transportabläufe folgen, von großer Bedeutung. Für die Gestaltung von Distributionssystemen sind aus dem Bereich der telematischen Informationstechniken besonders die Anwendungsbereiche des Flottenmanagements und der Sendungsverfolgung relevant.

Die Zielsetzung des Flottenmanagements besteht aus einer Reduzierung der unproduktiven Zeit und der Verbesserung der Kapazitätsauslastung. Der fest im Fahrzeug integrierte Bordcomputer nimmt dafür sämtliche notwendigen Daten auf und ermöglicht eine detaillierte fahrzeug- und tourenbezogene Auswertung.

Die Sendungsverfolgungssysteme dienen dem Überwachen der Güter und Beförderungsmittel in der Transportkette und stellen damit die permanente Verknüpfung von Informations- und Materialfluss dar. Möglich wird dadurch eine automatische Ortung und Navigation von Fahrzeugen und Ladung bzw. können Auskünfte an den Kunden über die voraussichtliche Ankunft der Ware gegeben

²⁸ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 413 ff.)

²⁹ vgl. (Nyhuis, 2008 S. 421)

³⁰ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 414)

werden. Hierfür wird das sogenannte Global Positioning System (GPS) und die Radio-Frequency-Identification (RFID) Technologie eingesetzt. GPS dient zu zeit- und ortsgenauen Ortung von Fahrzeugen und Ladungen. Die RFID-Technologie ermöglicht es, Daten über Radiowellen berührungslos und ohne Sichtkontakt zu übertragen. Dabei können mehrere Objekte gleichzeitig ausgelesen und neue Informationen auf den RFID-Chips gespeichert werden.

Aus den Möglichkeiten zur schnellen Kommunikation und kurzfristigen Steuerung einzelner Glieder der Logistikkette resultieren vielfältige Möglichkeiten zur gezielten Planung außerbetrieblicher Transporte und zur Gestaltung wirtschaftlich effizienter und umweltverträglicher Distributionssysteme.³¹

2.5.5 Ökologisierung

Die zuvor beschriebenen Entwicklungen in der Distributionslogistik haben dazu geführt, dass insbesondere der Straßenverkehr in den letzten Jahren stark angewachsen ist. Seit einiger Zeit häufen sich Beispiele, bei welchen eine Verlagerung der transportierten Waren auf Bahn oder Binnenschiff erfolgt. Die Gründe für die Veränderungen liegen in dem Bestreben, die Umweltbelastung im Vergleich zum Lkw-Transport zu senken und den verkehrsträgerspezifischen Kostenvorteil von Bahn und Binnenschiff zu nutzen. Bei der Gestaltung von Distributionsstrukturen werden in Zukunft umweltorientierte Aspekte zunehmend berücksichtigt und bei der Standortauswahl verstärkt auf die optimale Einbindung der unterschiedlichen Verkehrsträger geachtet. Die Bedeutung dieser Einflussfaktoren steigt, da der Lieferservice und die Umweltorientierung wichtige Entscheidungskriterien für Kunden darstellen.³²

2.6 Versorgungsstrategien der Lagerstufen

Zur Versorgung der einzelnen Stufen eines Distributionsnetzwerks bieten sich unterschiedliche Strategien an. Hierbei handelt es sich um die direkte Belieferung, das Crossdocking und die herkömmliche Lagerhaltung. Die beiden letztgenannten weisen Zwischenstationen auf, welche von Waren durchlaufen werden. Das Frachtgut wird in diesen Stationen abgeladen, umgeladen, bei Bedarf zwischengelagert oder verändert und wieder verladen. Somit finden in den Zwischenstationen Umschlag-, Lager- und Umwandlungsprozesse statt. Im Folgenden werden die jeweiligen Strategien beschrieben sowie die Vor- und Nachteile erläutert.^{33, 34}

³¹ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 414 ff.)

³² vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 416)

³³ vgl. (Alicke, 2005 S. 166)

³⁴ vgl. (Gudehus, 2012b S. 941)

2.6.1 Direkte Belieferung

Im Falle der direkten Belieferung wird die Ware direkt ohne Zwischenstationen vom Produzenten zum Kunden transportiert. Dieses Prinzip ist häufig bei Zulieferern von großen Konzernen (z.B. Automobilindustrie) zu finden, dessen Produktionsstandort sich oft in der Nähe des Abnehmers befindet. Das so genannte Just-in-Time Konzept basiert auf dieser Belieferungsart. Tritt der Fall ein, dass mehrere Kunden zu beliefern sind, können, um eine bessere Auslastung des Transportmittels zu erreichen, sogenannte Milkruns durchgeführt werden. Dabei werden Auslieferungs- oder Abholfahrten zu Touren zusammengefasst. Der Begriff Milkrun stammt von den Abholfahrten der Molkerei-Lkws von milchproduzierenden Betrieben.³⁵

2.6.2 Crossdocking

Beim Crossdocking-Verfahren werden Anlieferungen der Waren in einem Punkt gebündelt und die Auslieferung an die Empfänger so koordiniert, dass Einlagerungsprozesse und jene Aktivitäten eines typischen Bestandslagers entfallen. Der Crossdocking-Punkt – oder auch Knoten genannt – ist somit ein bestandsloser Umschlagpunkt. Das Ziel ist die Belieferungszeit und somit den Fluss durch die Supply Chain zu verkürzen, Transporte zu bündeln und die Bestände durch fehlende Zwischenlagerung zu senken. Um ein solches System zu realisieren, ist eine hohe Informationsversorgung und hohe Synchronisation der Prozesse notwendig.

Es wird zwischen verschiedenen Arten von Crossdocking unterschieden, wobei in der Literatur sich die Definitionen teilweise unterscheiden. Im einfachsten Fall des Crossdockings wird eine vorkommissionierte Palette angeliefert, die sogleich umgeladen und an ihr Endziel gesandt wird. In einer anderen Art, welche auch Transshipment genannt wird, werden artikelreine Paletten angeliefert, die anschließend neu kommissioniert und als filialreine Mischpaletten weiter versandt werden. Dies wird in Abbildung 4 grafisch verdeutlicht.^{36, 37, 38, 39, 40}

³⁵ vgl. (Alicke, 2005 S. 166 ff.)

³⁶ vgl. (Chopra, et al., 2007 S. 397)

³⁷ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 527 ff.)

³⁸ vgl. (ten Hompel, et al., 2010)

³⁹ vgl. (Gudehus, 2012b S. 941 ff.)

⁴⁰ vgl. (ten Hompel, et al., 2007 S. 366)

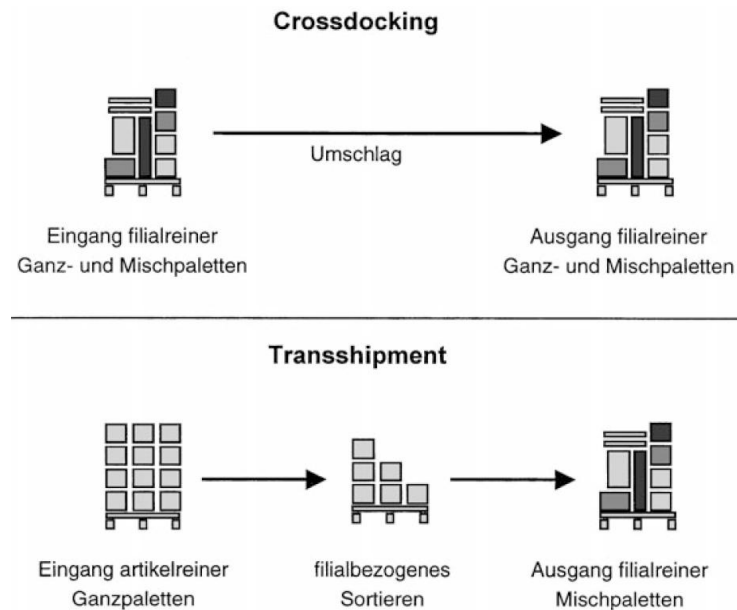


Abbildung 4: Crossdocking vs. Transshipment ⁴¹

2.6.3 Lagerhaltung

Die Lagerhaltung als Distributionsstrategie stellt den klassischen Prozess dar. Hierbei werden Bestände in möglicherweise unterschiedlichen Stufen des Netzwerks angelegt, um die Nachfrage von der Produktion zu entkoppeln. ⁴²

2.6.4 Vor- und Nachteile der jeweiligen Strategien

Die Vorteile des Verfahrens der Direktbelieferung liegen in der Reaktionsfähigkeit der Distributionskette auf Änderungen des Marktes und den niedrigen Bestand im System. Die Nachteile liegen in dem hohen Koordinationsaufwand sowie den hohen Transportkosten.

Das Crossdocking-Verfahren weist eine gute Reaktionsfähigkeit, die dem Kunden (d.h. von der letzten Stufe) zugesichert werden kann, auf. Die Eigenschaften dieses Verfahrens sind jedoch in Bezug auf die Reaktionsfähigkeit der Kette, die Bestände, den Koordinationsaufwand oder die Transportkosten im Mittelfeld.

Die Lagerhaltung als Distributionsstrategie weist geringe Transportkosten, geringen Koordinationsaufwand und schnelle Reaktionsfähigkeiten für den Kunden auf. Aufgrund des hohen Bestands im System, der einen Nachteil dieser Strategie darstellt, ist ebenfalls die Reaktionsfähigkeit gegenüber Marktveränderungen eher träge. ⁴³

⁴¹ (Gudehus, 2012b S. 941)

⁴² vgl. (Alicke, 2005 S. 168 ff.)

⁴³ vgl. (Alicke, 2005 S. 169)

2.7 Projektablauf einer Netzwerkgestaltung in der Distribution

Die Planung eines Distributionssystems umfasst die Auswahl, Gestaltung, Dimensionierung und Optimierung der Prozesse, Netzwerke und Ressourcen, um zukünftige Leistungsanforderungen zu erfüllen.⁴⁴ Aufgrund des großen Umfangs dieser Thematik wird über diese ein Überblick geschaffen.

Ein derartiger Gestaltungsvorgang eines Distributionsnetzwerks weist typischerweise eine Projektstruktur auf und setzt sich aus

- a) Projektstart,
- b) Ist-Analyse bzw. Datenerhebung,
- c) Definition der Serviceziele bzw. des Anforderungskatalogs,
- d) Definition von Systemalternativen bzw. Szenarien,
- e) Bewertung alternativer Szenarien,
- f) Sensitivitätsanalyse und
- g) Handlungsempfehlung

zusammen.⁴⁵

Im Weiteren werden die einzelnen Schritte dieser Projektstruktur im Detail erläutert.

a) **Projektstart**

Der Projektstart beinhaltet das sogenannten Kick-off-Meeting, in welchem das Projektteam zusammenfindet und die Ziele, der Umfang und das Soll-Ergebnis der zu leistenden Arbeit genau definiert werden. Zu diesem Zeitpunkt werden Methoden, der Datenbedarf und die jeweiligen Aufgabegebiete geklärt. Weiters werden der zeitliche Ablauf und die Meilensteine des Projekts festgelegt. Mit dem Kick-off-Meeting erfolgt somit der Übergang von der Managementebene auf die operative Ebene in der Projektzusammenarbeit.^{46, 47}

b) **Ist-Analyse**

Die Analyse des Ist-Systems beschreibt und bewertet das bestehende System, dessen Kapazitäten sowie dessen Stärken und Schwächen. Dieser Abschnitt muss sehr sorgfältig und gründlich erfolgen, weil das Beibehalten des bestehenden Systems immer eine mögliche Alternative ist und alle weiteren Optionen an dieser gemessen werden.

Eine der ersten Übersichten, die bei der Ist-Analyse erstellt wird, ist die Darstellung der verschiedenen Warenströme auf den sogenannten Kanten des Netzwerks. Dabei

⁴⁴ vgl. (Gudehus, 2012c S. 3)

⁴⁵ vgl. (Bretzke, 2010 S. 96 ff.)

⁴⁶ vgl. (Bretzke, 2010 S. 57 ff.)

⁴⁷ vgl. (Wenzel, et al., 2008 S. 110 ff.)

werden sowohl die ein- und ausgehenden Warenströme der einzelnen Umschlagpunkte als auch diese selbst dargestellt. Im Weiteren wird eine genauere Betrachtung durchgeführt, in welcher auf die horizontale und vertikale Struktur und deren Komponenten (z.B. Standorte, regionale Warenflüsse und Kunden) im Detail eingegangen wird. Es wird somit die Netzdichte und die regionale Abdeckung aufgezeigt und das Distributionssystem auch optisch dargestellt.

Der Aufwand und die Dauer dieser Analyse hängen in der Regel stark von der jeweiligen Datenverfügbarkeit ab. Die benötigten Daten variieren von Betrieb zu Betrieb und sind weiters von der Branche des Unternehmens abhängig. Für eine Ist-Aufnahme und die Bewertung alternativer Szenarien sind gegebenenfalls unterschiedliche Informationen notwendig.⁴⁸

c) **Definition der Serviceziele**

Aus der Unternehmensstrategie abgeleitet bzw. mit dieser abgeglichen werden die Serviceziele des Systems. Mit diesen hebt sich das Unternehmen gegenüber Konkurrenten am Markt ab, um Kunden zu gewinnen. Unterschiedliche Netzwerkkonfigurationen lassen sich ebenfalls hinsichtlich verschiedener Qualitätsmerkmale beurteilen. Eine zentrale Frage in einem Netzwerk aus einer Vielzahl an Standorten ist, inwieweit die Warenvereinnahmungsprozesse in den jeweiligen Standorten über das Netz unterstützt werden. Diese Prozesse sind einerseits für einen Großteil der Logistikkosten des Handels verantwortlich, andererseits qualitätswirksam für den Kunden von Bedeutung, da Verkäufer dadurch aus dem Verkaufsraum für logistische Tätigkeiten abgezogen werden. Diese sogenannte Stock-Out-Rate liegt im Lebensmitteleinzelhandel bei neun Prozent und darüber^{49, 50}

d) **Definition der Szenarien**

Anhand der zuvor angefertigten Ist-Analysen werden zukünftige Aufgabenstellungen an das Netzwerk abgeleitet. Unter Einhaltung dieser definierten Randbedingungen ist das Erstellen von Szenarien stark von der Kreativität des Projektteams abhängig. Die besten Optionen sind meist nicht offensichtlich, sondern müssen erfunden werden, da es möglicherweise noch keine realisierten Vorbilder gibt. Wie bereits angesprochen stellt das Netzwerkdesign ein Feld für Kreativität und Innovation dar. Eine erste Einschränkung der Gestaltungsfreiheit ergibt sich jedoch meist schon aus den „*logistischen Genen*“ des Unternehmens. Verstanden wird darunter z.B., dass für ein System mit Produkten, die eine hohe Wertdichte aufweisen, ein dezentrales System mit hohen lokalen Beständen unpassend ist. Als Hilfestellung zur Definition verschiedener Szenarien gibt es in der Literatur unterschiedliche Berechnungsmodelle, wovon ein Auszug in Kapitel 2.10 erläutert wird.

⁴⁸ vgl. (Bretzke, 2010 S. 57 ff.)

⁴⁹ vgl. (Middendorf, et al., 2006 S. 205 ff.)

⁵⁰ vgl. (Bretzke, 2010 S. 57 ff.)

Bei der praktischen Anwendung werden Handlungsspielräume bei einem Netzwerkdesign häufig durch historisch gewachsene Strukturen eingeschränkt. Zum Beispiel spielen bestehende Standorte bei der Definition der Szenarien meist eine wichtige Rolle. Eine sogenannte "*Green-Field-Planung*" kann diesbezüglich sehr informativ sein. Diese von manchen Autoren auch „*Grüne-Wiese-Modell*“ genannte Planung geht von einem Szenario ohne historisch bedingte Restriktionen aus. Es wird somit ein komplett neues System auf einer un bebauten Fläche, anders ausgedrückt "*grünen Wiese*", entworfen. Dadurch wird über Mehrkosten aufgeklärt, die ein Unternehmen tragen muss, wenn es dauerhaft seine historisch gewachsenen Strukturen beibehalten will. Eine derartige Planung kann ebenfalls als Wegweiser für weitere Struktur- und Standortentwicklungen dienen.⁵¹

Die Unterstützung bei der Netzwerkkonfiguration von spezialisierter Software wurde aufgrund der komplexen Systeme immer bedeutender. Eine wichtige, erste Form der Unterstützung ist die Visualisierung von Informationsstrukturen, etwa der Abbildung der geografischen Verteilung von Kundenbedarf im Absatzgebiet auf Basis geocodierter Daten. Dadurch werden erste Anhaltspunkte für Standortentscheidungen und Gebietsabgrenzungen offenbart. Weiters können diese Programme innerhalb präzise abgesteckter Lösungsräume "optimale" Gestaltungsvarianten identifizieren und Simulationen unterstützen, bei welchen Rahmenbedingungen variiert werden. Als "optimale" Variante wird in der Regel jene von der Software beurteilt, welche die minimalen Transportkosten aufweist. Speziell für eine in dieser Projektstruktur nachfolgende Sensitivitätsanalyse ist eine Variation der Rahmenbedingungen und das daraus resultierende Ergebnis notwendig. Auf diese Art der Analyse wird in einem folgenden Absatz näher eingegangen. Derartige Software kann bei der Lösungssuche unterstützen und gewisse Teilbereiche im Detail beleuchten, jedoch ist für eine Entscheidungsfindung das Wissen von Experten notwendig, welches nicht modellierbare Aspekte, wie z.B. regionenspezifische Einflüsse auf die Distributionsstruktur, mit einfließen lässt.⁵²

Bei dem Entwurf eines Szenarios spielen gegenläufige Abhängigkeiten gewisser Faktoren eine bedeutende Rolle. Deshalb wird im Weiteren dieser sogenannten Trade-Off-Problematik ein separates Kapitel gewidmet.

e) **Bewertung alternativer Szenarien**

Die entwickelten Szenarien werden in diesem Schritt bewertend verglichen. Ziel ist es, eine hohe Logistikeffizienz zu erreichen, indem die Logistikleistung maximiert und die Kosten des logistischen Systems minimiert werden. Die Bewertung beinhaltet eine Erläuterung der zu erwartenden Folgen einer Implementierung der möglichen Szenarien als auch einer Abschätzung des Umgestaltungsaufwands. Weiteres wird in

⁵¹ vgl. (Bretzke, 2010 S. 52 ff.)

⁵² vgl. (Bretzke, 2010 S. 104 ff.)

diesem Abschnitt eine kaufmännische Betrachtung durchgeführt. Die ermittelten Ergebnisse werden zu Kennzahlen, welche sich in Leistung-, Service-, Struktur- und Kostenkennzahlen unterteilen lassen, verdichtet, um mit anderen Vorschlägen verglichen zu werden.

Leistungskennzahlen können einerseits als absolute als auch als relative Werte aufgeführt werden. Zu den absoluten Kennzahlen zählen hierbei u.a. die Anzahl der bearbeiteten Aufträge, die transportierten Lieferungen oder die durchschnittlich gelagerten Gütermengen im Betrachtungszeitraum. In Bezug auf relative Kennzahlen werden z.B. Werte für die Anzahl der in einem Zeitintervall durchgeführten Aufträge herangezogen. Um das gesamte Transportsystem zu bewerten, wird die Transportleistung bzw. der Transportaufwand in Mengen- bzw. Tonnenkilometern angegeben. Hierbei wird neben der insgesamt transportierten Masse auch die zurückgelegte Strecke mit einbezogen. Die Servicekennzahlen setzen sich aus quantifizierbaren und nicht quantifizierbaren Anteilen zusammen. Zu den quantifizierbaren gehört der Lieferbereitschaftsgrad, die Lieferzeit sowie die Lieferqualität. Als nichtquantifizierbare Anteile können Merkmale des Kundenservice, der Umfang und die Qualität der Dokumentation oder Randbedingungen der Lieferung (z.B. Verpackung) genannt werden. Zu den Kosten- und Strukturkennzahlen zählen u.a. Bestandhaltungskosten, Abschreibungen für Gebäude, Versicherungsbeiträge und Instandhaltungskosten.^{53, 54, 55}

Exemplarisch werden einige der möglichen Kennzahlen für eine Bewertung von Distributionsprozessen näher beschrieben.

Kennzahlen	Beschreibung
Mittlere Durchlaufzeit Warenausgang:	Durchschnittliche Zeit, die für das Verpacken und Verladen der Ware benötigt wird
Servicegrad:	Prozentsatz der durch das Unternehmen termin- und mengengerecht erfüllter Kundenauftragspositionen
Kosten für die Durchführung des Material- und Warenflusses:	Kosten für Wareneingang, Warenausgang und Transport
Kapitalbindungs- und Wagniskosten:	Kosten für die in der gesamten Logistikkette gebundenen Materialien und Waren
Tonnenkilometer:	Beschreibt die Transportleistung eines Systems und wird durch das Produkt aus transportierter Masse und der transportierten Entfernung gebildet

⁵³ vgl. (Verein Deutscher Ingenieure, 2002)

⁵⁴ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 449)

⁵⁵ vgl. (Bretzke, 2010 S. 96 ff.)

Auslastungsgrad der Transportmittel:	Beschreibt den Nutzungsgrad des Transportmittels bzw. die tatsächlich genutzte Kapazität
Mittlere Transportentfernung je Warensendung:	Distanz, die für eine Warensendung vom eigenen Warenausgang bis zum Kunden zurückgelegt wird; ist ein Maß für den physischen Transportaufwand

Tabelle 2: Mögliche Kennzahlen für eine Bewertung von Distributionsprozessen ^{56, 57}

f) **Sensitivitätsanalyse**

Die Sensitivitätsanalyse beschreibt das Verhalten des Szenarios bei Variation von äußeren Rahmenbedingungen, wie z.B. Transportpreisen. Lösungsalternativen können somit auf Basis von variierenden Parametern verglichen und im Umkehrschluss auf Robustheit gegenüber Veränderungen untersucht werden. Besonders kritisch müssen jene Parameter betrachtet werden, bei denen kleine Variationen starke Schwankungen der Ergebnisgrößen hervorrufen. Durch diese Analyse wird die Rangfolge der Vorziehenswürdigkeit der unterschiedlichen Systeme überprüft. Unterstützt wird dieser Projektabschnitt durch eine spezielle Computer-Software, die eine einfache Variation der Rahmenbedingung innerhalb eines Modells zulässt. ^{58, 59}

g) **Handlungsempfehlung**

Zum Abschluss dieses Projekts müssen die ermittelten Ergebnisse nachvollziehbar dokumentiert und zu einer begründeten Handlungsempfehlung zusammengefasst werden. Dieses Dokument muss anschließend auch in einem Entscheidungsgremium als Beschlussvorlage dienen können. Um die Nachvollziehbarkeit zu erleichtern, ist es sinnvoll, die aus Kriterien gewonnenen Kennzahlen nach Kategorien getrennt zu beschreiben. ⁶⁰

2.8 Trade-Off-Problematiken in der Distribution

Charakteristisch für die Entwicklung eines Lösungsansatzes für ein Distributionsnetzwerk sind die sogenannte Trade-Off-Problematiken. Hierbei gilt es abzuwägen, welches konfliktäre Ziel auf Kosten eines anderen verfolgt werden soll. Es besteht z.B. eine gegenläufige Abhängigkeit der Transportkosten gegenüber Lagerhaltungskosten. Weiters bestehen Trade-Off-Problematiken unter anderem zwischen Qualität und Kosten, Gesamtkosten und Lieferzeiten, Lieferzeit und Termintreue und zwischen unterschiedlichen Transportmitteln. An dieser Stelle wird nur auf jene

⁵⁶ vgl. (Verein Deutscher Ingenieure, 2002)

⁵⁷ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 449 ff.)

⁵⁸ vgl. (Bretzke, 2010 S. 96 ff.)

⁵⁹ vgl. (Rabe, et al., 2008 S. 102 ff.)

⁶⁰ vgl. (Bretzke, 2010 S. 57 ff.)

Problematik zwischen Bestandhaltungs- und Transportkosten bzw. der Anzahl der Lagerstandorte näher eingegangen.

Allgemein kann gesagt werden, dass mit steigender Anzahl an Standorten die Lagerhaltungskosten steigen, jedoch die Transportkosten bis zu einem gewissen Punkt fallen. Dies ist in Abbildung 5 dargestellt. Die U-förmige Summenfunktion der Kosten weist ein Minimum auf, welches unter den gegebenen Randbedingungen die optimale Anzahl an Standorten wiedergibt. In der Realität weisen diese Funktionen eher keinen stetigen Verlauf auf, sondern geben vielmehr eine Aneinanderreihung von Ergebnissen der Suboptimierungsrechnungen wieder. Obwohl die nachfolgende Abbildung zwar die Realität nicht eins zu eins widerspiegelt, gibt sie jedoch gut die grundlegenden Zusammenhänge als Tendenzaussagen wieder. Mit Hilfe dieser Abbildung lassen sich weiters gut Veränderungen äußerer Umstände veranschaulichen. Durch steigende Energiepreise und dadurch steigende Transportkosten würde sich die Transportkostenfunktion nach oben verschieben, das wiederum das Minimum der Summenfunktion und somit die optimale Anzahl der Standorte nach oben verschiebt.^{61, 62}

Wegen der Komplexität dieser Beziehungen ist im Zuge einer Optimierungsrechnung eine nach Kostenkategorien differenzierte Beschreibung sinnvoll. Im Wesentlichen ist hierbei zwischen eingehenden und ausgehenden Transporten, bestandsabhängigen Kapitalbindungs- und Entwertungskosten, Lagerhaltungs- und Handlingkosten sowie administrativen Kosten der Steuerung und Überwachung zu unterscheiden. Ohne eine derartige Unterscheidung ist die Bewertung für Dritte nicht nachvollziehbar.⁶³

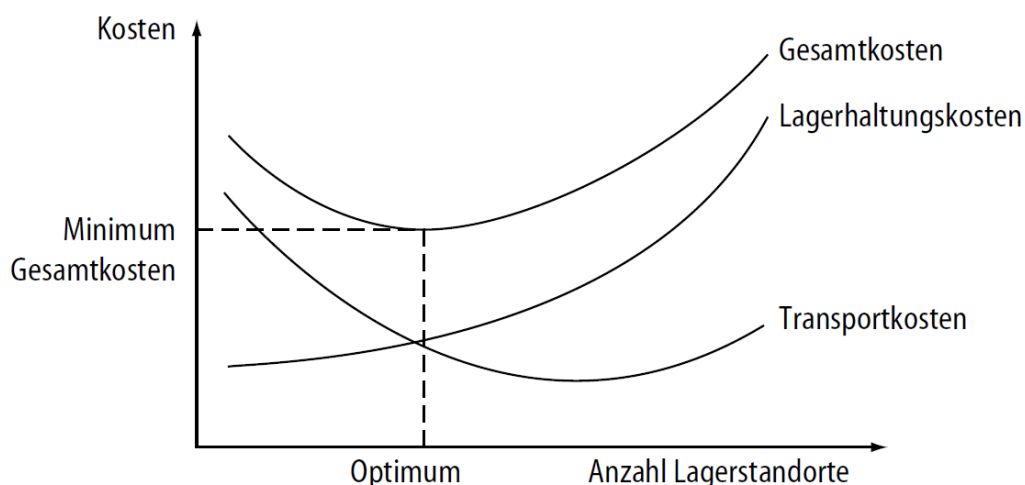


Abbildung 5: Anzahl der Lagerstandorte gegenüber den Distributionskosten⁶⁴

⁶¹ vgl. (Bretzke, et al., 2012 S. 486)

⁶² vgl. (Bretzke, 2010 S. 226)

⁶³ vgl. (Bretzke, 2010 S. 111)

⁶⁴ (Arnold, et al., 2008 S. 422)

2.9 Einflussgrößen für die Entwicklung und Optimierung von Distributionsszenarien

Das sogenannte Supply Chain Management umfasst die Auswahl, die Gestaltung, die Organisation und den Betrieb der Lieferkette (engl. Supply Chain) und Logistiknetze zur Versorgung von Bedarfsstellen oder Kunden aus den Liefer- oder Versandstellen. Dies umfasst auch die Disposition der Ressourcen, des Nachschubs und der Bestände in der Lieferkette. Eine Lieferkette besteht aus einer Aneinanderreihung von Transportverbindungen und Zwischenstationen, welche eine Lieferstelle mit einer Empfangsstelle verbinden. In der Regel gibt es für die Lieferung der Waren, welche von einer Empfangsstellen angefordert wurden, mehrere mögliche Logistikketten.⁶⁵

Das folgende Kapitel bezieht sich auf Ketten der Distributionslogistik, wobei auf Einflussgrößen für die Entwicklung und Optimierung von Distributionsszenarien eingegangen wird.

2.9.1 Serviceanforderungen an die Distributionslogistik

Die Serviceanforderungen resultieren aus der angebotenen Lieferfähigkeit, den zugesicherten Lieferzeiten und der angestrebten Logistikqualität.

Die vom Lieferanten bzw. die vom Kunden geforderte Lieferfähigkeit betrifft die Breite des lieferbaren Warensortiments und bestimmt die Höhe der Bestände der einzelnen Artikel im Sortiment.

Die geforderte Lieferzeit besteht entweder aus der vom Lieferanten zugesicherten Lieferzeit oder aus einem vereinbarten Liefertermin. Sie ist eines der wichtigsten Auswahlkriterien für die Lieferkette. Oft ist die verlässliche Einhaltung vereinbarter Liefertermine für den Kunden wichtiger als besonders kurze Lieferzeiten. In der Regel stellen geforderte Anliefertermine für die Auswahl der Lieferkette eine der größten Restriktionen dar.

Bestimmt wird die Logistikqualität durch die Termintreue, der Lieferbereitschaft und durch die Sendungsqualität. Die Sendungsqualität umfasst die Vollständigkeit, die Unversehrtheit und die Mängelfreiheit der transportierten Sendung. Somit stellt die Lieferqualität ein weiteres wichtiges Merkmal der Lieferkette dar.⁶⁶

2.9.2 Leistungsanforderungen

Die Leistungsanforderungen der Kunden sind maßgebend für das Netzwerkmanagement eines Distributionssystems. Diese lassen sich in primäre Leistungs-

⁶⁵ vgl. (Gudehus, 2012b S. 937 ff.)

⁶⁶ vgl. (Gudehus, 2012b S. 951 ff.)

anforderungen (Sortiments- und Sendungsanforderungen) und in die daraus ableitbaren sekundären Leistungsanforderungen (Durchsatz- und Bestandsanforderungen) unterteilen.

- Sortimentsanforderungen: Das Liefersortiment leitet sich aus der Programmplanung des Lieferanten und den Anforderungen der Kunden ab. Für die Gestaltung der Lieferkette ist es nötig, das Liefersortiment in Sortimentsklassen zu segmentieren, die lager- und transporttechnisch miteinander verträglich sind. Es sind z.B. Zusammenlagerverbote oder Zusammentransportverbote für eine Optimierung der Lieferkette zu beachten. Für spezielle Waren und Güter sind gesonderte Lieferketten erforderlich, wie z.B. Kühlketten für Frischwaren oder Sicherheitsketten für Gefahrgut.
- Sendungsanforderungen: Als eine Sendung wird eine bestimmte Menge von Waren oder Gütern bezeichnet, die innerhalb einer vorgegebenen Zeit an einen Zielort zu befördern ist. Für die Optimierung der Lieferkette ist die Auswahl, Gestaltung und Abmessung der Ladeeinheiten sowie die Zuweisungskriterien zu den unterschiedlichen Sendungsgrößen von Bedeutung. Für ein anhaltendes Sendungsaufkommen fließt zusätzlich der Mittelwert und die Varianz der Anzahl der Sendungspositionen und der Sendungsgröße mit ein.
- Durchsatzanforderungen: Aus dem Sendungsaufkommen, welches in Sendungen pro Periode angegeben wird, und der Sendungsgröße bzw. -masse ergibt sich der Volumen- oder Massendurchsatz. Für die Optimierung der Distributionsstrukturen ist zu berücksichtigen, dass die Durchsatzwerte stochastischen Schwankungen sowie zeitlichen Veränderungen unterworfen sind. Daher sind Transportkapazitäten und die Durchsatzfähigkeit der Zwischenstationen flexibel auszulegen.
- Bestandsanforderungen: Die Lagerbestände in Zwischenstationen und in Empfangsstellen der Distributionskette sind Optimierungsparameter, welche sich zur Erfüllung der Lieferzeitanforderungen und zur Kostenminimierung nutzen lassen. Die Höhe der Bestände von Waren mit regelmäßigem Bedarf wird in allen Stationen der Lieferkette durch die Bestands- und Nachschubdisposition bestimmt. Berechnet wird sie aus der Höhe der Kundenbestellungen, aus der Lieferzeit der jeweiligen Lieferstelle und dem nötigen Sicherheitsbestand. Sind die Lagerhaltungskosten sowie die Leistungskosten der zuführenden Lieferkette bekannt, so lassen sich die optimalen Nachschubmengen aus dem geplanten oder prognostizierten Absatz pro Periode errechnen.⁶⁷

⁶⁷ vgl. (Gudehus, 2012b S. 950 ff.)

2.9.3 Transportparameter der Distributionsstruktur

Diese Einflussgröße der Distributionslogistik umfasst alle mögliche Verkehrsträger, Transportmittel, Transportarten, Fahrwege, Betriebsarten und Lieferfrequenzen, welche für den Transport zwischen Logistikstationen zum Einsatz kommen.

Für eine Beförderung der Waren zwischen den Stationen der Lieferkette stehen Verkehrsträger wie Straße, Schiene, Binnenwasserweg, Seeweg und Luftraum zur Verfügung. Im praktischen Fall kommen meist nur ein, zwei oder drei in Frage. Die Eigenschaften der zu transportierenden Güter (z.B. flüssiger Zustand, Transportmaße oder Dringlichkeit) sind ausschlaggebend dafür, welches Transportmittel auf den einzelnen Verkehrsträgern eingesetzt wird. Jedes der Transportmittel weist unterschiedliche Transportkapazitäten auf, welche von den Laderaumabmessungen und der zulässigen Nutzlast abhängen. Transportmittel mit großer Kapazität, wie Sattelaufleger, große Containerschiffe und Ganzzüge auf der Schiene haben bei guter Auslastung sehr günstige Fahrwegkosten pro Ladeinheit, aber relativ hohe Grund- und Stoppkosten. Große Transportmittel sind daher besser für Transporte großer Mengen über weite Entfernungen mit wenigen Stopps geeignet.

Die Transportbetriebsarten sind Organisationsformen für Transportfahrten, welche die Wartezeit auf das nächste Transportmittel bestimmt. Es kann zwischen Tourenfahrten und Bedarfstransporten unterschieden werden. Tourenfahrten finden regelmäßig mit einer festen Frequenz oder nach Fahrplan zu festen Zeiten auf geplanten Touren statt. Bedarfstransporte werden im Gegensatz dazu bedarfsabhängig auf unterschiedlichen Routen eingesetzt, wenn eine ausreichend große Landungsmenge oder eine besonders eilige Sendung zum Transport ansteht.⁶⁸

Die Lieferfrequenz ist ein Maß für die Anzahl der für die Landungsbeförderung benötigten Transporteinheiten und gibt somit die Häufigkeit der Belieferungen wieder. Sie ist u.a. von dem Beförderungsbedarf und der Transportmittelkapazität abhängig. Für die Optimierung der Lieferkette gilt, dass die Transportverbindungen zwischen den Stationen soweit gesenkt werden müssen, wie gerade noch mit den geforderten Lieferzeiten verträglich ist. Daher ist die Lieferfrequenz nach der Wahl der Transportmittel der wichtigste Transportparameter.⁶⁹

2.9.4 Belieferungskosten

Für eine Kalkulation der Belieferungskosten sind die Durchsatzwerte des Distributionssystems mit den jeweiligen Leistungskostensätzen für die Logistikleistungen in den Stationen und mit den Transportkostensätzen für die Beförderung zwischen den Stationen zu multiplizieren. Zur Neukonzeption oder der Optimierung

⁶⁸ vgl. (Gudehus, 2012b S. 945 ff.)

⁶⁹ vgl. (Gudehus, 2012b S. 967 ff.)

von Distributionssystemen genügt es, mit Richtwerten für die Leitungskosten, welche auf Abschätzungen und Erfahrungswerten beruhen, zu kalkulieren. Für eine konkrete Entscheidung zur Realisierung sind jedoch die tatsächlichen und aktuellen Kosten nötig. Ein besonderes Problem für die Optimierung der Lieferketten resultiert daraus, dass die Leistungskosten wegen der Mengendegression von der Höhe des Leistungsdurchsatzes und wegen der Fixkosten von der Auslastung der Stationen abhängen.⁷⁰

2.9.5 Sicherheitsstrategien

Sicherheitsstrategien dienen zur Absicherung der Belieferung bei Ausfällen und Verzögerungen. Folgende Strategien sind geeignet:

- Sicherheitsbestände: In bestandsführenden Stationen der Lieferkette werden Sicherheitsbestände angelegt, um die Lieferfähigkeit bei Schwankungen der Wiederbeschaffungszeit und des Bedarfs abzusichern.
- Mengenpuffer: Ankunftsdaten und Abfertigungszeiten können stochastischen Schwankungen unterworfen sein, weshalb ausreichend bemessene Stauräume und Pufferstrecken vorhanden sein müssen.
- Zeitpuffer: Aufgrund von unplanmäßigen Wartezeiten und Schwankungen der Transportzeiten sind angemessene Zeitpuffer einzuplanen, um Fahrpläne pünktlich einhalten zu können.
- Redundanzen: Ausfälle und Störungen einzelner Stationen oder Verbindungen einer Lieferkette können durch Ersatzstationen und Ausweichverbindungen überbrückt werden.⁷¹

2.9.6 Bullwhip-Effekt

Der sogenannte Bullwhip-Effekt wird in mancher deutschsprachigen Literatur auch Peitschenknalleffekt genannt. Dieser beschreibt, dass sich aus einer geringen Bedarfsänderung eines Kunden für den Zulieferer ein Absatzverlauf ergeben kann, der sich mit zunehmendem Abstand von diesem Kunden immer stärker aufschaukelt.

^{72, 73}

⁷⁰ vgl. (Gudehus, 2012b S. 973 ff.)

⁷¹ vgl. (Gudehus, 2012b S. 978 ff.)

⁷² vgl. (Gudehus, 2012b S. 1032)

⁷³ vgl. (Matyas, 2008)

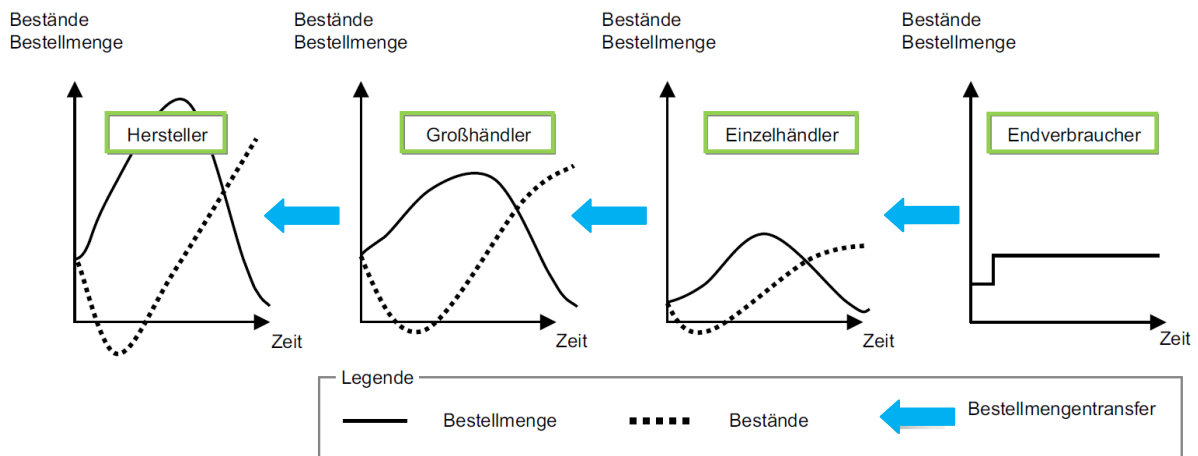


Abbildung 6: Auswirkung des Bullwhip-Effekts auf Bestände und Bestellmengen ⁷⁴

Dieses Verhalten weist sehr unterschiedliche Ursachen auf:

- Die Nachfrageinformationen werden auf jeder Stufe lokal verarbeitet; Dies beinhaltet die Bestimmung der Bestellmengen sowie die Prognose der erwarteten Nachfrage.
- Fehlende Synchronisation von Bedarfsermittlungen und Auslieferungen an Kunden bzw. Belieferungen von Lieferanten; Dies kann sowohl durch veraltete Planungssysteme oder -verfahren als auch durch fehlende Transparenz und Visibilität der Supply Chain hervorgerufen werden.
- Materialplanung und somit auch Bestellung wird zu einem bestimmten Zeitpunkt durchgeführt.
- Das Zusammenfassen von Bestellungen, auch Batchbildung genannt
- Preisschwankungen in Form von z.B. Mengenrabatten
- „Engpasspoker“ bei begrenzten Kapazitäten der Produktion oder Lieferengpässen eines Zulieferers ⁷⁵

Durch gewisse Maßnahmen kann dem Bullwhip-Effekt entgegenwirkt werden. Infolge einer Disposition kostenoptimaler Mengen lässt sich die normale Aufschaukelung der Nachschubströme nicht vermeiden. Speziell bei Artikeln mit anhaltend hohem Bedarf kann jedoch durch kontinuierliche Nachschubauslieferung eine gravierende Ursache dieses Effekts entschärft werden. Durch einen abgestimmten Dispositionsplan mit versetzten Bestelldaten kann diesem Effekt ebenfalls entgegengewirkt werden und durch die daraus resultierende bessere Lieferfähigkeit des Zentrallagers liegt dies im Interesse aller Beteiligten. Durch unabhängiges Disponieren paralleler Bedarfsstellen führt die Summe des stochastischen Bedarfs einer gemeinsamen Lieferstelle zu einer Glättung der Bedarfsschwankungen. Weiters wirken diesbezüglich gewisse Pufferbestände in Bedarfsstellen dämpfend auf Endverbraucherschwankungen.

⁷⁴ vgl. (Schuh, et al., 2013 S. 25)

⁷⁵ vgl. (Alicke, 2005 S. 99 ff.)

Engpasssituationen lassen sich durch eine zentral gesteuerte Disposition unter Einhaltung von Engpassstrategien entschärfen. Hierbei ist rechtzeitiges und planvolles Handeln von großer Bedeutung, wobei Panik- und Hamsterbestellungen vermieden werden müssen. Der Bullwhip-Effekt kann durch spekulatives Marktverhalten, das außerhalb der Einflussmöglichkeiten der Disposition liegt und somit auf diesem Wege nicht reduziert werden kann, begünstigt werden.⁷⁶

2.9.7 Einsparungspotential durch Zusammenfassen von Standorten

Durch Zentralisieren von Beständen lässt sich der Gesamtbestand eines Distributionssystems senken. Auf Basis der klassischen Losgrößenformel, die einen Zusammenhang zwischen der optimalen Bestellmenge und dem Bedarf, den Stückkosten sowie dem Lagerfaktor darstellt⁷⁷, folgt durch das Zusammenfassen der Parameter folgende Formel:

$$m_{Bopt} = F_L * \sqrt{\lambda_{VE}}$$

Formel 1: Optimaler Lagerbestand

m_{Bopt} ... optimaler Lagerbestand

F_L ... Lagerstrukturfaktor

λ_{VE} ... Periodenverbrauch

Der Lagerstrukturfaktor F_L ist abhängig von den Dispositionsparametern, den Kostensätzen und der geforderten Lieferfähigkeit des betreffenden Lagers.

Der Gesamtverbrauch des Artikels A in den Lagern L_i mit einem jeweiligen Verbrauch von λ_{Ai} der dezentralen Verbrauchsstellen VS_i , $i = 1, \dots, N$, ist

$$\lambda_A = \sum_{i=1}^N \lambda_{Ai}$$

Formel 2: Gesamtverbrauch

λ_A ... Gesamtverbrauch Artikel A

λ_{Ai} ... Verbrauch Artikel A in dezentraler Verbrauchsstelle

Bei optimaler Disposition ergeben sich mit den dezentralen Verbräuchen gemäß Formel 1 die Einzelbestände der jeweiligen dezentralen Lager in Formel 3.

$$m_{BAi} = F_{DL} * \sqrt{\lambda_{Ai}}$$

Formel 3: Einzelbestände dezentrale Lager

⁷⁶ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1032 ff.)

⁷⁷ vgl. (Sihn, et al., 2010 S. 35)

$m_{BAi} \dots$ Einzelbestände

$F_{DL} \dots$ Lagerstrukturfaktor dezentrale Lager

Aus einem zentralisierten Verbrauch, wie in Formel 2, resultiert bei optimaler Disposition der Zentralbestand aus Formel 4.

$$m_{ZBA} = F_{ZL} * \sqrt{\lambda_A}$$

Formel 4: Zentralbestand

$m_{ZBA} \dots$ Zentralbestand Artikel A

$F_{ZL} \dots$ Lagerstrukturfaktor Zentrallager

Werden Formel 3 und Formel 4 nach λ_{Ai} bzw. λ_A aufgelöst und die Ergebnisse in Formel 2 eingesetzt, folgt daraus der Zentralisierungssatz für den Artikelbestand. Die Summe der dezentralen Artikelbestände reduziert sich mit optimaler Nachschubdisposition auf einen Zentrallagerbestand von

$$m_{ZBA} = \frac{F_{ZL}}{F_{DL}} * \sqrt{\sum_i m_{BAi}^2}$$

Formel 5: Zentrallagerbestand Artikel A

Unter der Annahme, dass die Artikel in den dezentralen Lagern gleiche relative Gängigkeit aufweisen, folgt aus Formel 5 der Zentrallagerbestand mit

$$m_{ZB} = \frac{F_{ZL}}{F_{DL}} * \sqrt{\sum_i m_{BAi}^2}$$

Formel 6: Wurzelsatz für die Zentralisierung von Beständen

$m_{ZB} \dots$ Zentrallagerbestand

Dieser Zusammenhang wird auch Wurzelsatz für die Zentralisierung von Lagerbeständen genannt.⁷⁸

Weisen die dezentralen Lager gleichen Bedarf und gleiche Lagerstrukturfaktoren auf, ($F_{ZL} = F_{DL}$), vereinfacht sich die Zentralisierungsregel für Bestände zu folgender Faustregel:

„Durch Zentralisierung der Bestände aus N_L dezentralen Lagern mit den gleichen Sortimenten und den gleichen Verbräuchen lässt sich der Gesamtbestand in einem

⁷⁸ vgl. (Gudehus, 2012a S. 362 ff.)

*Zentrallager bei optimaler Bestands- und Nachschubdisposition um einen Faktor $1/\sqrt{N_L}$ gegenüber dem Summenbestand der dezentralen Lager senken."*⁷⁹

2.9.8 Virtuelles Zentrallager

Bei der Theorie des virtuellen Zentrallagers werden Bestände des Distributionsnetzwerks über eine Computersoftware zentral verwaltet und überwacht. Bestände als auch Kosten dezentraler Lager können durch dieses Vorgehen erheblich reduziert werden, was neue Potentiale für das Netzwerkmanagement eröffnet.

Um die Lieferfähigkeit der einzelnen Lagerstandorte einzuhalten, gibt es zwei Möglichkeiten. Die eine ist die Bildung eines ausreichend großen Sicherheitsbestands jedes einzelnen Lagers. Die andere Möglichkeit ist, dass sich die einzelnen Lager einen gemeinsamen virtuellen Gesamtsicherheitsbestand teilen. Voraussetzung für letztere Strategie ist, dass jedes Lager, welches nicht mehr lieferfähig ist, auf die Bestände anderer (benachbarter) Lager zugreifen kann, um von diesem mit Nachschub beliefert zu werden. Abgesehen von Zeitverlusten ist dies jedoch mit zusätzlichen Transport-, Handlings- und Abwicklungskosten verbunden, welche in der Regel höher sind als jene Kosten für einen Sicherheitsbestand der einzelnen Standorte. Mit steigender Anzahl der Lager und der Höhe der Nachschubauftragskosten steigt ebenfalls die Kosteneinsparung und die Bestandssenkung bei einer Zentraldisposition nach der Strategie des virtuellen Zentrallagers.

Für ein zweistufiges Distributionsnetz führen folgende Dispositionsstrategien zu minimalen Kosten und optimalen Beständen:

- Nachschub und Bestände in den Zentrallagern, welche ihren Nachschub direkt aus der Produktion erhalten, werden nach der Strategie des virtuellen Zentrallagers zentral disponiert.
- Lagerhaltige Artikel, Aufträge, Nachschub und Bestände in den den Zentrallagern nachfolgenden Lagerstufen werden unabhängig voneinander dezentral und kostenoptimal disponiert.
- Die Lieferfähigkeit der Kundenbelieferung wird durch Minimierung der Risikokosten aus den Fehlmengenkosten abgeleitet oder ist durch die Anforderung des Marktes oder der Kunden vorgegeben. Gleiches gilt für die Lieferzeiten.
- Die Lieferfähigkeiten der vorangegangenen Lieferstellen sind retrograd von Stufe zu Stufe so festzulegen, dass die Summe aller Sicherheitskosten im System minimal wird.

⁷⁹ (Gudehus, 2012a S. 364)

- Um den Bullwhip-Effekt durch das Zusammentreffen vieler Auslieferungen an einem Tag zu vermeiden, erhalten die aus dem Zentrallager belieferten Lager ihren Nachschub an verteilten Tagen.
- Wird am selben Tag der Nachschubanlieferung an ein Zentrallager ein Regionallager oder ein Großabnehmer beliefert, so wird dies ohne Zwischenlagerung im Crossdocking-Verfahren am gleichen Tag wieder ausgeliefert.
- Großbestellungen, welche von einer dem Zentrallager nachfolgenden Logistikstation ausgehen und größer sind als die halbe optimale Nachschubmenge, werden als Direktauftrag an die Produktion weitergeleitet. Nach Fertigstellung werden diese Bestellungen bei Ganz- und Teilladungen direkt ausgeliefert.

Um die Theorie des virtuellen Zentrallagers umzusetzen, ist es notwendig, dass die zentrale Dispositionsstelle den täglichen Bestelleingang sowie die aktuellen Bestände jener Lager kennt, welche unmittelbar aus der Produktion beliefert werden. Diese Voraussetzung ist innerhalb des Distributionssystems eines Herstellers über das interne IT-Netz erfüllbar. Lagerstätten und Großabnehmer können von der Strategie des virtuellen Zentrallager profitieren, wenn diese bereit sind, die Disposition der betreffenden Bestände der zentralen Dispositionsstelle des Produzenten zu überlassen.⁸⁰

Auf weitere Einflussgrößen, wie z.B. Distributionsstrukturen, Strategieparameter, Belieferungsstrategien, Transportnetze usw. wurde bereits in einem vorhergehenden Abschnitt eingegangen.

2.10 Warehouse- und Hub-Location-Problem

Betriebliche Standortplanungsprobleme sind häufig dadurch gekennzeichnet, dass beeinflussende Faktoren berücksichtigt werden müssen. Den wichtigsten Einfluss haben hierbei durch Transporte verursachte Kosten, aber auch Kosten der Errichtung von Standorten. Im Folgenden werden Standortplanungsverfahren erläutert, die diese Faktoren berücksichtigen.⁸¹

a) Steiner-Weber Modell

Ist das Ziel z.B., ein neues Distributionszentrum zu errichten und es ist kein potenzieller Standort bekannt, so steht die gesamte Ebene für die Errichtung zur Verfügung.

Die Standorte der i Kunden mit ihren Koordinaten (x_{Ki}, y_{Ki}) sowie der Bedarf d_i ist bekannt. Das Steiner-Weber Modell bestimmt mit diesen Werten den

⁸⁰ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1024 ff.)

⁸¹ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 97)

kostenminimalen Standort, der durch die Koordinaten (x, y) beschrieben wird. Zu den Annahmen dieses Modells zählen:

- Jeder Punkt der Ebene ist ein möglicher Standort.
- Die Entfernungen zwischen den Kunden und dem Standort sind durch euklidische Distanzen ermittelbar.
- Der Transportkostensatz c_T ist für alle Transporte pro Entfernungseinheit gleich.

Aus der Distanz a_i vom Standort zu den Kunden, die mit der Formel

$$a_i = \sqrt{(x - x_{Ki})^2 + (y - y_{Ki})^2}$$

berechnet wird, folgen die Gesamttransportkosten C_{ges} .

$$C_{ges} = c_T * \sum_i d_i * a_i = c_T * \sum_i d_i * \sqrt{(x - x_{Ki})^2 + (y - y_{Ki})^2}$$

Das Kostenminimum, das durch die partiellen Ableitungen $\frac{\partial C_{ges}}{\partial x} = 0$, $\frac{\partial C_{ges}}{\partial y} = 0$ errechnet wird, bestimmt die Koordinaten des neuen kostenminimalen Standorts. Numerisch sind diese Ableitungen jedoch nicht lösbar, weshalb Näherungsverfahren wie das Schwerpunktverfahren oder das Iterationsverfahren von Miehle herangezogen werden.

Die Schwächen dieses Modells stellen die bereits beschriebenen Annahmen dar. So wird der Transportkostensatz in realen Systemen nicht immer konstant sein. Weiters stehen in Realität auch nicht alle Standorte in der Ebene zur Verfügung, sondern müssen lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Für eine erste Näherung ist dieses System jedoch gut geeignet.⁸²

b) ADD-Heuristik

Bei dieser Methode wird ebenfalls davon ausgegangen, dass vorerst kein Standort ausgewählt wurde. Im ersten Schritt wird auf ähnliche Arte und Weise zum Steiner-Weber Modell jener Standort ermittelt, der unter Berücksichtigung aller Bedarfsorte diese am kostengünstigsten versorgen kann. Im Weiteren wird nun berechnet, ob durch das Einführen weiterer Standorte Ersparnisse realisiert werden können. Wenn das der Fall ist, kommt dieser zum ersten Standort hinzu. Daraus resultiert auch der Name dieser Methode. Es werden Standorte mit Einsparungspotential hinzugefügt (englisch „to add“). Ist keine Einsparung mehr möglich oder übersteigen die Fixkosten des Eröffnen eines neuen Standorts die eingesparten Kosten, so wird diese Methode abgebrochen.

Im Folgenden wird dieses Modell zur besseren Verständlichkeit anhand eines kurzen und sehr einfachen Beispiels erläutert.

Schritt 1

Als Erstes wird die sogenannte Entfernungsmatrix erstellt. Diese beinhaltet die Distanzen von den möglichen Standorten zu den Kunden bzw. deren Regionen.

⁸² vgl. (Alicke, 2005 S. 78 ff.)

Weiters wird der jeweilige Bedarf den jeweiligen Kunden zugeordnet und der Transportkostensatz definiert. Unabhängig von der Währung wird der Transportkostensatz mit Geldeinheiten (GE) angegeben. Dies ist aus Abbildung 7 ersichtlich, welche einen Auszug aus einer Excel-Tabelle darstellt.

A1		f _{sc}			Entfernungsmatrix		
	A	B	C	D	E	F	
1	Entfernungsmatrix						
2		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3			
3	Standort 1	26	30	16			
4	Standort 2	33	39	36			
5	Standort 3	65	7	12			
6	Standort 4	26	39	59			
7							
8	Bedarfsaufschlüsselung						
9		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3			
10	Bedarf	45	70	30			
11							
12	Transportkosten						
13	Transportkostensatz	c _T [GE]	8				

Abbildung 7: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 1

Schritt 2

Im zweiten Schritt wird die Kostenmatrix erstellt. Es wird jener Standort ermittelt, von welchem aus die geringsten Kosten entstehen, um das gesamte System zu versorgen. Die Belieferungskosten der jeweiligen Standorte an die jeweiligen Kunden ergeben sich aus der Multiplikation der Distanz zum Kunden, des Kundenbedarfs und des Transportkostensatzes. Anschließend wird noch die Summe aus den Belieferungskosten und den Fixkosten des Standorts gebildet. Aus dem Vergleich mit den anderen Werten folgt, dass, wie in Abbildung 8 dargestellt, Standort 1 für eine Belieferung des gesamten Systems am günstigsten ist.

B17		=B3*B\$10*\$C\$13					
	A	B	C	D	E	F	
1	Entfernungsmatrix						
2		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3			
3	Standort 1	26	30	16			
4	Standort 2	33	39	36			
5	Standort 3	65	7	12			
6	Standort 4	26	39	59			
7							
8	Bedarfsaufschlüsselung						
9		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3			
10	Bedarf	45	70	30			
11							
12	Transportkosten						
13	Transportkostensatz	c_T [GE]	8				
14							
15	Kostenmatrix				Fixkosten	gesamt	
16		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3	f_i	Σ	
17	Standort 1	9360	16800	3840	110	30110	
18	Standort 2	11880	21840	8640	330	42690	
19	Standort 3	23400	3920	2880	220	30420	
20	Standort 4	9360	21840	14160	330	45690	

Abbildung 8: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 2

Schritt 3

Im dritten Schritt wird festgestellt, ob durch das Öffnen eines weiteren Standorts sich Ersparnisse gegenüber dem bereits eingeführten Standort 1 ergeben. Die dafür nötigen Berechnungen werden in Abbildung 9 dargestellt, das wiederum ein Auszug aus der Excel-Berechnungstabelle ist. Dazu wird zu Beginn die Differenzmatrix erstellt. In dieser wird die Differenz zwischen dem im vorherigen Schritt eingeführten Standort (hier Standort 1) und dem jeweiligen noch möglichen Standort gebildet. In dem angeführten Beispiel ergibt sich bei Standort 4 und Kunde 3 eine Differenz von $3.840 \text{ GE} - 14.160 \text{ GE} = -10.320 \text{ GE}$. Da dies keine Ersparnis gegenüber dem bereits eröffneten Standort 1 ergibt, muss dieser Wert in der Ersparnismatrix null gesetzt werden. Auf gleiche Art und Weise werden die noch fehlenden Werte in diese Matrix eingetragen. Anschließend werden noch von der Summe der jeweiligen Ersparnisse der Standorte die Fixkosten dieses abgezogen und mit den übrigen Alternativen verglichen. In diesem Beispiel ist ersichtlich, dass nur noch durch Standort 3 eine Ersparnis eintritt bzw. hierbei die Ersparnis am größten ist. Somit werden die Standorte 1 und 3 realisiert, wodurch sich Fixkosten von $110 \text{ GE} + 220 \text{ GE} = 330 \text{ GE}$ ergeben. Die Kunden 2 und 3 werden durch Standort 3 beliefert, wobei sich Kosten von $3.920 \text{ GE} + 2.880 \text{ GE} = 6.800 \text{ GE}$ ergeben. Die Belieferung von Kunde 1 durch Standort 1 kostet 9.360 GE , woraus gesamte Belieferungskosten von $9.360 \text{ GE} + 6.800 \text{ GE} = 16.160 \text{ GE}$ entstehen. In Summe ergeben sich somit Kosten von 16.490 GE . Durch das Eröffnen des weiteren Standorts 3 wurden 13.620 GE eingespart.

Dieses Verfahren kann theoretisch auf äquivalente Art und Weise fortgesetzt werden. Es wird abgebrochen, sollten sich keine Einsparungen mehr ergeben oder die Fixkosten der Standorte die eingesparten Kosten übersteigen.^{83, 84}

D26 f_{sc} =D\$17-D20						
	A	B	C	D	E	F
1	Entfernungsmatrix					
2		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3		
3	Standort 1	26	30	16		
4	Standort 2	33	39	36		
5	Standort 3	65	7	12		
6	Standort 4	26	39	59		
7						
8	Bedarfsaufschlüsselung					
9		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3		
10	Bedarf	45	70	30		
11						
12	Transportkosten					
13	Transportkostensatz	c_T [GE]	8			
14						
15	Kostenmatrix				Fixkosten	gesamt
16		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3	f_i	Σ
17	Standort 1	9360	16800	3840	110	30110
18	Standort 2	11880	21840	8640	330	42690
19	Standort 3	23400	3920	2880	220	30420
20	Standort 4	9360	21840	14160	330	45690
21						
22	Differenzmatrix				Fixkosten	Ersparnis
23	Standort 1	0	0	0	0	
24	Standort 2	-2520	-5040	-4800	330	
25	Standort 3	-14040	12880	960	220	
26	Standort 4	0	-5040	-10320	330	
27						
28	Ersparnismatrix				Fixkosten	Ersparnis
29		Kunde 1	Kunde 2	Kunde 3	f_i	Σ
30	Standort 1	0	0	0	0	0
31	Standort 2	0	0	0	330	-330
32	Standort 3	0	12880	960	220	13620
33	Standort 4	0	0	0	330	-330

Abbildung 9: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 3

c) Heuristische Metastrategien

Diese Methoden gehen prinzipiell genauso vor, es werden jedoch vorübergehend auch Verschlechterungen der Lösung zugelassen.⁸⁵

⁸³ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 97 ff.)

⁸⁴ vgl. (Schmidt, 2011)

⁸⁵ vgl. (Arnold, et al., 2008 S. 97 ff.)

Abgesehen von den soeben erläuterten Methoden werden in der Literatur noch eine Vielzahl weiterer betrachtet.

Diese Art der Berechnung, wie z.B. das Steiner-Weber Modell, lässt sich auf unterschiedlich große Systeme anwenden. So können gewisse Regionen ausgewählt werden, in welchen sodann die optimalen Standorte bestimmt werden. Für diese Gebietseinteilungen haben sich folgende Prinzipien bewährt:

- Prinzip der minimalen Anzahl:
Die Anzahl der Gebiete soll so klein wie möglich sein, sodass ebenso die Anzahl der Standorte gering ist. Deren Fixkosten verteilen sich sodann auf einen hohen Durchsatz.
- Prinzip der notwendigen Anzahl:
Durch die maximale Reichweite der Auslieferungsfahrzeuge wird die maximale Größe der Gebiete nach oben hin begrenzt. Daraus und aus der gewünschten Abdeckung des Servicegebiets resultiert die minimal notwendige Anzahl an Gebieten.
- Prinzip des ausgeglichenen Ladungsaufkommens:
Die Gebiete werden so eingeteilt, dass ein annähernd gleiches Ladungsaufkommen entsteht. Dadurch werden die Umschlagpunkte nicht zu unterschiedlich belastet und es entstehen gleichmäßigere Transporte.
- Prinzip der Gebietsteilung:
Ist das Sendungsaufkommen eines Gebiets so groß, dass ein Standort keine Kostendegression mehr aufweist, so wird das Gebiet aufgeteilt und von zwei Standorten bedient, sodass Gebiete mit beinahe gleichem Sendungsaufkommen entstehen.

Es hat sich gezeigt, dass in der Praxis eine relativ grobe Gebietseinteilung, z.B. auf Basis von zweistelligen Postleitzahlen, ausreichend ist. Die genaue Lage der Standorte ergibt sich während der Realisierung aus bestehenden Möglichkeiten und den vorhandenen Restriktionen. Die Zuordnung der Empfangsstellen zu den Standorten wird im Weiteren von der konkreten Tourenplanung bestimmt und kann sich im Laufe der Zeit verändern.⁸⁶

⁸⁶ vgl. (Gudehus, 2012b S. 992 ff.)

3 Beschreibung des Praxisfalls und Analyse des Ist-Zustands

Diese Diplomarbeit wurde bei einem oberösterreichischen Produktionsunternehmen durchgeführt, welches über 90 % der Produkte exportiert und damit einen Umsatz von deutlich über 200 Millionen Euro erwirtschaftet. Auf eine detaillierte Beschreibung des Unternehmens und der Produkte muss an dieser Stelle auf Grund der Verschwiegenheitsverpflichtung verzichtet werden.

Im Folgenden wird auf das Praxisbeispiel eingegangen, wobei es sich um das Distributionsnetzwerk dieses Produktionsunternehmens handelt. Die durchzuführenden Aufgaben bestehen darin, das bestehende Netzwerk transparent zu visualisieren und zwei mögliche Umgestaltungsszenarien an einem länder-spezifischen Beispiel zu entwickeln. Zu Beginn wird das bestehende System beschrieben, um im Weiteren eine Analyse des Ist-Zustands, die eine Warenstromanalyse und geografische Visualisierungen beinhaltet, durchzuführen. Das bestehende System wird mit Hilfe dieser Methoden transparent dargestellt, wobei im Anschluss die gewonnenen Informationen verwendet werden, um Verbesserungsszenarien zu erarbeiten und zu bewerten.

3.1 Allgemeine Beschreibung des Distributionssystems

Die Produkte des Unternehmens werden im Zentralraum Oberösterreichs produziert und von dort aus zu Kunden in 70 Staaten vertrieben. Das Unternehmen ist in verschiedenen Staaten Europas durch Niederlassungen vertreten, wobei jene Exportmärkte ohne Niederlassung über Direktimporteure beliefert werden. Auf folgender Abbildung 10 sind jene Staaten Europas, die über eine Niederlassung verfügen, in hellblau, sowie die Niederlassungen selbst mit dunkelblauen Punkten gekennzeichnet. Von diesen Standorten aus werden die Produkte durch Verkaufsfahrer an Kunden geliefert. Weiters besteht die Möglichkeit, Kunden über Direktbelieferungen ab Werk mit Produkten zu versorgen. Im Jahr 2013 wurden über 74.000 Tonnen an Kunden abgesetzt.



Abbildung 10: Staaten mit Niederlassungen sowie deren Position

3.2 Warenstromanalyse

Im Rahmen der Beschreibung des Ist-Zustands wird mit Hilfe der Warenstromanalyse eine Übersicht geschaffen, um das vorhandene System transparent zu visualisieren, die vertriebene Masse aufzuzeigen und regionale sowie internationale Anteile an den jeweiligen Distributionswegen darzustellen. Die Warenstromanalyse stellt im Weiteren die Basis zur Analyse möglicher Umgestaltungsszenarien dar. Die Untersuchungen werden für den Zeitraum von 14 Monaten zwischen Jänner 2013 und einschließlich Februar 2014 durchgeführt und auf die transportierten Massen bezogen.

3.2.1 Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum im gesamten Netzwerk

Bei der Distribution der Produkte wird zwischen Absatzpfaden und Absatzkanälen unterschieden. Der Absatzpfad beschreibt, auf welche Art die Waren zum Endabnehmer gelangen. Hierbei kann es sich um einen direkten oder indirekten Pfad handeln. Unter einem Absatzkanal wird jener Weg verstanden, auf dem sich ein Produkt von der Produktion zum Endabnehmer befindet. Es kann sich zum Beispiel um Original Equipment Manufacturer (OEM) oder Exporteure handeln. Weiters wird auf Absatzmengen in den Zielmärkten, saisonale Schwankungen und die geografische Verteilung eingegangen.

Absatzpfade:

Das Distributionsnetzwerk wird dadurch charakterisiert, dass von der Produktionsstätte die Produkte über zwei Absatzpfade vertrieben werden. Das Unternehmen ist in verschiedenen Staaten Europas durch Niederlassungen vertreten, über welche ein Teil der Produkte durch eine zweistufige Distributionskette vertrieben werden. Der Transport erfolgt vom Werk in Regionallager (RL) bzw. Niederlassungen (NL), wovon das Produkt im Anschluss regional und, bis auf wenige Ausnahmen, national ausgeliefert wird. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die Begriffe Regionallager und Niederlassung gleichbedeutend eingesetzt.

Der zweite Absatzpfad wird über den direkten Weg vom Werk zum Kunden realisiert, wobei es sich hierbei um Kunden unterschiedlicher Art, wie z.B. ausländische Direktimporteure oder Großkunden, handelt. Die Distributionssysteme sind in folgender Abbildung 11 dargestellt:

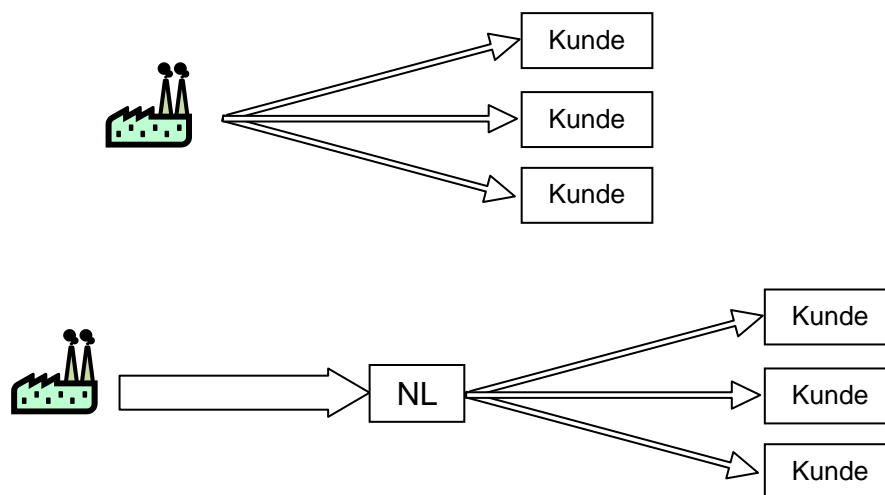


Abbildung 11: Distributionssysteme; oben: direkt; unten: zweistufig über Niederlassung

Im Untersuchungszeitraum wurden rund 86.130 Tonnen an Kunden geliefert, wovon 93,95 % exportiert wurden und somit lediglich 6,05 % in Österreich verblieben. Gemessen am Gesamtabsatz wurden 56,56 %, was 48.717 Tonnen entspricht, über den direkten Absatzpfad exportiert und 43,44 % über Niederlassungen an Kunden vertrieben.

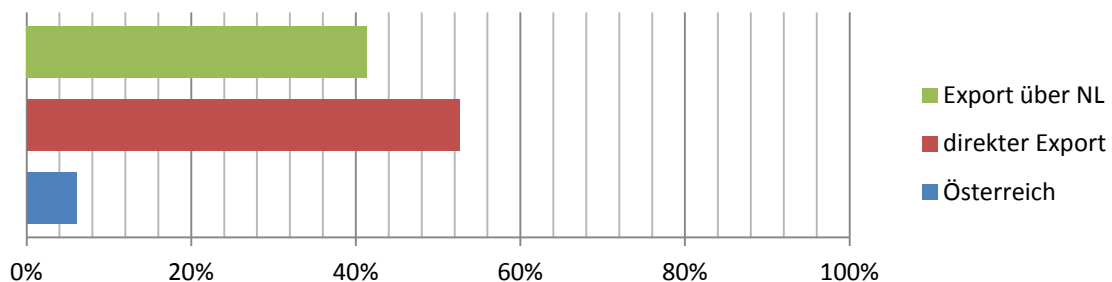


Abbildung 12: Nationaler Vertrieb vs. Export

Jene 56,56% der Gesamtmasse, die über den direkten Pfad abgesetzt wurden, entsprechen lediglich 3,93 % der durchgeführten Lieferscheinpositionen im Untersuchungszeitraum. Dadurch wird deutlich, dass es sich bei Direktlieferungen großteils um Lose größeren Umfangs, mit einem Mittelwert je Lieferscheinposition von ca. 2.548 kg handelt, wohingegen der Mittelwert pro Lieferscheinposition der Belieferung eines Kunden durch eine Niederlassung bei etwa 80 kg liegt.

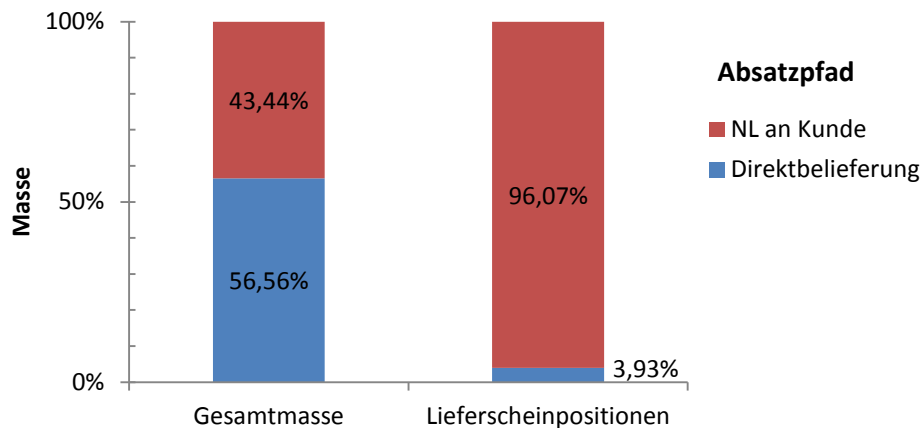


Abbildung 13: Anteile Direktbelieferung gegenüber Kundenbelieferung durch Niederlassung sowie Anteilsmäßige Lieferscheinpositionen

Absatzkanäle:

Für den Absatz der Produkte kommen verschiedene Kanäle zum Einsatz:

- Niederlassung an Kunden indirekt und direkt
- Export
- Italien
- Original Equipment Manufacturer (OEM)
- Original Equipment Service (OES)

Die über Niederlassungen belieferten Kunden werden selbsterklärend über den Kanal der Niederlassungen versorgt. Ausgelöst durch eine Niederlassung kann auf diesem Kanal, ab einer bestimmten Belieferungsmenge, auch eine Direktbelieferung durchgeführt werden. Über diesen Kanal wurde, inklusive der durch Niederlassungen ausgelösten Direktbelieferungen, 47,41 % der veräußerten Masse im Untersuchungszeitraum abgesetzt. Waren werden ebenfalls über Direktimporteure ins Ausland transportiert, die in dem Kanal Export zusammengefasst werden, wobei Italien als eigenständiger Absatzkanal behandelt wird. Einen weiteren Kanal stellen OEM und OES Belieferungen dar. Für einen besseren Überblick der eingesetzten Kanäle werden diese anteilmäßig in Abbildung 14 dargestellt.

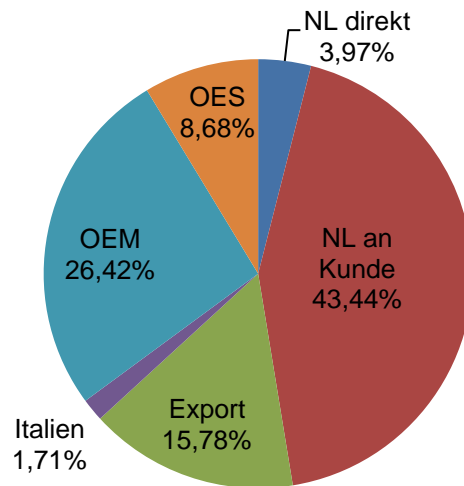


Abbildung 14: Vergleich der Absatzkanäle

Absatzmengen in den Zielmärkten:

Eine geringe Anzahl der belieferten Staaten, auf welche zu einem späteren Zeitpunkt noch genauer eingegangen wird, sind für einen Großteil der abgesetzten Masse verantwortlich. Dies wird in Abbildung 15 dargestellt. Etwa 90 % der veräußerten Masse wurde in nur 14 der 70 belieferten Staaten vertrieben. Wobei, wie in dieser Abbildung deutlich sichtbar, der Absatz in Deutschland von besonderer Bedeutung ist, da in diesen Markt beinahe 45 % der Masse abgesetzt wurde.

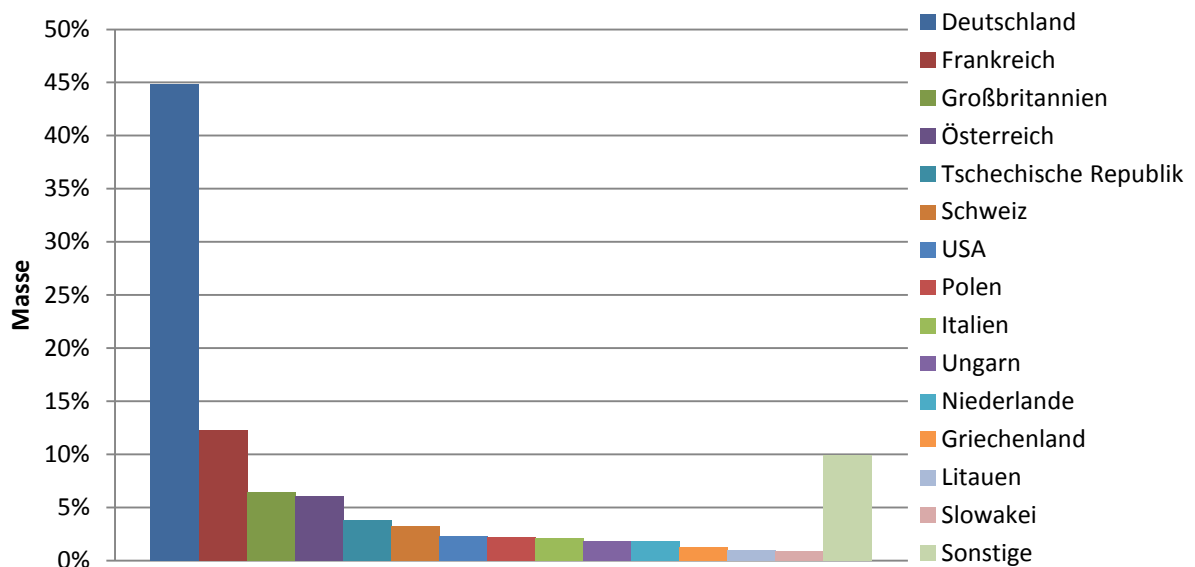


Abbildung 15: Verteilung der Absatzmengen auf Staaten

Saisonale Schwankungen:

Wie anhand der Absatzzahlen zu erkennen ist, ist der Absatz saisonalen Schwankungen unterworfen, was durch Abbildung 16 deutlich wird. Dies ist besonders bei den Exporten zu sehen. Die Absätze konnten sich gegenüber einem

Tief von März bis Juli um mehr als 410 % im Oktober steigern. Ein ähnliches Bild weisen die Kundenabsätze auf, welche sich gegenüber einem Tief im Mai und Juli um 225 % im September und Oktober steigern konnten. Im Gegensatz dazu weisen die Absätze an OEM im Untersuchungszeitraum eher einen negativen Trend auf. Die beiden Absatzkanäle Italien und OES geben wiederum den saisonalen Trend wieder.

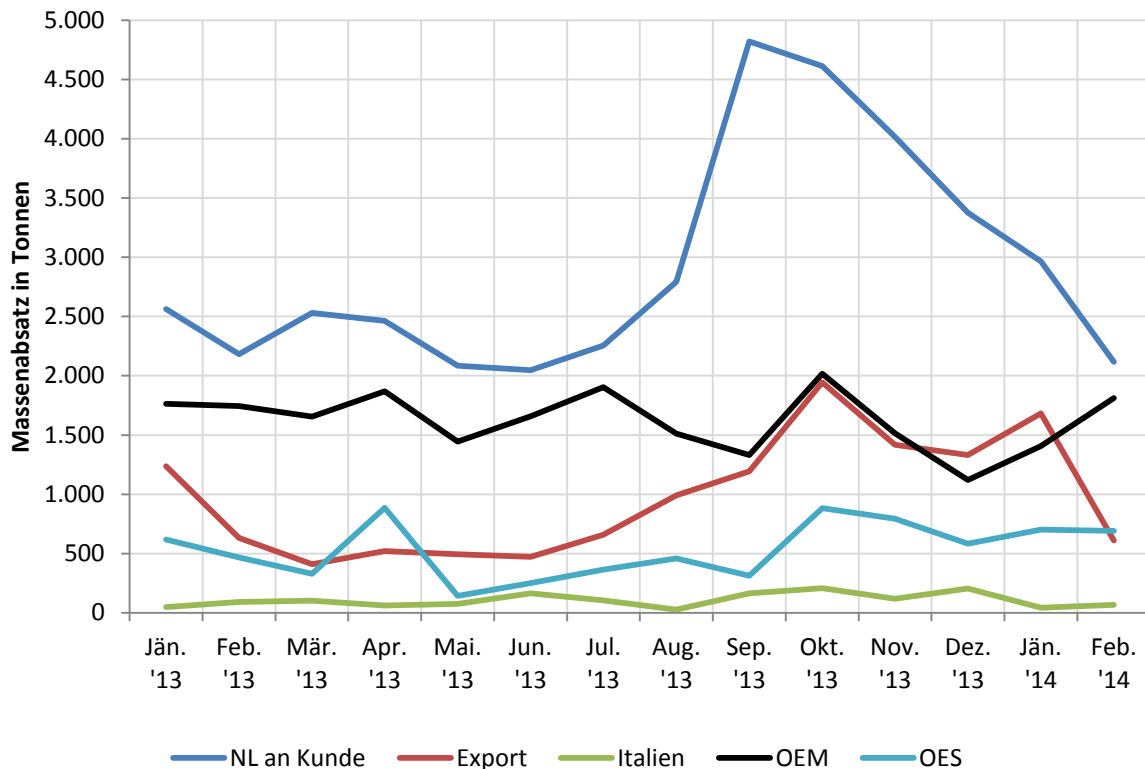


Abbildung 16: Zeitlicher Verlauf Absatzkanäle im Untersuchungszeitraum

Im Untersuchungszeitraum kam es auch zu Warenströmen zwischen Niederlassungen. Gemessen am Gesamtabsatz zum Kunden von 86.130 Tonnen flossen ca. 0,20 % zwischen Niederlassungen, was ca. 173 Tonnen entspricht. Eine detaillierte Analyse dieser Bewegungen wird aufgrund der geringen Masse nicht durchgeführt.

Geografische Verteilung:

Anhand der geografischen Verteilung der abgesetzten Masse ist zu erkennen, dass sich der Kernmarkt des Unternehmens in Europa befindet. Abgesehen von den Vereinigten Staaten von Amerika befinden sich die 28 meistbeliefernten Staaten in Europa und decken ein Volumen von knapp 97 % der Gesamtbelieferungen ab. Eine detaillierte Auflistung der belieferten Staaten sowie eine Differenzierung der Belieferungspfade und -kanäle der jeweiligen Länder in Bezug auf die abgesetzten Massen ist im Anhang in Tabelle 25 zu finden. Wie auch schon in Abbildung 15 dargestellt, konzentriert sich der Großteil der Absätze auf eine geringe Anzahl von Staaten. Dies wird ebenso in Abbildung 17 deutlich, auf welcher der europäische Raum zu sehen ist, sowie die regionalen Absatzmengen. In den folgenden

Abbildungen, welche die geografische Verteilung der Massen darstellen, gibt die Höhe der Säulen das Verhältnis der abgesetzten Masse zueinander an.

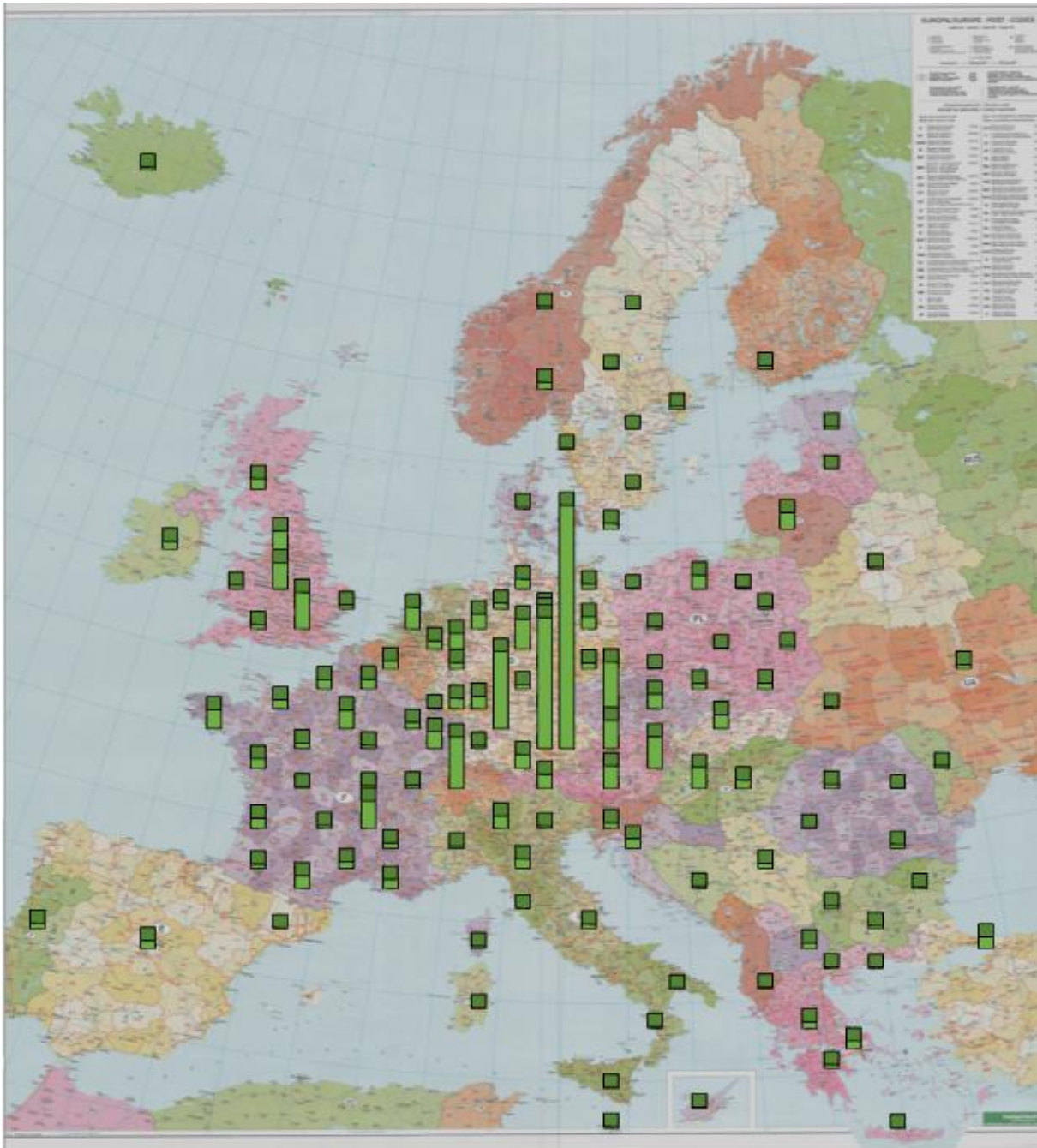


Abbildung 17: Regionaler Absatz in Europa gesamt

3.2.2 Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum, regionale Betrachtung von Deutschland, Frankreich und Österreich

Im Folgenden werden die Zielmärkte in Deutschland und Frankreich aufgrund ihrer großen Bedeutung für den Gesamtabsatz sowie der heimische Markt in Österreich gesondert betrachtet. In Summe werden in Deutschland und Frankreich rund 57 % der Produkte abgesetzt.

a) Deutschland

Deutschland stellt mit einem Anteil von 44,79 % am Gesamtabsatz den wichtigsten Markt dar. Wie in Abbildung 18 dargestellt, setzt sich der Absatz aus knapp 79 % Direktbelieferung und etwa 21 % Belieferung durch Niederlassungen zusammen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass ein Großteil der an Deutschland gelieferten Produkte vom Werk an OEM bzw. deren Ersatzteilversorgung geht. Die Bedeutung der einzelnen Niederlassungen innerhalb des deutschen Markts und die direktbelieferten Kanäle, hier mit Blautönen markiert, werden ebenfalls in nachfolgender Abbildung dargestellt.

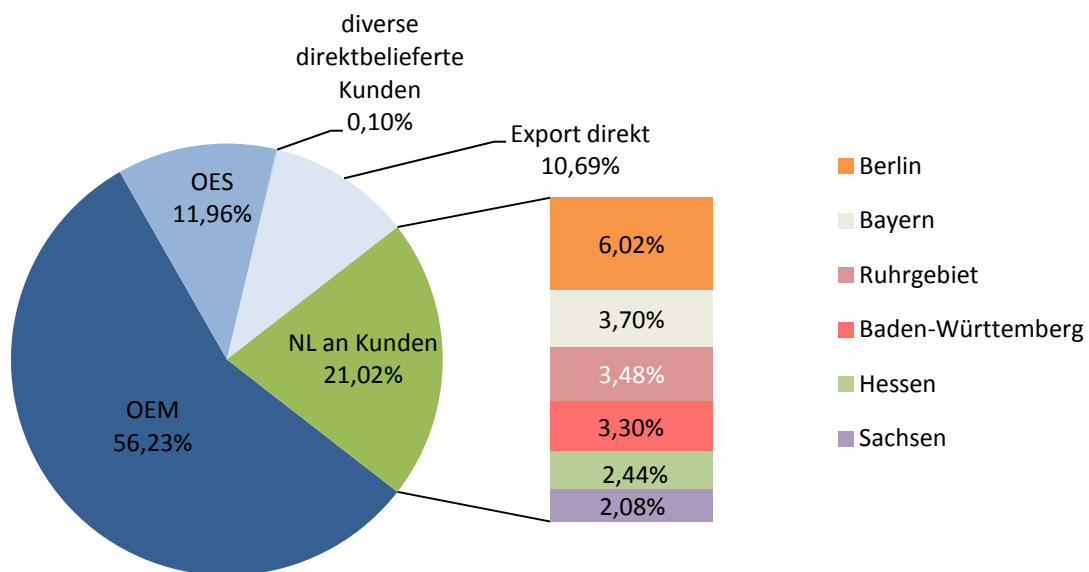


Abbildung 18: Absatzverteilung in Deutschland und Bedeutung der Niederlassungen am deutschen Markt

Die größte Bedeutung hat die Niederlassung in Berlin, da diese den größten Umsatz der deutschen Niederlassungen aufweist. Deutschland ist neben Österreich der einzige Markt, der eine so große Anzahl an Niederlassungen aufweist. Aufgrund der großen Absatzmenge am deutschen Markt liegt die umgesetzte Masse der einzelnen Niederlassungen im Durchschnitt. In Abbildung 19 ist die geografische Verteilung der Niederlassungen sowie deren mengenmäßige Bedeutung in Deutschland ersichtlich. Es wurden etwa 80 % aller direkt an den Kunden gelieferten Produkte in die südöstlichen Landesteile geliefert, was 28,3 % aller abgesetzten Produkte des Unternehmens entspricht. Die Verteilung der direkt belieferten Kunden wird in Abbildung 20 dargestellt.

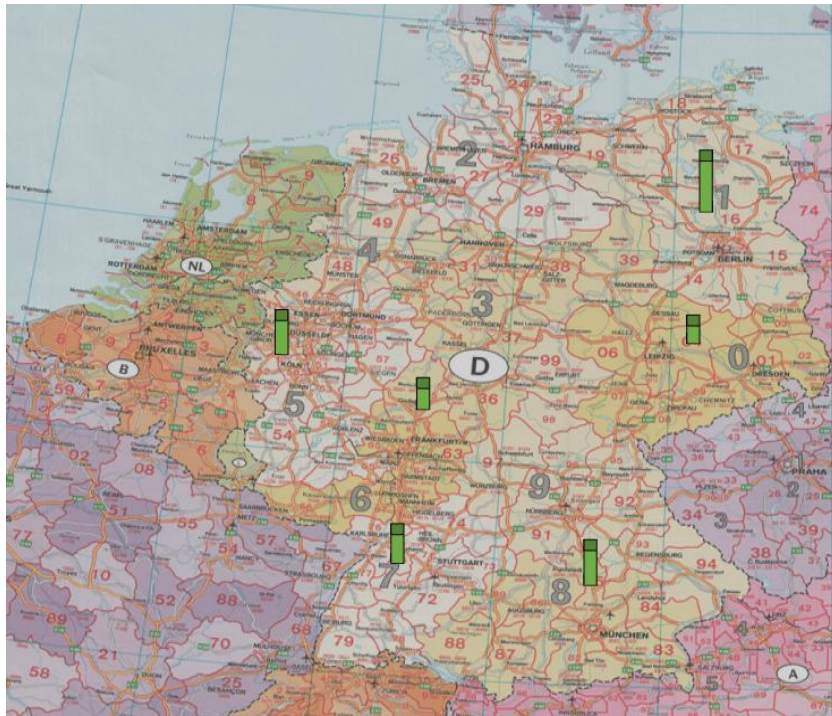


Abbildung 19: Belieferung der Niederlassungen in Deutschland

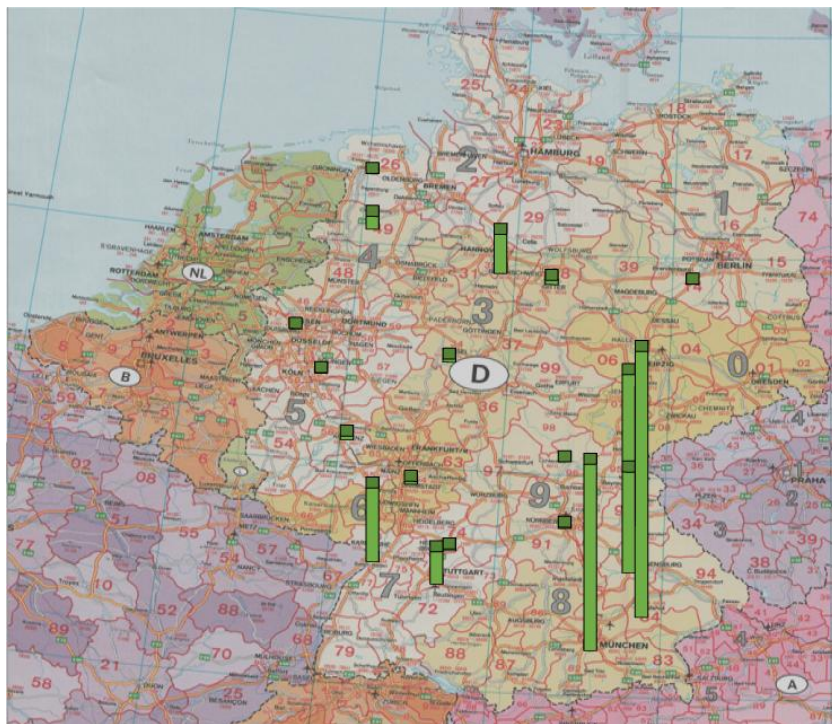


Abbildung 20: Direktabsatz an Kunden in Deutschland

Der Absatz an Kunden über Niederlassungen in Deutschland ist in Abbildung 21 veranschaulicht. Um die Streuung der belieferten Gebiete aus den jeweiligen Niederlassungen aufzuzeigen, müssen die Zielregionen aus den einzelnen Quellen gesondert betrachtet werden. Somit wird ersichtlich, dass einige der durch Niederlassungen belieferten Gebiete durch zwei, manchmal auch durch drei unterschiedliche Regionallager versorgt werden. Dies ist in Abbildung 22 bis

Abbildung 24 dargestellt, in welchen die belieferten Gebiete der jeweiligen Niederlassungen veranschaulicht werden. Aus diesen Abbildungen ist ebenfalls ersichtlich, dass aus zwei Niederlassungen auch ins Ausland geliefert wird. Dies betrifft die Niederlassungen im Ruhrgebiet und in Hessen, von denen aus jene Kunden, die über den Kanal der Niederlassungsbelieferung in Luxemburg sowie den Niederlande beliefert werden, versorgt werden. Die Niederlande und Luxemburg haben einen Marktanteil von 1,83 % bzw. 0,04 %, wobei die Versorgung durch Niederlassungen in den Niederlanden zu 9,63 % und in Luxemburg zu 89,56 % durchgeführt wird. In die Niederlande wird somit ein Großteil über den direkten Pfad versorgt, wobei die Absatzkanäle zu etwa 76 % aus Direktexporten und zu 24 % aus direktbelieferten OES bestehen. In Luxemburg stellt sich der direkte Absatzkanal ausschließlich aus OES Belieferungen zusammen.

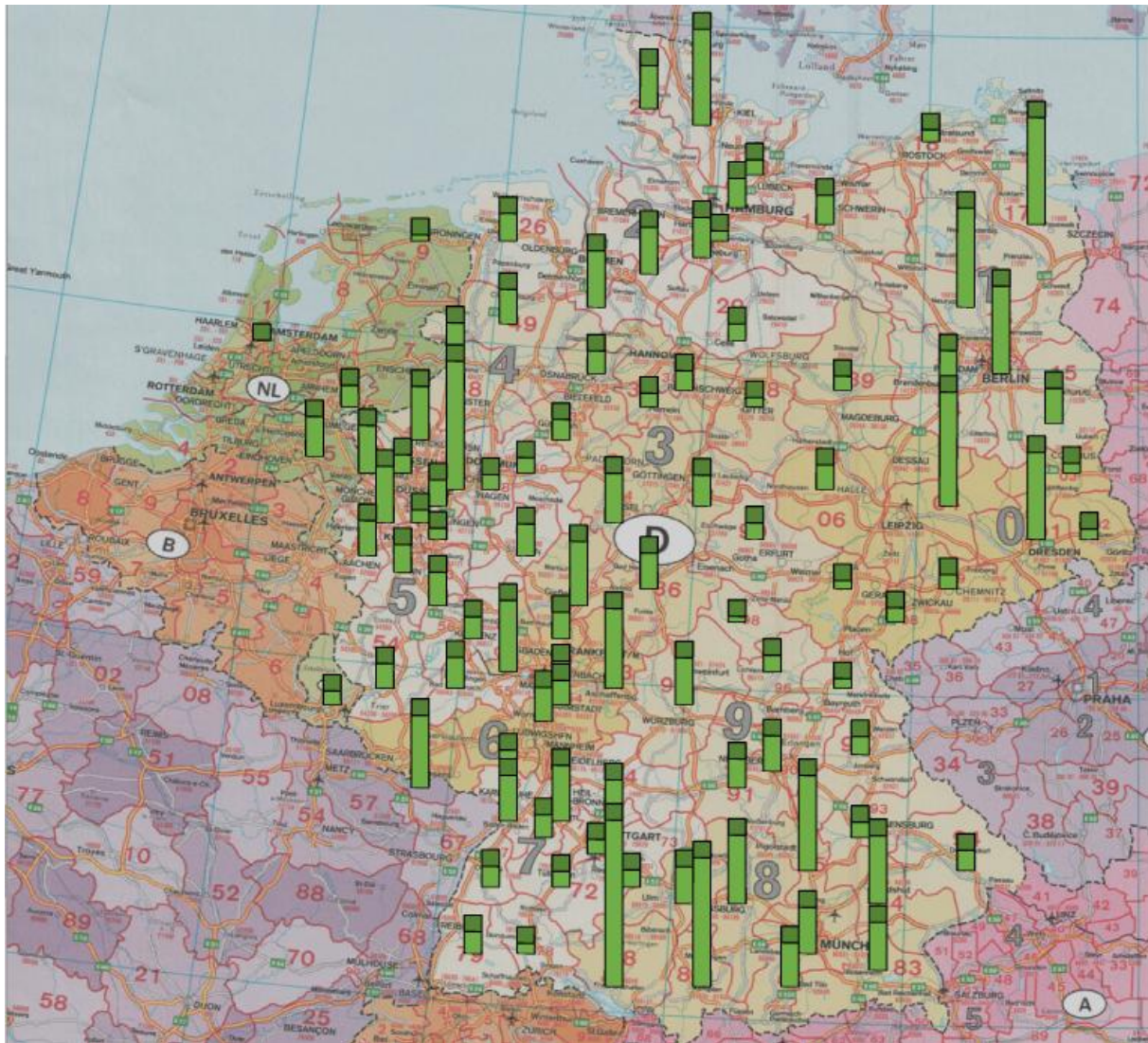


Abbildung 21: Absatz an Kunden über Niederlassungen in Deutschland ⁸⁷

⁸⁷ Das Achsenmaximum ist bei dieser und den folgenden Abbildungen von Deutschland gegenüber vorhergehenden konstant herabgesetzt, um die Unterschiede der jeweilige Regionen zu verdeutlichen.

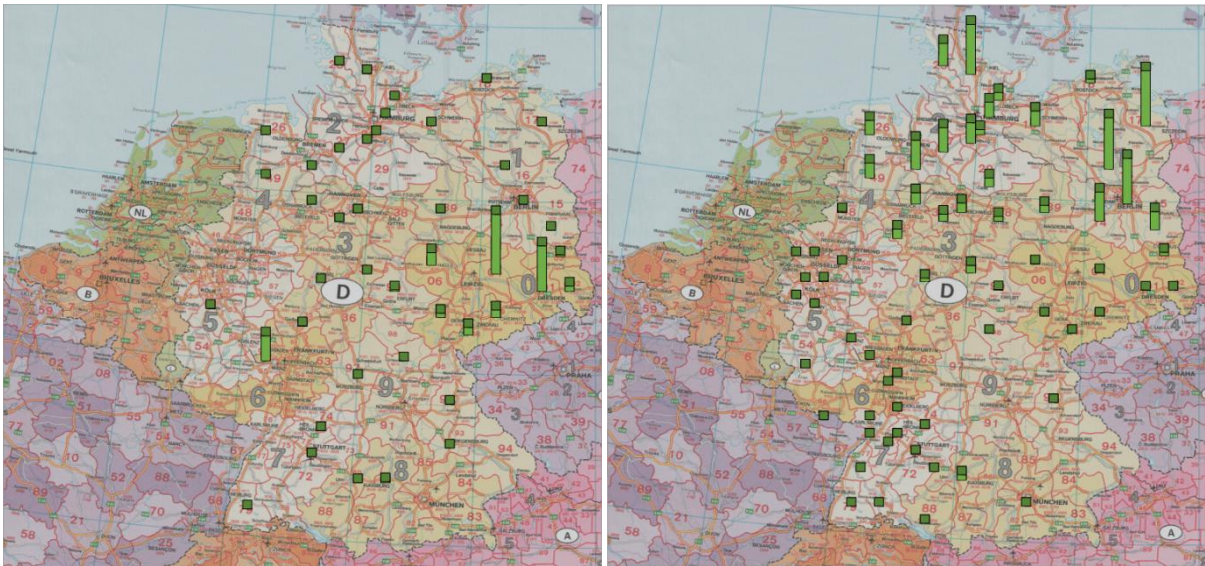


Abbildung 22: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Sachsen, rechts: Quelle Berlin

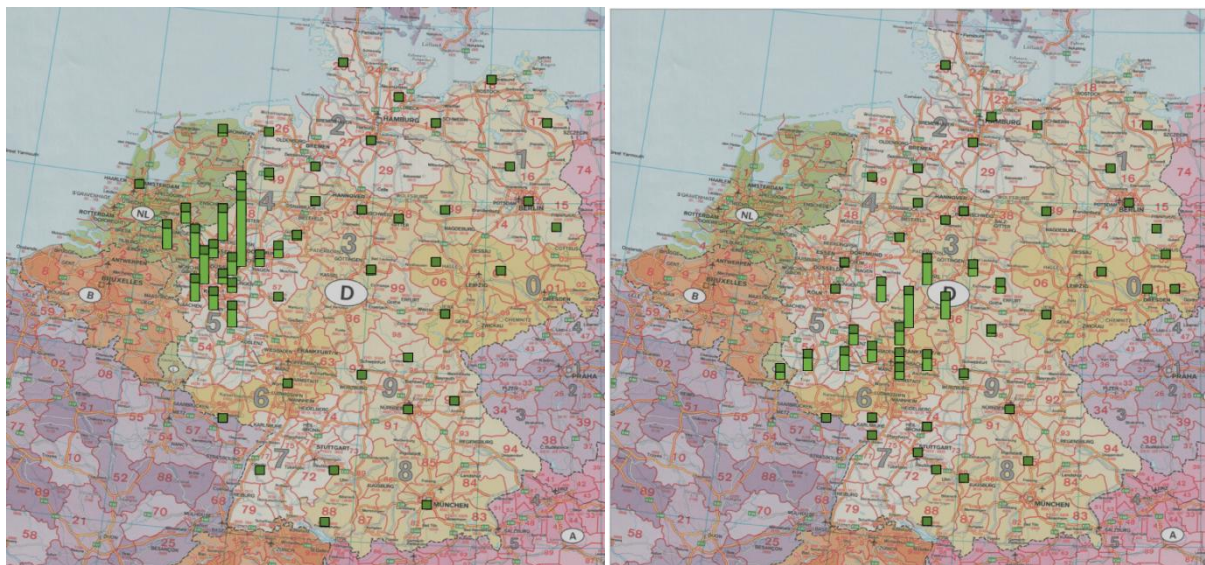


Abbildung 23: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Ruhrgebiet, rechts: Quelle Hessen

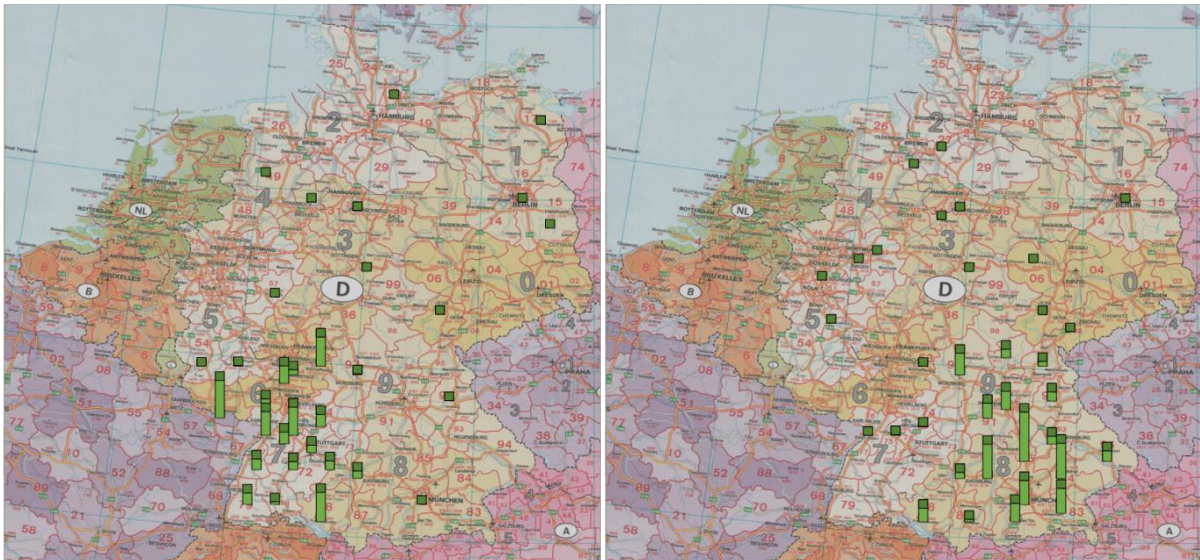


Abbildung 24: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Baden-Württemberg, rechts: Quelle Bayern

b) Frankreich

Mit einem Anteil von 12,32 % stellt Frankreich den zweitwichtigsten Markt des Unternehmens dar. Wie in Abbildung 25 dargestellt, setzt sich der Absatz aus 7,92 % Direktbelieferung und 92,08 % Belieferung durch Niederlassungen zusammen. Die mengenmäßige Bedeutung der einzelnen Niederlassungen innerhalb des französischen Markts wird ebenfalls dargestellt.

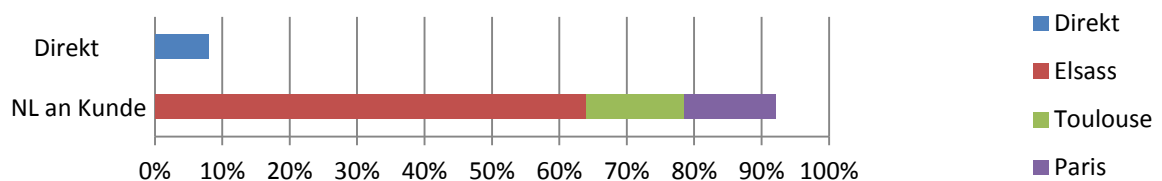


Abbildung 25: Absatzverteilung in Frankreich und Bedeutung der Niederlassungen

Aus der geografischen Verteilung ist ersichtlich, dass der Zentralraum im Gegensatz zum Rest des Landes eher absatzschwach ist, was in Abbildung 26 dargestellt ist. Wie auch schon in Abbildung 25 dargestellt, ist die Niederlassung im Elsass von großer Bedeutung, da über diese ca. 64 % der an Frankreich gerichteten Masse abgewickelt wurde. Dies entspricht 7,89 % oder etwa 6.800 Tonnen der gesamt abgesetzten Masse des Unternehmens. Die Exporte in das Land Réunion werden, da es sich um ein Übersee-Département von Frankreich handelt, ebenfalls über diesen Standort abgewickelt. Es handelt sich dabei aber lediglich um 1,24 % der Umsätze dieser Niederlassung. Die beiden anderen Niederlassungen in Toulouse und Paris weisen jeweils einen Anteil von 14,45 und 13,58 % vom französischen Markt auf. Die umgesetzte Masse dieser Niederlassungen liegt in etwa im Durchschnitt, wohingegen jene Niederlassung im Elsass gegenüber der durchschnittlich

umgesetzten Masse aller Niederlassungen die fünffache Masse aufweist. Die mengenmäßige Bedeutung der Lager und die geografische Verteilung in Frankreich ist in Abbildung 27 abgebildet.

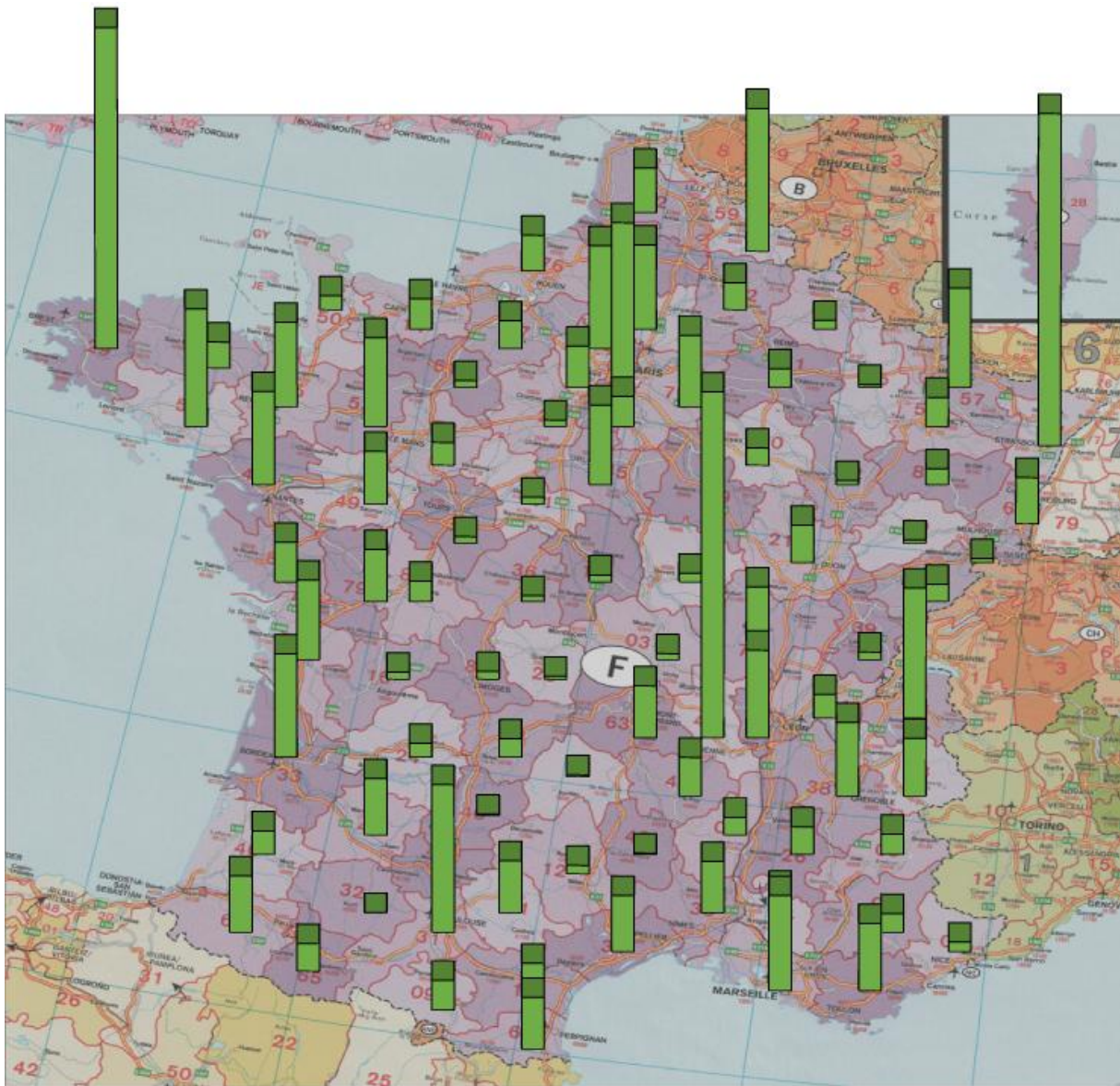


Abbildung 26: Verteilung aus den Niederlassungen an Kunden in Frankreich

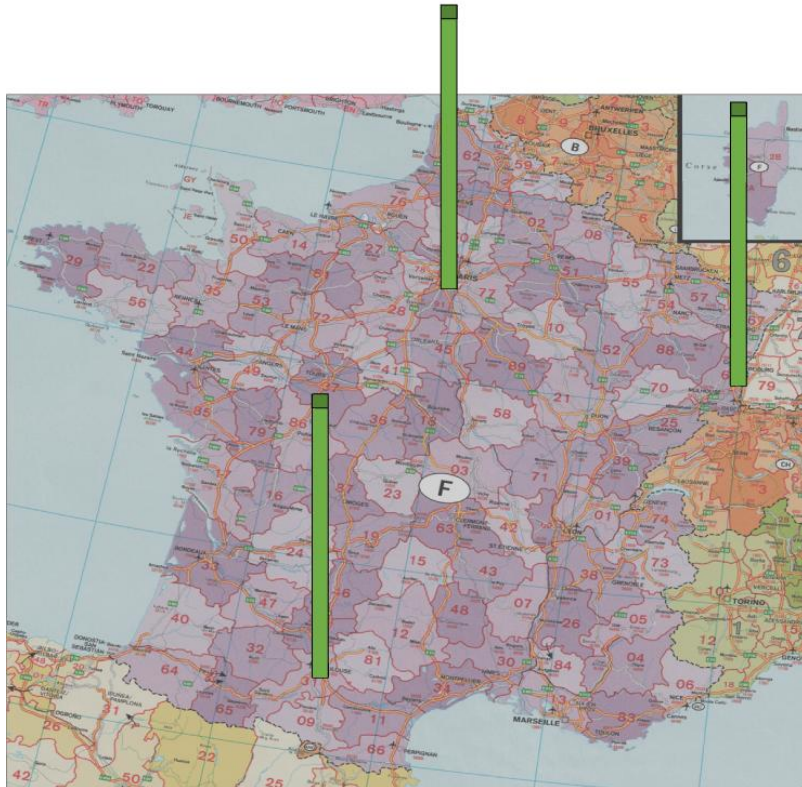


Abbildung 27: Niederlassungen und deren Bedeutung in Frankreich

Von den Niederlassungen bei Paris und Toulouse werden Güter relativ regional in den Nordwesten bzw. den Südwesten abgesetzt, wohingegen ausgehend von jenem Standort im Elsass die Produktverteilung stark streut. Abbildung 28 und Abbildung 29 verdeutlichen dies ausgehend von den jeweiligen Zwischenlagern. Auffällig bei jener Niederlassung im Elsass ist weiters, dass diese ganz am Rand des Zielmarkts platziert ist und somit große Entfernungen zu den Kunden vorherrschen. Aufgrund der großen Streuung und der Position dieser Niederlassung liegen einige der belieferten Kunden näher an einer anderen Niederlassungen als an dieser.

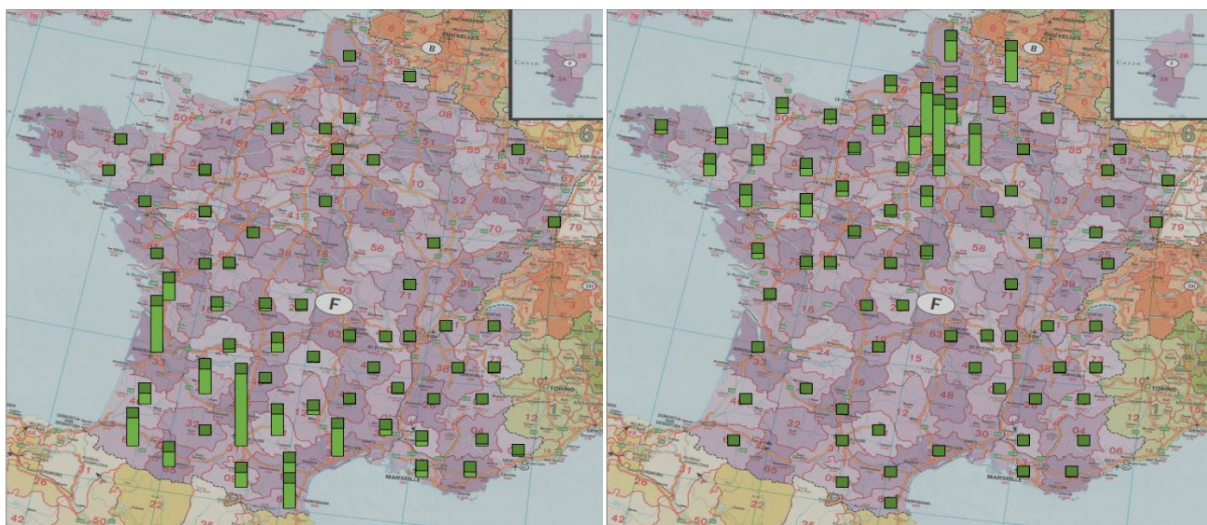


Abbildung 28: Belieferung von Kunden in Frankreich durch Niederlassung, links: Quelle Toulouse, rechts: Quelle Paris

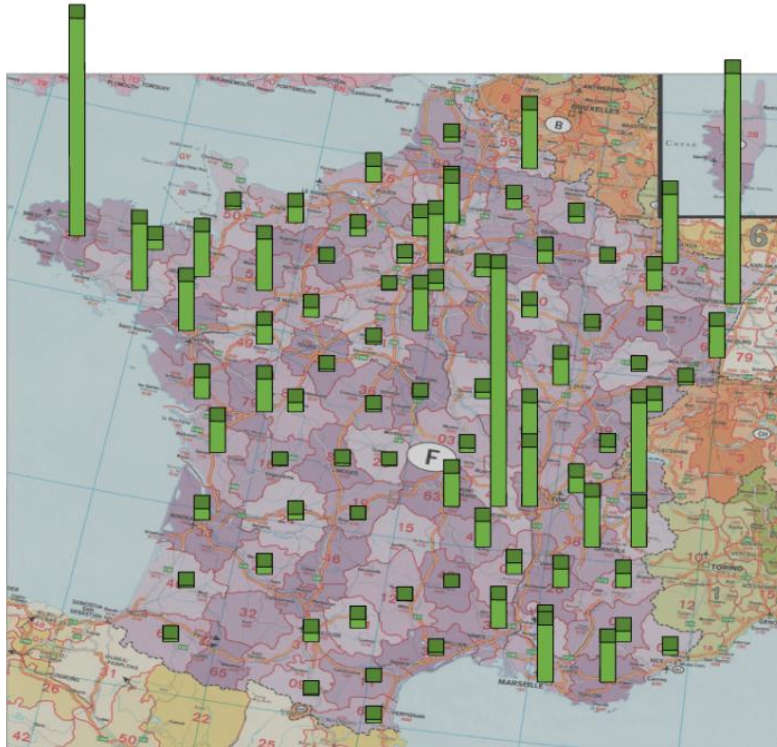


Abbildung 29: Belieferung von Kunden in Frankreich durch Niederlassung im Elsass

Die Bedeutung der direktbeliefertenen Kunden in Frankreich ist deutlich geringer als in anderen Ländern Europas, was durch Abbildung 30 verdeutlicht wird. Die große Streuung der direktbeliefertenen Kunden wird in dieser Abbildung ebenfalls deutlich. Die direkt belieferten Absatzkanäle, gemessen am französischen Markt, setzen sich aus 6,27 % direktbeliefertenen Kunden, 0,97 % direktbeliefterter Exporte sowie 0,69 % OES Belieferung zusammen.

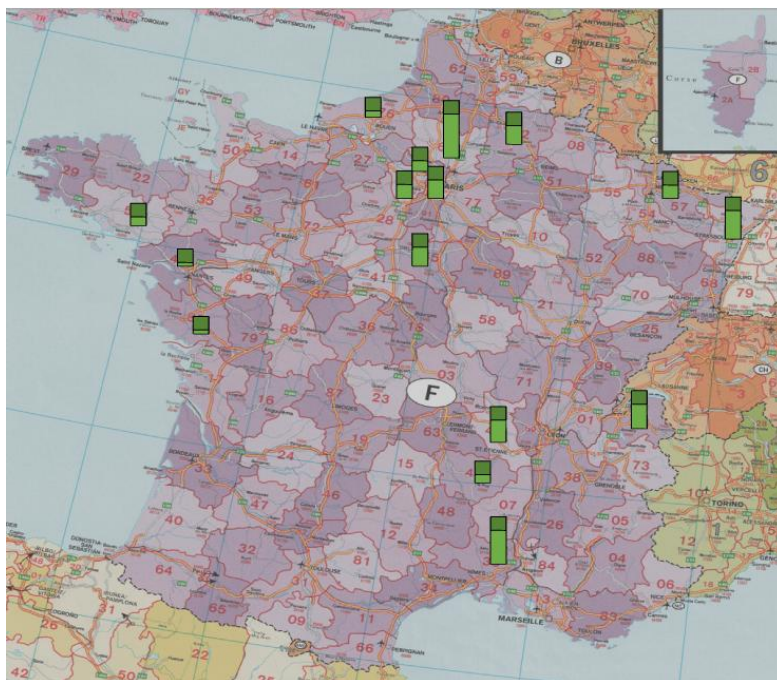


Abbildung 30: Bedeutung und Verteilung der Direktbelieferung in Frankreich

c) Österreich

Der österreichische Markt ist, mit einem Anteil von 6,05 %, knapp hinter Großbritannien der viertgrößte. Die Belieferung des Kunden erfolgt über sechs Niederlassungen, wie sie anteilmäßig in Abbildung 31 dargestellt sind, bzw. über Direktbelieferungen. Die Zusammensetzung der Absatzkanäle setzt sich mit 99,96 % aus Lieferungen von Niederlassungen und 0,04 % aus Direktbelieferungen zusammen, wobei es sich dabei um einen direktbelieferten Erstausstatter handelt.

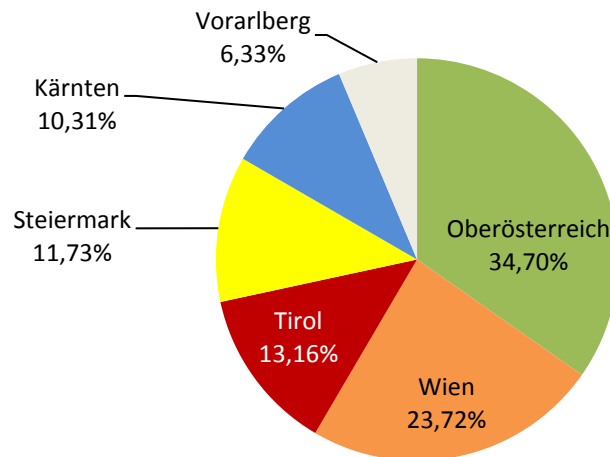


Abbildung 31: Anteilmäßige Zusammensetzung der Niederlassungsabsätze in Österreich

Zu erkennen ist, dass mehr als 58 % der Absätze durch die Niederlassungen in Oberösterreich sowie Wien durchgeführt werden. Auffällig am aus österreichischen Niederlassungen stammenden Absatz ist, dass die durch Niederlassungen versorgten Gebiete sich kaum überlappen und nur marginale Mengen über Bereichsgrenzen hinweg transportiert werden. Dies ist in keinem anderen nationalen Markt mit mehr als einer Niederlassung der Fall und wird in Abbildung 32 visualisiert. Der Absatz in den Ballungsräumen in Oberösterreich und Wien weisen einen Anteil von etwa 25 % am nationalen Ergebnis auf. Gemessen am durchschnittlichen Masseabsatz aus einer Niederlassung im gesamten System liegen jene Niederlassungen in Oberösterreich und Wien leicht darüber, wohingegen die übrigen in etwa die Hälfte des Durchschnitts aufweisen.

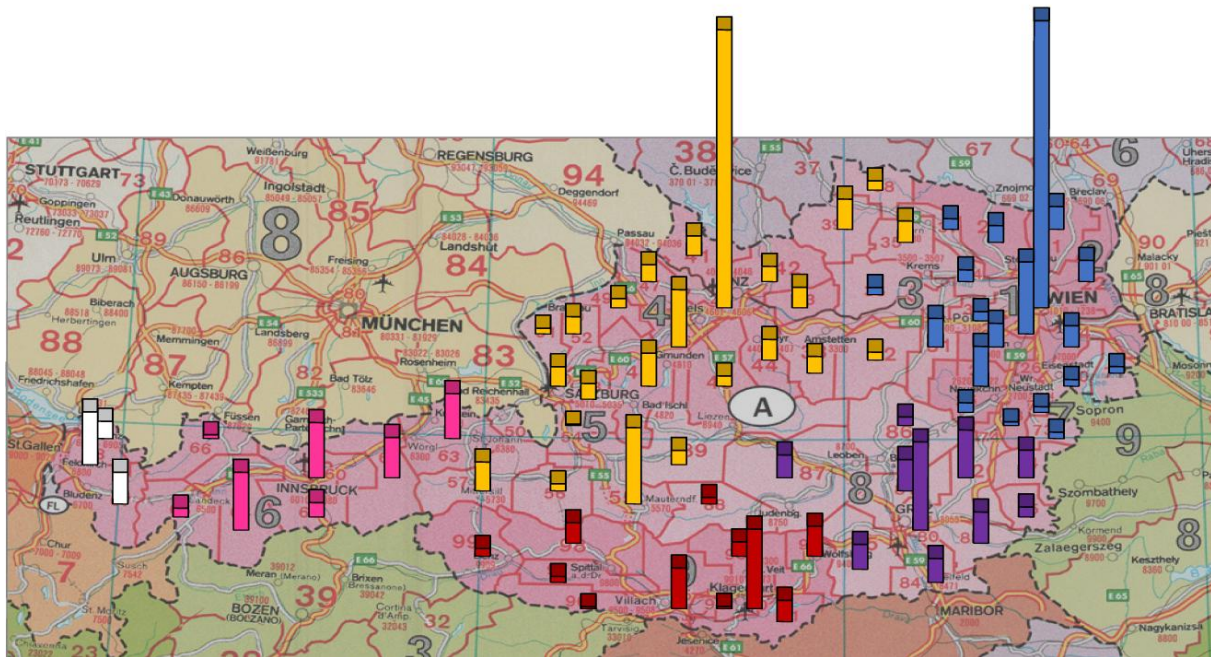


Abbildung 32: Absatz von Niederlassungen an Kunden in Österreich

Aus den Niederlassungen in Tirol, Steiermark, Kärnten und jener in Vorarlberg existiert auch ein Absatz ins Ausland. Gemessen am nationalen Absatz durch Niederlassungen wurden im Untersuchungszeitraum 5,21 % aus Tirol und 3,70 % aus Vorarlberg nach Deutschland, 0,57 % aus Kärnten und der Steiermark nach Slowenien und 0,52 % aus Tirol nach Italien exportiert. Es handelt sich dabei in der Regel um grenznahe Absatzziele.

3.2.3 Warenstromanalyse im Untersuchungszeitraum, regionale Betrachtung spezieller Logistikthemen

Es werden spezielle Logistikthemen gesondert betrachtet, die charakteristisch für das Distributionsnetzwerk sind. Hierbei handelt es sich um den Anteil an Niederlassungsbefieferungen gegenüber Direktbelieferungen in regionalen Absatzmärkten, Niederlassungen mit ungewöhnlicher Position zur Absatzverteilung und der Bedeutung der Absatzkanäle zu den Kunden.

a) Niederlassungsbefieferung vs. Direktbelieferung

Global betrachtet wurden, wie bereits angesprochen, 56,56 % der transportierten Masse über eine Direktbelieferung und 43,44 % über eine Niederlassung durchgeführt, wobei dieses Verhältnis nicht für jeden Zielmarkt repräsentativ ist. Dass dieses Verhältnis stark von Land zu Land variiert, wird in nachfolgender Grafik deutlich, in welcher die anteilmäßige Zusammensetzung der Absatzwege je Land an der jeweilig abgesetzten Masse dargestellt wird. Die Anteile am Gesamtmarkt sind aus den jeweiligen Benennungen der Staaten ersichtlich.

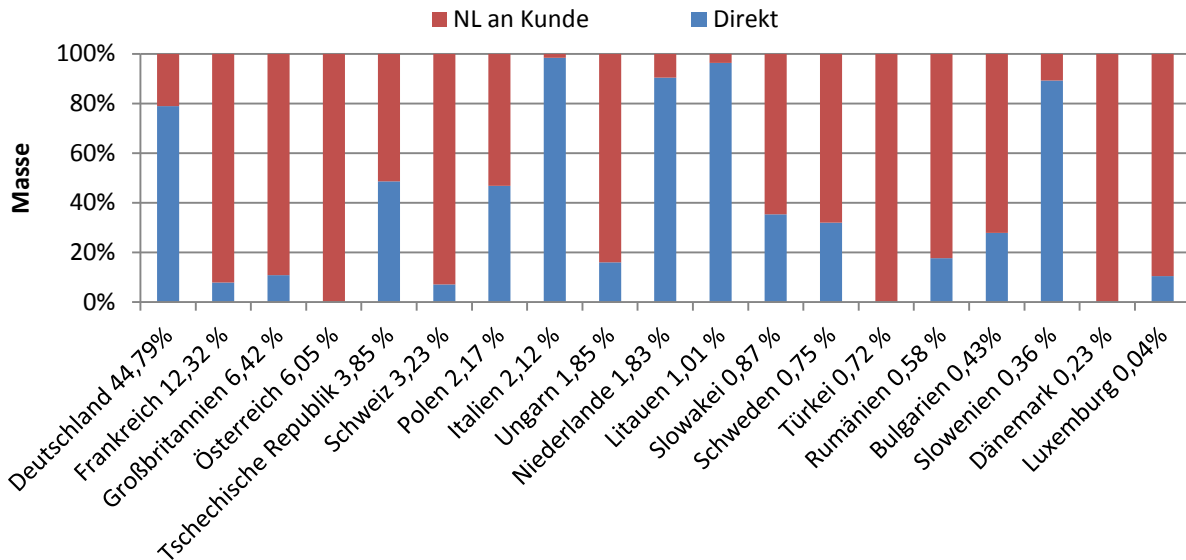


Abbildung 33: Anteile der Distributionspfade je Staat im Niederlassungsnetz

Auffällig ist der besonders geringe Anteil an Niederlassungsbelieferungen in Italien. Dies resultiert daraus, dass Italien als Exportkunde grundsätzlich direkt beliefert wird, aber einige wenige Kunden in Südtirol über die Niederlassung in Innsbruck versorgt werden, woraus sich ein Anteil am italienischen Markt von 1,66 %, was 30,33 Tonnen entspricht, ergibt. Dies betrifft auf gleiche Art und Weise Slowenien, welches teilweise von den Niederlassungen in Graz und Klagenfurt beliefert wurde. Gemessen am Gesamtabsatz an slowenische Kunden wurden 10,73 % der Masse, was in etwa 33,07 Tonnen entspricht, aus österreichischen Niederlassungen abgesetzt. Auch das direkt belieferte Litauen wurde zu einem Anteil von 3,68 % aus einer Niederlassung im Ruhrgebiet beliefert, was in etwa 32,09 Tonnen entspricht. Gründe dafür sind jedoch zu diesem Zeitpunkt nicht bekannt. Die Kunden in den Niederlanden wurden mit einem Anteil von 90,37 % am nationalen Ergebnis direkt beliefert. Durch Niederlassungen versorgte Kunden wurden aus Deutschland durch den Standort im Ruhrgebiet versorgt.

Ausschließlich über Niederlassungsbelieferungen wurden Kunden in der Türkei und Dänemark mit Produkten aus ortsansässigen Niederlassungen versorgt. Der Anteil an Kundenbelieferungen über Niederlassungen ist ebenfalls in den bereits erwähnten Ländern Frankreich und Österreich als auch in Großbritannien, Schweiz, Ungarn, Rumänien und Luxemburg von besonderer Bedeutung. In diesen Ländern wurde über 80 % der abgesetzten Masse durch Niederlassungen veräußert.

Regionale Absätze in Europa an direktbelieferte Kunden und über Niederlassungen belieferte Kunden sind Abbildung 34 und Abbildung 35 dargestellt.

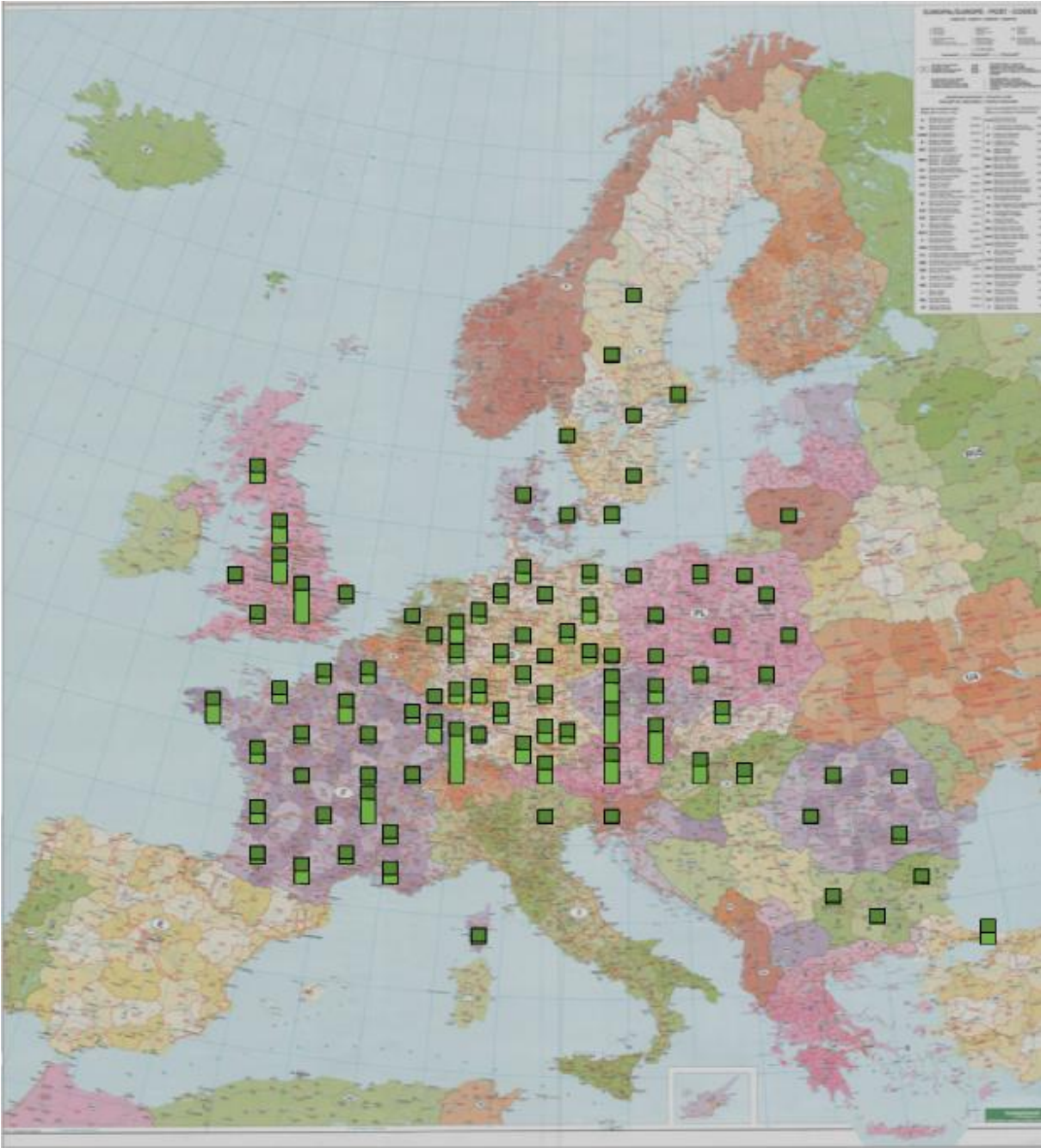


Abbildung 34: Regionaler Absatz in Europa Niederlassungen an Kunden

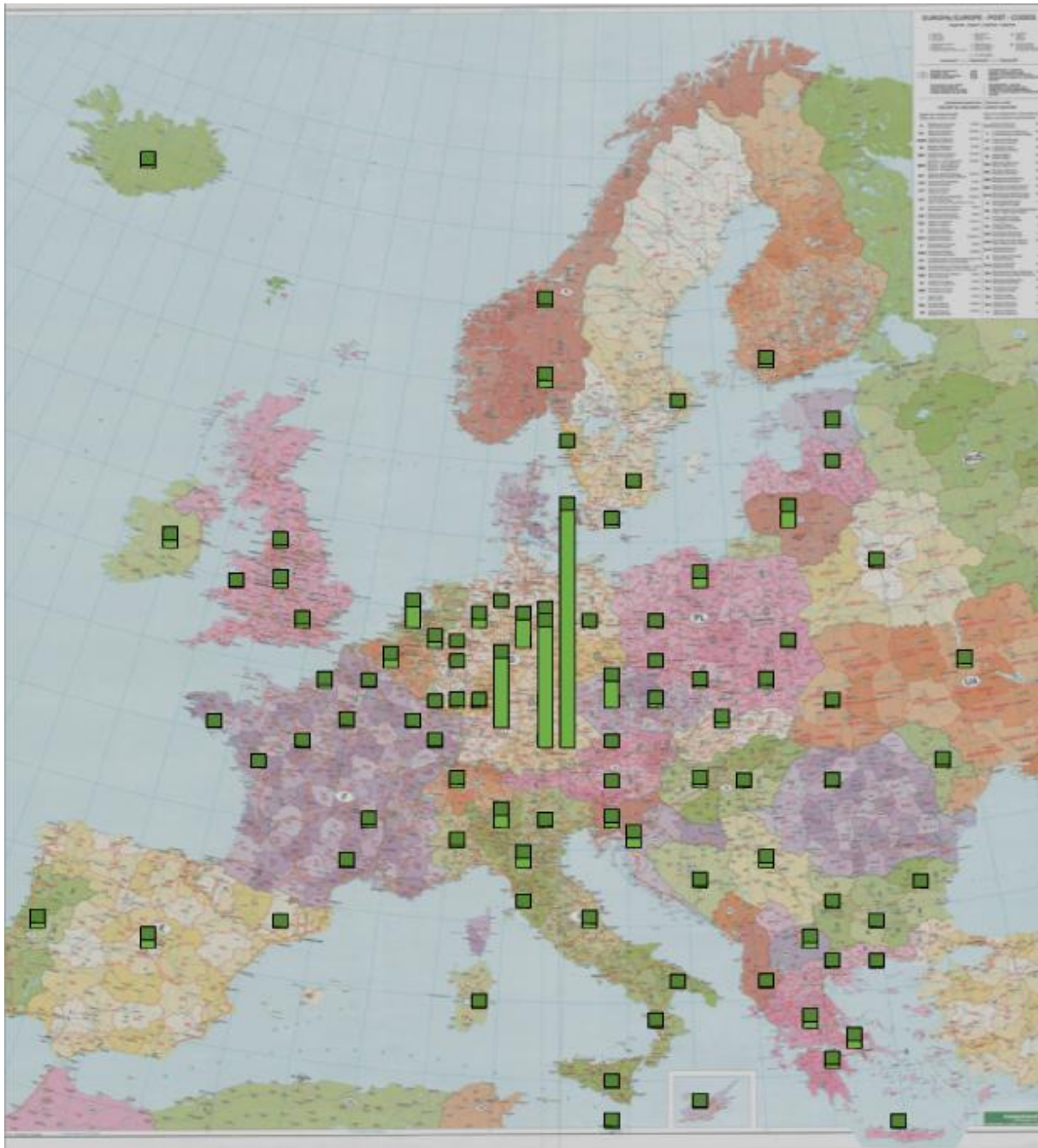


Abbildung 35: Regionaler Absatz in Europa direkt

b) Niederlassungen mit ungewöhnlicher Position zur Absatzverteilung

Einige Zielmärkte, abgesehen von den bereits behandelten, weisen Besonderheiten in Bezug auf deren Absatzverteilungen aus den Niederlassungen auf.

Jene Kunden in Dänemark und Schweden, welche über den zweistufigen Kanal der Niederlassungen beliefert werden, wurden aus dem Lager bei Kopenhagen und somit aus Dänemark versorgt. Im Untersuchungszeitraum wurden über diese Niederlassung ca. 637,9 Tonnen, was 0,74 % des Gesamtabsatzes entspricht, abgesetzt. Davon verblieb ein Anteil von knapp 31 % in Dänemark und 69 % wurden

an Kunden in Schweden geliefert. Die Absatzverteilung aus der Niederlassung bei Kopenhagen ist in Abbildung 36 ersichtlich.



Abbildung 36: Absatzverteilung vom Standort in Dänemark national und nach Schweden

Der polnische Markt, mit einem Anteil von 2,17 % am Gesamtumsatz, was 1.867 Tonnen entspricht, wird zu 46,67 % direkt und zu 53,23 % über zwei Niederlassungen in Katowice und bei Warschau versorgt. Die geografische Verteilung der Umsätze aus den Niederlassungen ist zwar deutlich getrennt, jedoch besteht ein signifikantes Ungleichgewicht in Bezug auf die abzudeckende Fläche, wie in Abbildung 37 deutlich wird. Jener Anteil, der über Niederlassungen abgesetzt wurde, entspricht in etwa 993,8 Tonnen, wovon knapp 75 % über die Niederlassung bei Katowice und 25 % über jene bei Warschau abgewickelt wurden.

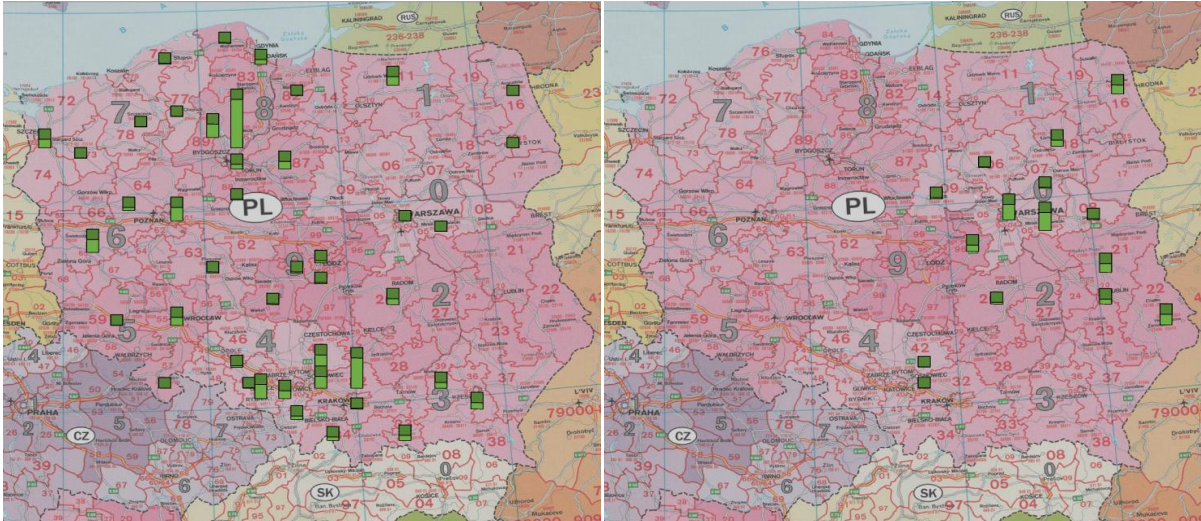


Abbildung 37: Absatz an Kunden über Niederlassungen in Polen, links: Quelle Katowice, rechts Quelle Warschau

c) Die Bedeutung der Absatzkanäle zu den Kunden

Wie bereits angesprochen ist in Deutschland der OEM bzw. OES Absatz von besonderer Bedeutung, da über diese Kanäle eine besonders große Masse von über 30 % gemessen am Gesamtabsatz ausgeliefert wurde. In dieser Größenordnung kommt dies in keinem anderen Land vor, jedoch ist dieser Absatzkanal auch in anderen Ländern von Bedeutung. Über den Kanal der OEM-Belieferungen wurden im Untersuchungszeitraum ebenfalls in Tschechien mit ca. 811 Tonnen, in Ungarn mit ca. 141 Tonnen und in Großbritannien mit ca. 108 Tonnen sowie zu geringen Mengen in Österreich, Brasilien und Australien Belieferungen durchgeführt. Die mengenmäßige Verteilung des OEM Absatzkanals ist aus folgender Abbildung 38 ersichtlich. Die geografische Absatzverteilung des OEM Kanals in Europa ist in Abbildung 39 ersichtlich.

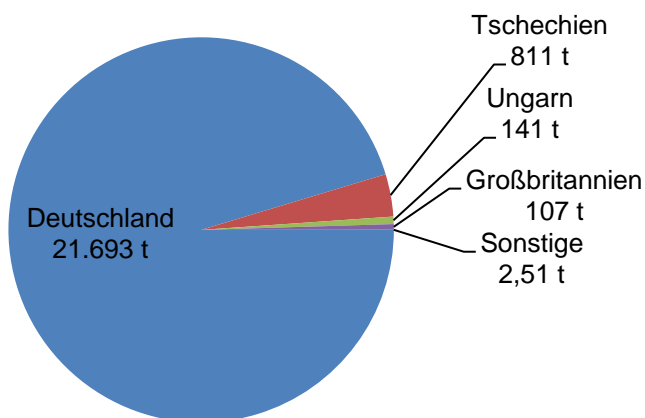


Abbildung 38: Aufteilung der über den OEM Absatzkanal gelieferten Produkte an Länder

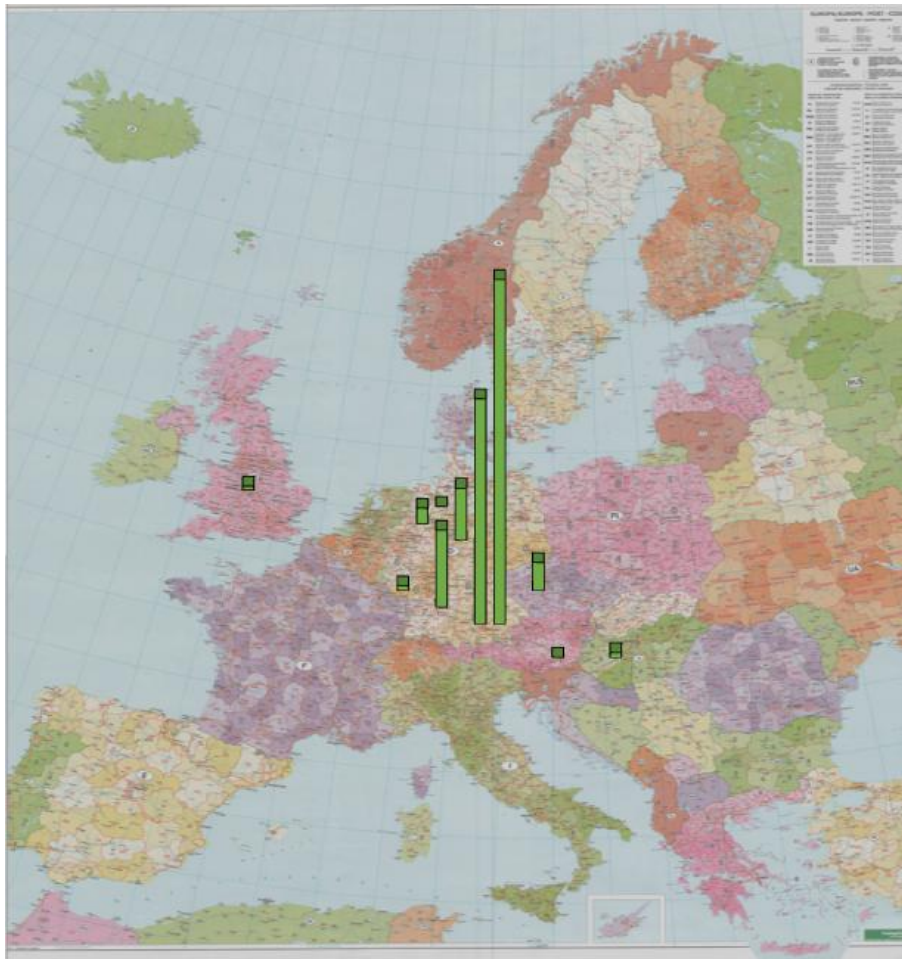


Abbildung 39: Absatzverteilung des OEM Kanals in Europa

Der Kanal der OES Belieferungen weist am Gesamtabsatz einen Anteil von 8,68 % auf. Abgesehen von Deutschland sind bei diesem Kanal Absätze in den USA von größerer Bedeutung. Die in diesem Markt ausgelieferten Produkte bestehen zur Gänze aus OES Belieferungen, was im Untersuchungszeitraum 2.010 Tonnen ausmachte. In anderen Ländern, die in Summe etwa 11 % des OES Kanals ausmachen, war dieser Kanal somit mengenmäßig von deutlich geringerer Bedeutung, was in folgender Abbildung dargestellt wird. In Summe weisen diese Länder, wie sie im Detail aus Tabelle 25 im Anhang zu entnehmen sind, 113,73 Tonnen auf. In Abbildung 41 ist weiters die europäische Absatzverteilung des OES Kanals zu sehen.

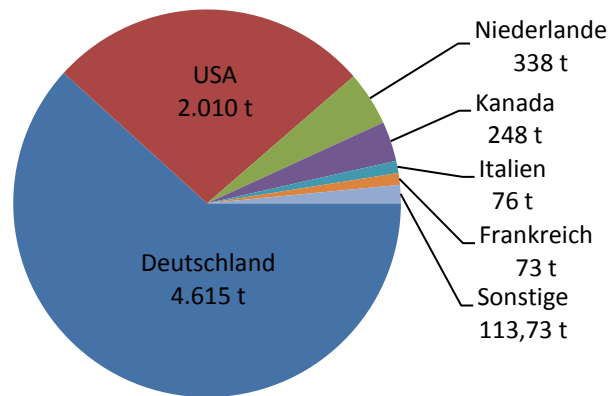


Abbildung 40: Aufteilung der über den OES Absatzkanal gelieferten Produkte an Länder

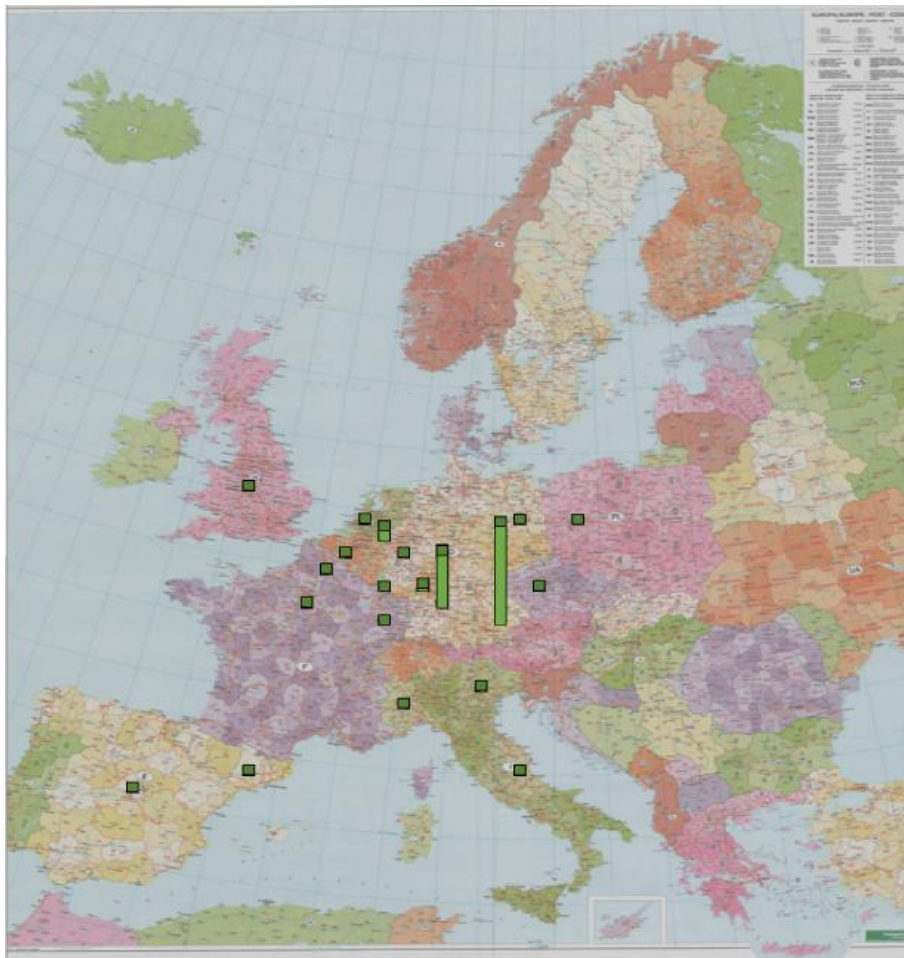


Abbildung 41: Absatzverteilung des OES Kanals in Europa

Der Exportkanal weist mit ca. 16 % deutlich geringere Anteile am Gesamtumsatz als die übrigen Kanäle auf. Von großer Bedeutung ist auch hier wieder Deutschland, dessen Anteil an diesem Kanal 30 %, das sind 4.122 Tonnen, ausmacht. Signifikant geringer sind die Anteile am Exportkanal von den Niederlanden, Griechenland und Litauen, die jeweils zwischen sechs und sieben Prozent ausmachen. Die weiteren über diesen Kanal belieferten Kunden weisen wiederum im Einzelnen deutlich geringere Anteile, ausgehend von einigen Promille bis hin zu vier Prozent auf. In Summe sind das 6.479 Tonnen oder knapp 48 % am Exportkanal, die zu kleineren

Massen über diesen Kanal exportiert werden. Dies ist ebenfalls auf Abbildung 42 ersichtlich, worin die weltweite Verteilung der Absätze dieses Kanals zu sehen ist.

Der Kanal der Niederlassungsbelieferungen, der durch den direkten und zweistufigen Pfad durchgeführt wird, spiegelt die Absätze aus den Niederlassungen wider, da dieser Kanal zu ca. 92 % aus Belieferungen von Kunden aus Niederlassungen besteht.

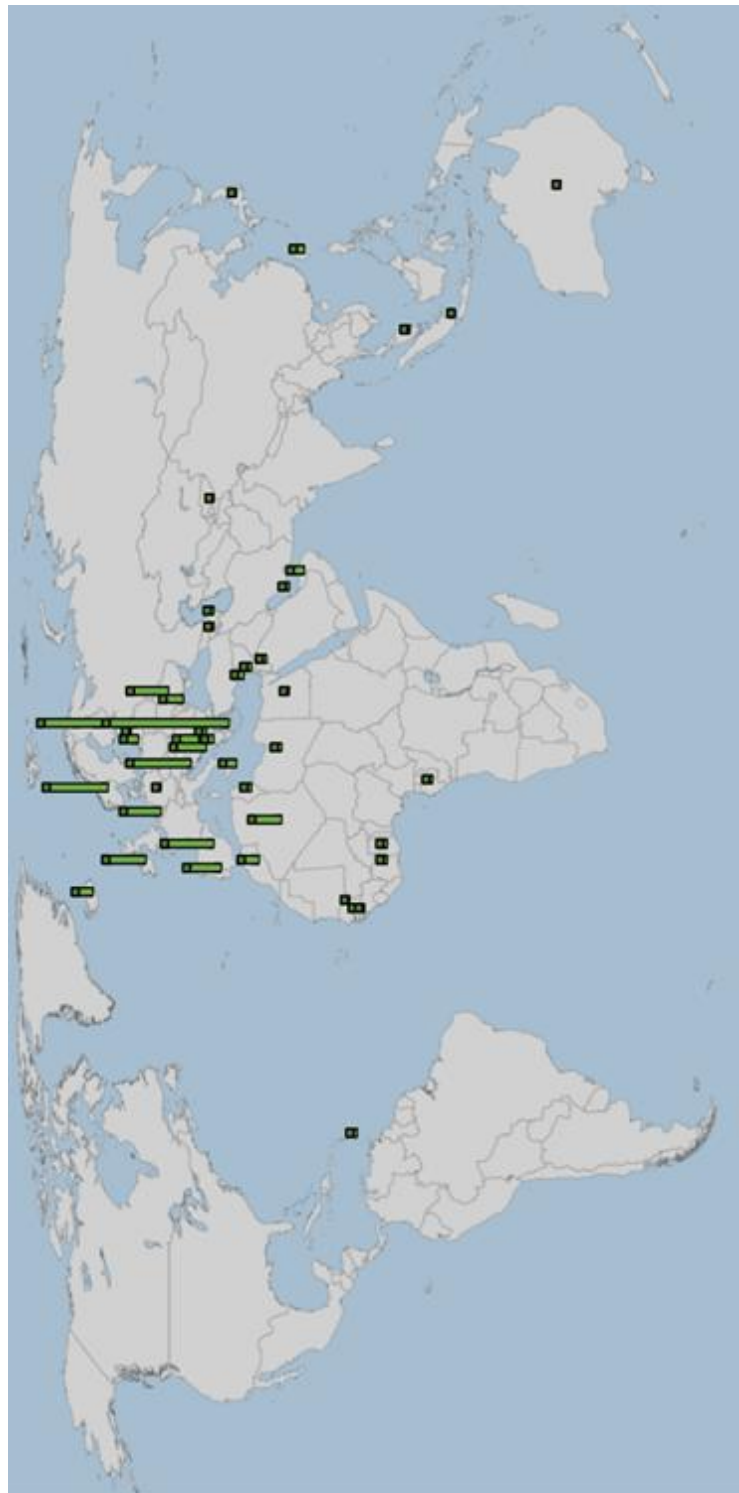


Abbildung 42: Absatzverteilung des Kanals Export weltweit

4 Entwicklung und Beschreibung zweier alternativer Netzwerkstrukturen am Beispiel Frankreich

Anhand der durchgeführten Analyse und der Visualisierung soll auf Basis der vorhandenen Daten aus dem Zeitraum Jänner 2013 bis einschließlich Februar 2014 Umgestaltungsszenarien am Beispiel Frankreich erarbeitet und analysiert werden. Die vorhergehende Warenstromanalyse hat aufgezeigt, dass es sich einerseits um einen bedeutenden Markt handelt, der andererseits ein Ungleichgewicht im Niederlassungsnetzwerk aufweist. Die Absatzverteilung setzt sich, wie in Abbildung 26 gezeigt, zusammen.

Es wird eine Green-Field-Planung am französischen Markt eines zentralen bzw. eines dezentralen Systems durchgeführt. Zu Beginn werden die jeweiligen Berechnungssysteme erläutert und anschließend die dadurch ermittelten Systeme beschrieben und analysiert sowie mit dem aktuell bestehenden System verglichen. Abschließend wird eine Handlungsempfehlung abgegeben.

4.1 Randbedingungen für neue Netzwerkkonfigurationen

Die vielfältigen Möglichkeiten bei der Entwicklung neuer Netzwerkstrukturen werden durch verschiedene Randbedingungen eingegrenzt. Diese ergeben sich teilweise aus Vorgaben des Unternehmens, aber auch durch Eigenschaften gewisser Systemkomponenten.

Randbedingung	Beschreibung
Serviceleistungen:	Durch Niederlassungen belieferte Kunden werden über Verkaufsfahrer versorgt, wobei detaillierte Bedarfsinformationen zwei Tage im Vorhinein bekannt sind.
Sicherheitsgrad:	Der Sicherheitsgrad bzw. die Lieferfähigkeit liegt bei 90 %.
Vorlaufzeit:	Für jene Lager, die direkt vom Werk mit Produkten versorgt werden, beträgt die Vorlaufzeit drei Wochen.
Transportmittel:	Transportiert wird bis zu den Regionallagern mittels Sattelschlepper, die eine Nutzlastkapazität von 24 Tonnen aufweisen.
Auslastung:	Die eingesetzten Transportmittel sollen maximale Auslastung erreichen.
Belieferung:	Direktbelieferungen sowie die Exportkanäle bleiben wie in dem vorhandenen System bestehen.

Maximale Reichweite:	Die täglich zurückgelegte Strecke der Verkaufsfahrten ist mit 400 bis maximal 500 km pro Tag begrenzt. ⁸⁸
----------------------	--

Tabelle 3: Randbedingung für neue Netzwerkconfiguration

4.2 Kriterien für Vergleiche verschiedener Systeme

Die Bewertung der verschiedenen Netzwerkstrukturen erfolgt über Kennzahlen, die für verschiedene Kriterien ermittelt werden. Diese Kennzahlen werden im Anschluss als Benchmark herangezogen und dienen somit als Vergleichsparameter zwischen dem vorgeschlagenen und dem aktuellen System.

Es werden folgende Kriterien angewendet:

Belieferungsfrequenz:	Beschreibt, in welchem Tagesrhythmus eine Belieferung erfolgt
Transportmittelauslastung:	Beschreibt den Nutzungsgrad des Transportmittels bzw. die tatsächlich genutzte Kapazität
Transportaufwand:	Beschreibt die Beförderungsleistung des Distributionssystems; die Berechnung wird äquivalent zu Tonnenkilometer durchgeführt
Transportentfernung:	Beschreibt die Distanzen aus der Quelle zu dem Ziel mit Hilfe eines überlagertes Koordinatensystem bzw. der benötigten Zeit
Transportzeit:	Beschreibt die benötigte Zeit aus der Quelle zu dem Ziel

Tabelle 4: Angewandte Kriterien für Systemvergleiche

Die Transportentfernungen bzw. Distanzen werden mit Hilfe eines zweidimensionalen kartesischen Koordinatensystems ermittelt, welches 50 mal 50 Einheiten umfasst. Diese Längen-Einheit entspricht jedoch nicht der Einheit Meter. Deshalb werden diese Kennzahlen oder jene, die sich rechnerisch daraus ergeben, einheitenlos angegeben. Für eine bessere Veranschaulichung dieser Thematik wird in folgender Abbildung 43 das eingesetzte Koordinatensystem dargestellt.

⁸⁸ vgl. (Gudehus, 2012b S. 850)

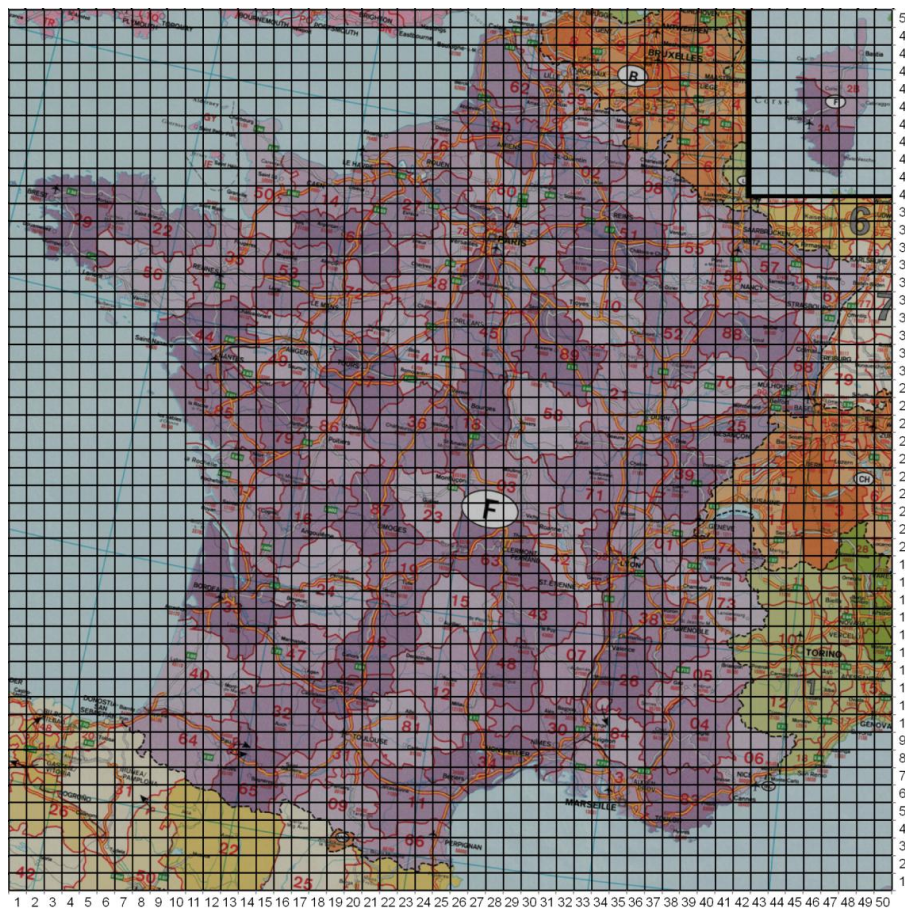


Abbildung 43: Überlagertes Koordinatensystem am Beispiel Frankreich

Als weiteres Kriterium für einen Vergleich der Systeme könnten die Lageraufwände bzw. die im System benötigten Sicherheitsbestände herangezogen werden. Als Kennzahlen würden der durchschnittliche Lagerbestand bzw. der Sicherheitsbestand im gesamten System sowie die Lagerumschlaghäufigkeit dienen. Aufgrund des momentanen Datenstands ist jedoch eine Verwendung dieser Kriterien nicht möglich.

4.3 Entwicklung und Beschreibung des Szenarios einer zentralen Netzwerkstruktur

In diesem Kapitel werden zuerst die Berechnungsabläufe, die zu einer neuen zentralen Netzwerkstruktur führen, erläutert und die dabei eintretenden Trade-Off-Problematiken beschrieben. Weiters wird das ermittelte System beschrieben und die erhaltenen Kennzahlen sowie die Folgen einer Implementierung dieses zentralen Systems erläutert

4.3.1 Eingesetzte Berechnungsmethodik für eine zentrale Netzwerkstruktur

Für die Berechnung der zentralen Netzwerkstruktur wurde ein Rechenprozess auf Basis eines Excel-Dokuments entwickelt, was im Folgenden erläutert wird und in

Abbildung 47 als Flussdiagramm dargestellt ist. Die für die Berechnung notwendigen Eingaben werden in den folgenden Abbildungen als gelb markierte Felder dargestellt. Die eingegebenen Zahlenwerte haben beispielhaften Charakter. Diese Berechnung ist auf die in Kapitel 2.10 vorgestellte ADD-Heuristik zurückzuführen und läuft größtenteils selbständig ab.

Für die Berechnung werden Daten aus der unternehmensinternen Datenbank herangezogen. Diese beinhalten Informationen über die durchgeführten Transporte im Unternehmen und dienen im Folgenden als Zukunftsprognose des Kundenbedarfs. Sie umfassen denselben Untersuchungszeitraum wie bei der Warenstromanalyse (Jänner 2013 bis inkl. Februar 2014). Dieser Datensatz beinhalten Informationen über den Absatzkanal, den Pfad, die Quelle (Land und Postleitzahl), das Ziel (Land und Postleitzahl), den Durchführungszeitraum des Transports, die Anzahl der Lieferscheinpositionen und die Masse in Kilogramm. Zur besseren Übersichtlichkeit wird die Berechnung in folgende vier Schritte, ähnlich der ADD-Heuristik, zusammengefasst.

Schritt 1: Entfernungsmatrix und Regionenbedarf ermitteln

Nach Eingabe der oben genannten **Quelldaten**, deren Grundstruktur in Abbildung 44 dargestellt ist, werden die Postleitzahlen des Transportziels zu **Regionen** zusammengefasst. Die Regionen werden durch die ersten zwei Ziffern der Postleitzahlen definiert. Sie sind in Abbildung 44 fett markiert.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Absatzkanal	Pfad	Abgangland	Abgang-Plz	Zielland	Ziel-Plz	Datum [JJJJ-MM]	Anzahl der Lieferscheinpositionen	Gewicht [kg]
2	NL Frankreich	NL an Kunde	Frankreich	1234 Ort	Frankreich	12345 Ort	2014-01	12	123456,7 kg
3	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Abbildung 44: Eingabe der Quelldaten der zentralen Netzstruktur

Für diese Regionen werden sodann die jeweiligen **Bedarfe aufsummiert**. Parallel dazu werden diesen Regionen konkrete Koordinaten zugewiesen. Dafür ist im Vorhinein eine Definition der Positionen der einzelnen Regionen notwendig, was in Abbildung 45 abgebildet ist.

	A	B	C
1	Ziel-Region	Zielkoordinate x	Zielkoordinate y
2	01	37	20
3	02	33	41
4	03	30	23
5	04	40	9
6	05	40	13
7	06	43	8
8	07	33	14
9	08	37	40
10	09	20	5
11	10	34	33
12	11	24	6
13	12	26	12
14	13	35	6
15	14	19	40
16	:	:	:
17	95	28	38

Abbildung 45: Definition der Positionen der einzelnen Regionen im zentralen System

Hierfür wird ein zweidimensionales Koordinatensystem, welches 50 mal 50 Einheiten umfasst, eingesetzt. Daraus resultiert die aus der ADD-Heuristik bekannte Entfernungsmatrix. Diese Matrix enthält in der Ebene 2.500 mögliche Standorte und die 94, sich am französischen Festland befindlichen, Regionen. Es werden die Distanzen zwischen den jeweiligen Standorten und den Zielregionen berechnet und in die Matrix eingetragen. Die übrigen Regionen Frankreichs werden gesondert beliefert. Es handelt sich hierbei um Überseedepartments und Korsika.

Schritt 2: Aufwandsmatrix erstellen und Zentrallager bestimmen

Werte aus der Bedarfsliste der Regionen als auch aus der Entfernungsmatrix fließen in der **Aufwandsmatrix** zusammen. Es wird das Produkt aus dem jeweiligen Bedarf der Region und der Distanz zu den möglichen Standorten gebildet, was der Berechnung von Tonnenkilometern entspricht. Anhand dieser Aufwandsmatrix wird jener Standort für das Zentrallager ermittelt, welcher den geringsten Aufwand für eine vollständige Kundenbelieferung aufweist.

Schritt 3: Standortmatrix erstellen

Wie gemäß der ADD-Heuristik bekannt ist, wird im Anschluss daran die **Differenzmatrix** und die **Ersparnismatrix** erstellt. Die Berechnung dieser zwei Matrizen wird so oft wiederholt, bis entweder keine Ersparnis gegenüber einer vollständigen Belieferung aus dem Zentrallager mehr eintritt oder der Aufwand zur Eröffnung eines weiteren Standorts größer ist. Aus der Aufwandsmatrix mit dem Standort des Zentrallagers und den Ersparnismatrizen mit den Standorten der Regionallager ergibt sich die **Standortmatrix**. In dieser sind der Aufwand für eine vollständige Belieferung aus dem Zentrallager sowie die möglichen Ersparnisse der jeweiligen Standorte zu den Kundenregionen angeführt. Die Standortmatrix stellt einen ersten Vorschlag für ein Distributionssystem dar.

Schritt 4: vergleichende Beurteilung

Nun muss beurteilt werden, ob durch das vorgeschlagene System die festgelegten **Randbedingungen** eingehalten werden können. Ist dies nicht der Fall, so muss die Anzahl der ermittelten möglichen Standorte variiert und erneut das vorgeschlagene System beurteilt werden. Wie aus Abbildung 46 ersichtlich ist, wird die Anzahl der zu eröffnenden Standorte variiert. Wird die Zahl z.B. um eins verringert, so wird der zuletzt eröffnete Standort nicht eröffnet, was in diesem Fall Standort 6 ist. Wird die Anzahl um mehr als eins variiert, so werden Standorte der gleichen Anzahl eröffnet oder nicht eröffnet, je nachdem, ob die Zahl erhöht oder gesenkt wird.

	A	B	C	D
1	Anzahl Standorte	Standort	Ersparnis in Tkm	Standort eröffnen?
2	6	Strandort 1	123456789	Ja
3		Strandort 2	123456789	Ja
4		Strandort 3	123456789	Ja
5		Strandort 4	123456789	Ja
6		Strandort 5	123456789	Ja
7		Strandort 6	123456789	Ja
8		Strandort 7	123456789	Nein
9		Strandort 8	123456789	Nein
10		Strandort 9	123456789	Nein

Abbildung 46: Variation der ermittelten möglichen Standorte in der zentralen Netzstruktur

Entspricht das System den Randbedingungen, so werden den jeweiligen Standorten die zu beliefernden Regionen zugewiesen und der **Transportaufwand** für eine Zentrallager-, die Regionallager- und Kundenbelieferung berechnet. Aus den erhaltenen Werten wird eine **Aufschlüsselung je Standort** nach Durchschnittsbedarf pro Tag, den benötigten Transporten, der durchschnittlichen Belieferungsfrequenz, dem durchschnittlichen Lagerstand und der realen durchschnittlichen Transportmittelauslastung durchgeführt. Aufgrund der Differenz zwischen Haupt- und Nebensaison werden diese getrennt voneinander ermittelt. Entspricht diese Aufschlüsselung, im Speziellen die Transportmittelauslastung, den **Randbedingungen**, so können diese **Daten übernommen** und ausgegeben werden. Ist dies nicht der Fall, so muss erneut in die Anzahl der möglichen Standorte eingegriffen werden.

Die Anzahl der Standorte wird somit bedeutend durch das Transportaufwandsminimum sowie durch Randbedingungen, wie der maximalen Reichweite der Verkaufsfahrten, beeinflusst. Es hat sich gezeigt, dass hier die klassische Trade-Off-Problematisierung zwischen Transportaufwand und Lagerhaltungsaufwand auftritt. Diese Problematik kann nur durch eine Vergleichsrechnung mehrerer Alternativen gelöst werden. In dieser Berechnungsmethodik wird dies durch das Variieren der Standortanzahl und das Vergleichen der Ergebnisse erreicht.

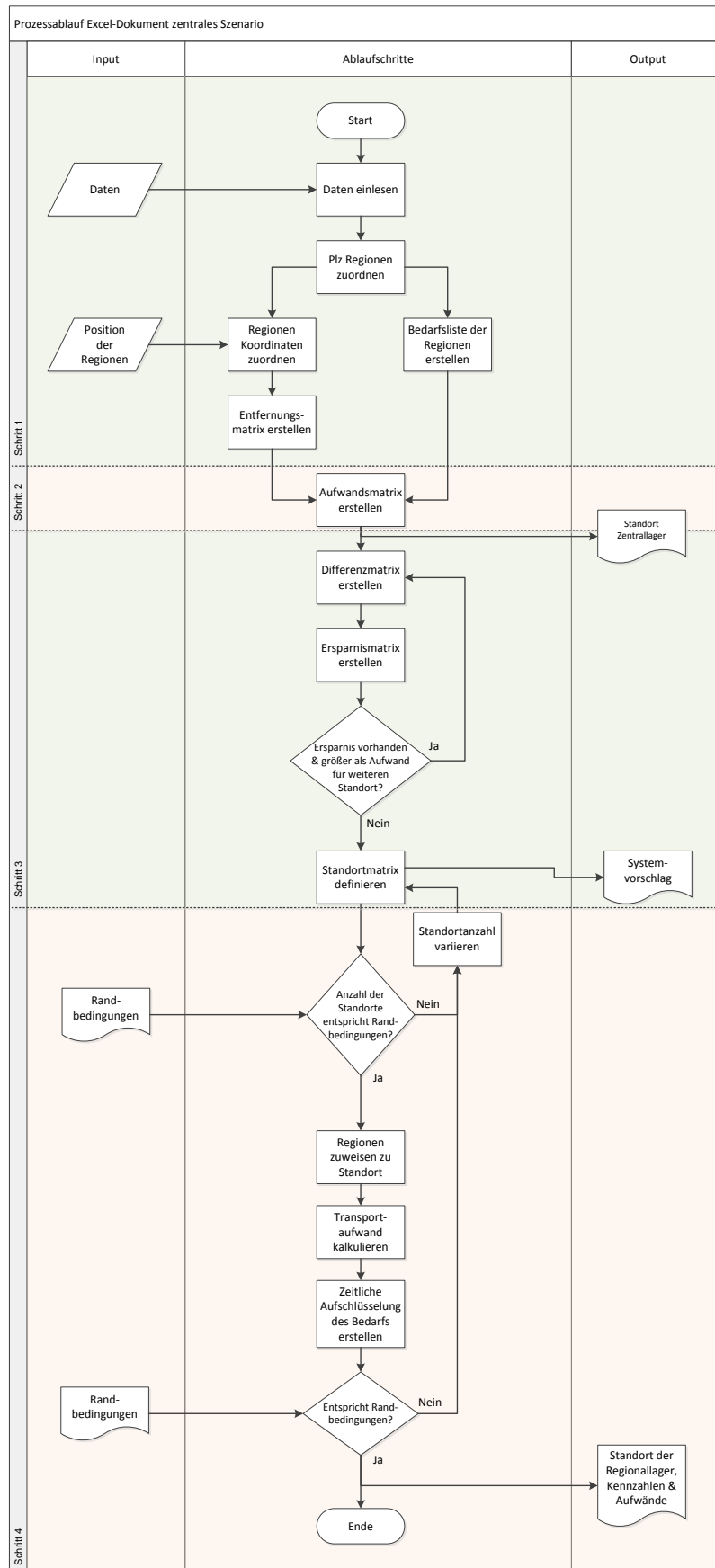


Abbildung 47: Flussdiagramm Excel-Dokument zentrales Szenario

4.3.2 Trade-Off-Analyse im zentralen System – Sensitivitätsanalyse anhand der Standortanzahl

Bei der Bestimmung der Anzahl der Standorte entsteht ein Zielkonflikt zwischen den sinkenden Auslieferungsaufwänden zu den Kunden, den Aufwänden für die Regionallagerbelieferungen und den Lagerhaltungsaufwänden. Anhand der Funktion der aufsummierten Aufwände im zentralen System, welche durch eine Vergleichsrechnung erstellt wurde, ist ersichtlich, dass bei steigender Anzahl an Niederlassungen die Funktion zuerst steigt und anschließend wieder etwas abfällt (Abbildung 48). Es wurde somit eine Sensitivitätsanalyse anhand der Standortzahlen durchgeführt, bei welcher untersucht wurde, wie sensitiv der Transportaufwand auf Veränderungen der Standortanzahl reagiert. Mit steigender Anzahl an Niederlassungen sinkt die Summe der Aufwände zur Belieferung der Kundenregionen, wohingegen die Belieferungsaufwände für eine Versorgung der Regionallager aus dem Zentrallager steigt. Die Standortkosten im System steigen mit jedem zusätzlichen Standort ebenfalls, was jedoch in dieser Abbildung nicht berücksichtigt wird, da eine definierte Funktion in Abhängigkeit der Anzahl der Standorte nicht bekannt ist.

Um in Summe einen geringeren Aufwand zu erzielen, kommt ein System mit mehr als drei Niederlassungen nicht in Frage und es werden höhere Auslieferungsaufwände in die Kundenregion in Kauf genommen. Das Versorgen der Absatzgebiete durch eine oder zwei Niederlassungen wird aufgrund der großen Distanzen nicht in Betracht gezogen. Die täglich zurückzulegenden Strecken der Verkaufsfahrten würden das Maximum von 400 bis 500 km deutlich übersteigen.⁸⁹ Die durchschnittlich von Verkaufsfahrern zurückgelegte Strecke verkürzt sich bei einem System mit drei Niederlassungen um ca. 18,5 % gegenüber einem mit zwei Niederlassungen. Der Transportaufwand des Systems mit drei Standorten steigt um 4,45 %, gemessen an jenem mit zwei Niederlassungen. Aufgrund der deutlich geringeren Distanzen zu den Kunden bzw. einer günstigeren Anzahl an Standorten wird dieses dezentrale System mit drei Standorten bevorzugt.

⁸⁹ vgl. (Gudehus, 2012b S. 850)

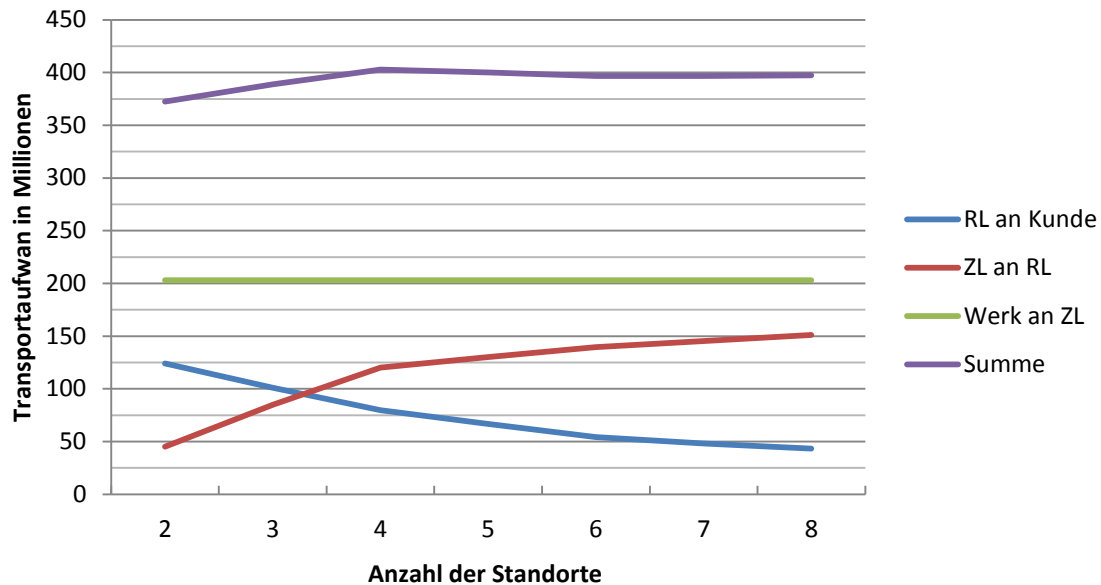


Abbildung 48: Funktion für den Transportaufwand im zentralen System in Abhängigkeit der Anzahl der Regionallager

4.3.3 Beschreibung und Definition des Szenarios eines zentralen Lagersystems in Frankreich

Im folgenden Abschnitt wird das durch die beschriebene Berechnungsmethodik und unter Einfluss der erläuterten Trade-Off-Problematik ermittelte zentrale Lagersystem beschrieben. Dieses System setzt sich aus einem Zentrallager und zwei Regionallagern zusammen. Mit Hilfe der ADD-Heuristik, welche wie beschrieben auf die Verteilung des Kundenbedarfs und weiterführend auf den Transportaufwand eingeht, ergibt sich der Standort des Zentrallagers zwischen den Städten Bourges, Nevers und St. Amand im Département 18, das wie erwartet im Zentrum Frankreichs liegt. Die weiters berechneten Standorte der Regionallager befinden sich südlich von Rennes im Département 35 und südlich von St. Étienne im Département 43. Die geografische Verteilung der Regionallager sowie die Position des Zentrallagers ist in Abbildung 49 dargestellt.

Durch die Verwendung eines zentralen Lagersystems können Bestände und somit auch Lagerkosten in Regionallagern minimiert werden. Die Zentralisierung erfolgt so weit, dass weder die Lieferfähigkeit noch die Lieferzeiten negativ beeinflusst werden. Um die geforderten Serviceleistungen einhalten zu können, werden periodenweise dezentral Bestände angelegt. Eine Belieferung aus den Regionallagern durch Verkaufsfahrer soll mit einer Vorlaufzeit von zwei Tagen erfolgen, wohingegen die Vorlaufzeit der Belieferung des Zentrallagers aus dem Werk drei Wochen in Anspruch nimmt. Durch die Einführung eines zentralen Lagerpunkts soll eine Entkopplung des regionalen Markts von der Produktion erfolgen und die Reaktionsfähigkeit soll gesteigert werden. Die Belieferungen der regionalen Lager aus dem Zentrallager soll stets mit maximaler Transportmittelauslastung erfolgen,

was somit in unterschiedlichen periodenabhängigen Intervallen geschieht. Da es sich um ein saisonales Produkt handelt, schwankt die Belieferungsfrequenz stark zwischen Neben- und Hauptsaison.

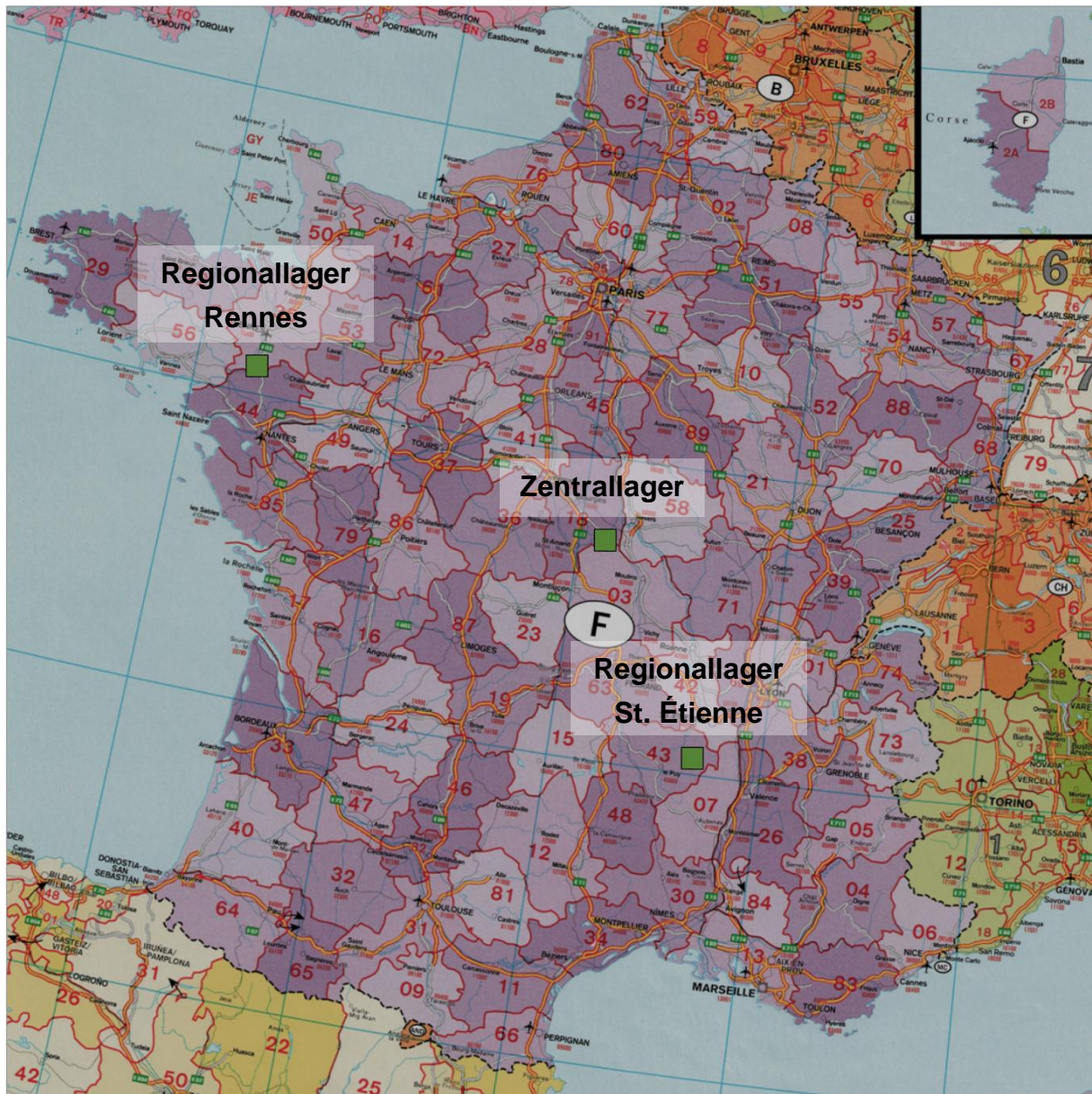


Abbildung 49: Rechnerisch optimale Position des Zentrallagers sowie der Regionallager

4.3.4 Kaufmännische Betrachtung des vorgeschlagenen zentralen Lagersystems

In folgendem Abschnitt werden die ermittelten Ergebnisse zu Kennzahlen verdichtet, um diese im Weiteren mit alternativen Szenarien zu vergleichen. Aufgrund verschiedener Trade-Off-Probleme, in diesem spezifischen Fall spezielle zwischen Transportaufwand und Lagerhaltung, werden die zu vergleichenden Kennzahlen

nach Kategorien unterteilt, wodurch die Bewertung, insbesondere für Dritte, erleichtert wird.⁹⁰

Die in folgenden Absätzen angegebenen Kennzahlen werden mit Hilfe der in Kapitel 7.1 und 7.2 angeführten Daten und der beschriebenen Methodik berechnet. Die angegebenen Distanzen beziehen sich auf ein überlagertes Koordinatensystem, dienen lediglich zu Vergleichszwecken und sind keine Kilometerangaben.

a) Distanzen zu Absatzregionen

Es ergeben sich folgende mittlere und maximale Distanzen zu den Kundenregionen der jeweiligen Regionallager:

Distanz zu Absatzregionen		
	Mittelwert	Maximum
Rennes	8,0345	16,0312
St. Étienne	10,0144	22,1359
Zentrallager	11,3695	20,6155
Gesamt Mittel	10,2618	

Tabelle 5: Mittlere und maximale Distanz zu Absatzregionen der RL im zentralen System

b) Auslastung und Lieferfrequenz der Lkw bei Regionallagerbelieferung

Die Randbedingungen fordern die Einhaltung der maximalen Auslastung der Transportmittel, wobei es sich um Sattelschlepper mit einer effektiven Nutzlastkapazität von 24 Tonnen handelt.

In folgender Tabelle wird die theoretische durchschnittliche Auslastung sowie die durchschnittliche Belieferungsfrequenz für Haupt- und Nebensaison berechnet. Die ermittelten Werte ergeben sich aus 209 Arbeitstagen im Untersuchungszeitraum in der Nebensaison und 84 Tagen in der Hauptsaison, die im September beginnt und mit Ende Dezember endet. Die theoretisch benötigten Fahrten werden aus dem aufsummierten saisonalen Bedarf des Regionallagers durch die Kapazität des Transportmittels berechnet. Um eine möglichst hohe Transportauslastung zu erreichen, werden daraus die theoretischen und realen Lieferfrequenzen ermittelt. Daraus resultiert die Notwendigkeit, Lagerbestände anzulegen, um die geforderten Randbedingungen einzuhalten. Die theoretische durchschnittliche Belieferungsfrequenz berechnet sich aus den saisonal zur Verfügung stehenden Arbeitstagen durch die aufgerundeten benötigten Fahrten. Der durchschnittliche Lagerbestand ergibt sich aus der tatsächlich transportierten Masse und versteht sich exklusive Sicherheitsbestand. Für eine Bestimmung der Sicherheitsbestände wird unter

⁹⁰ vgl. (Bretzke, 2010 S. 111)

anderem die Standardabweichung der Absatzregionen benötigt, deren Berechnung zu diesem Zeitpunkt aufgrund von fehlenden Daten nicht möglich ist.

Lkw Auslastung bei durchschnittlicher Belieferungsfrequenz in Neben- und Hauptsaison			
Nebensaison	Arbeitstage Nebensaison	209	
		Rennes	St. Étienne
	Ø Bedarf/Tag	6.993,07 kg	9.319,27 kg
	Benötigte Fahrten theor.	60,90	81,16
	Benötigte Fahrten real	61	82
	Ø Frequenz theor. (Tage)	3,43	2,55
	Ø Frequenz real	3	2
	Ø Auslastung	87,41%	77,66%
	Ø Lagerbestand	10.489,61 kg	9.319,27 kg
Hauptsaison	Arbeitstage Hauptsaison	84	
		Rennes	St. Étienne
	Ø Bedarf/Tag	12.667,89 kg	20.580,43 kg
	Benötigte Fahrten theor.	44,34	72,03
	Benötigte Fahrten real	45	73
	Ø Frequenz theor. (Tage)	1,87	1,15
	Ø Frequenz real	1	1
	Ø Auslastung	52,78%	85,75%
	Ø Lagerbestand	6.333,94 kg	10.290,21 kg

Tabelle 6: Kalkulation der durchschnittlichen Belieferungsfrequenzen und der Lkw Auslastung im zentralen System

c) Aufwand Belieferung Zentrallager

Um Transportaufwände zu bewerten, wird das Produkt aus theoretischen Distanzen und den zu transportierenden Massen gebildet, was vergleichsweise Tonnenkilometern entspricht. Da ein Transport in ein französisches Lager bei den untersuchten Szenarien stets über Strasbourg erfolgt, wird dieser Standort als Ausgangsort gewählt.

Der Aufwand für die Belieferung des Zentrallagers stellt sich wie folgt zusammen:

Aus einem überlagerten Koordinatensystem ergibt sich für die Strecke von Strasbourg bis ins Zentrallager eine Distanz (s_{ZL}) von 20,6155. Die Berechnung des Jahresbedarfs (d_{Jahr}) des Zentrallagers ergibt 9.851.973,60 kg. Der Transportaufwand (A_{ZL}) ergibt somit:

$$A_{ZL} = s_{ZL} * d_{Jahr} = 20,6155 * 9.851.973,65 \text{ kg} = 203.103.639,90$$

Das Ergebnis ist, in Bezug auf die Einheiten, vergleichbar mit Tonnenkilometern, welche jedoch aufgrund der verwendeten Distanzen nicht vollständig angewandt werden können.

d) Aufwand Belieferung Regionallager

Auf äquivalente Weise werden auch die Belieferungsaufwände der Regionallager bestimmt. In folgender Tabelle werden die Distanzen der jeweiligen Regionallager sowie deren Bedarf dargestellt.

Entfernung vom ZL zum RL				Jahresbedarf RL	
von (ZL)	nach (RL)	Distanz	Zeitaufwand (Tage)		
Zentrallager	Rennes	17,8885	1	Rennes	2.525.655,01 kg
Zentrallager	St. Étienne	10,7703	1	St. Étienne	3.676.484,04 kg

Tabelle 7: Distanz und Bedarf der Regionallager zum Zentrallager

Daraus ergibt sich folgender Transportaufwand:

Transportaufwand der RL vom ZL		
von (ZL)	nach (RL)	Aufwand
Zentrallager	Rennes	45.180.290,32
Zentrallager	St. Étienne	39.596.944,93
Summe		84.777.235,25

Tabelle 8: Belieferungsaufwand der Regionallager vom Zentrallager

e) Aufwand Kundenbelieferung

Die Summe der Aufwände der Verkaufsfahrten ergibt sich mittels der ADD-Heuristik und berechnet sich auf Basis des Transportaufwands. Dabei wird zuerst die Position des Zentrallagers ermittelt, indem das Minimum der aufsummierten Transportaufwände der Regionalbelieferungen für das gesamte Absatzgebiet gesucht wird. In den weiteren Schritten werden Standorte gesucht, von denen aus Ersparnisse verwirklicht werden können. Es sollen somit zum zentralen Standort weitere hinzugefügt werden. In Tabelle 9 ist der ermittelte zentrale Standort sowie der zugehörige Transportaufwand für die Belieferung des gesamten Markts als auch die hinzugefügten Standorte und deren Ersparnisse gegenüber einer vollständigen Zentrallagerbelieferung aufgeführt. Der Transportaufwand für die Belieferung der Absatzregionen ergibt sich somit aus dem Subtrahieren der Ersparnisse der hinzugefügten Standorte vom Transportaufwand des Zentrallagers für eine frankreichweite Belieferung. Eine Tabelle mit weiteren potentiellen Standorten sowie deren Einsparungspotential befindet sich im Anhang Kapitel 7.3.

Transportaufwand Kundenbelieferung		
Standort	Transportaufwand	
Zentrallager	152.594.798,14	
	Ersparnis	Ersparnis %
Rennes	28.550.081,70	18,71%
St. Étienne	23.035.777,05	15,10%
	<hr style="width: 100%; border: 0.5px solid black;"/>	
	101.008.939,39	

Tabelle 9: Transportaufwand der Kundenbelieferung im zentralen System

f) Gesamter Transportaufwand zentrales System

Es ergibt sich die Summe der soeben beschriebenen Transportaufwände wie folgt:

Transportaufwand zentrales System	
	Transportaufwand
Kundenbelieferung	101.008.939,39
Belieferung Zentrallager	203.103.639,90
Belieferung der RL vom ZL	84.777.235,25
Summe	388.889.814,54

Tabelle 10: Gesamter Transportaufwand der zentralen Struktur

4.3.5 Folgen der Implementierung des zentralen Lagersystems

Durch die Bündelung im zentralen Lager der in Frankreich abgesetzten Masse kommt es zu einer Entkopplung der absatznahen Regionallager von der Produktion und einer dezentralen Bestandsreduktion. Unter der Voraussetzung einer optimalen Bestands- und Nachschubdisposition und gleicher relativer Gängigkeit der Produkte in den dezentralen Standorten ist der Zentrallagerbestand (m_{ZB}) gleich der Wurzel aus der Quadratsumme der Bestände in den dezentralen Lagern (m_{BA}) multipliziert mit dem Verhältnis des Lagerstrukturfaktors des Zentrallagers (F_{ZL}) gegenüber dem Lagerstrukturfaktors des dezentralen Lagers (F_{DL}). Dieser sogenannte Wurzelsatz für die Zentralisierung von Lagerbeständen lautet:

$$m_{ZB} = \frac{F_{ZL}}{F_{DL}} * \sqrt{\sum_i m_{BAi}^2}$$

Im Weiteren wird angenommen, dass die dezentralen Lager annähernd gleichen Bedarf und gleichen Lagerstrukturfaktor aufweisen, wodurch sich die gezeigte Formel zur folgenden Faustregel vereinfacht. Unter den angesprochenen Voraussetzungen verringern sich die Bestände durch eine Zentralisierung um einen Faktor $1/\sqrt{N_L}$ gegenüber dem Summenbestand der dezentralen Lager. Daraus folgt, dass in dem berechneten zentralen Lagersystem bis zu 70,71 % der Bestände gegenüber einer

dezentralen Lagerhaltung eingespart werden können. Dies ist als erste Abschätzung des Einsparungspotentials zu verstehen und aufgrund der Vereinfachungen mit einem gewissen Fehler gegenüber den tatsächlichen Werten versehen. Verfälscht wird das Ergebnis durch Differenzen beim Bedarf und bei den Lagerstrukturfaktoren der beiden Regionallager.⁹¹

Ausgleichseffekte zwischen Kundenbestellungen haben ebenfalls einen verminderten Einfluss auf die Bestände im gesamten System. Ebenso werden durch die zentrale Lagerung Verbrauchsschwankungen abgedämpft an die Produktion weitergegeben. Aufgrund der Entkopplung wird eine kapazitätsoptimale Belieferung des Zentrallagers durchgeführt, die nicht von der geografischen oder zeitlichen Absatzverteilung abhängig ist. Es kommt im Weiteren, aufgrund dieser Entkopplung, zu einer Reduktion der Reaktionszeit auf rund ein Fünftel gegenüber einer Werksbelieferung und es kann somit schnell auf kurzfristige Nachfrageschwankungen reagiert werden. Dies setzt selbstverständlich entsprechend große Bestände im Zentrallager voraus. In der Nebensaison ergibt sich eine Belieferungshäufigkeit von zwei bzw. drei Tagen, welche jedoch in der Hauptsaison auf einen Tag gesenkt wird. Dies begünstigt ebenfalls die Reaktionsfähigkeit bzw. -zeit, was besonders in der umsatzstarken Hauptsaison von Bedeutung ist. Der Transport zu den Regionallagern erfolgt bedarfsgesteuert auf Basis des Lagerstands, wodurch der Transportaufwand minimiert wird. Durch kurze Distanzen zu den Niederlassungen kann schnell reagiert werden, weshalb die Anzahl der Fehlmengen minimiert wird und somit der Servicegrad steigt, was jedoch aufgrund der gesamten hohen Transportaufwendungen und der Führung eines großen Zentrallagers teuer „erkauft“ werden muss. Am französischen Markt ergibt sich, unter Berücksichtigung maximaler Auslieferwege, bei einem zentralen System ein Transportaufwandsminimum bei drei Standorten. Dies führt einerseits zu geringen Transportaufwendungen zu den Regionallagern, aber andererseits zu höheren durchschnittlichen Distanzen bei den Verkaufsfahrten, was zu höheren Fahrt- als auch Arbeitskosten bzw. Transportaufwänden führt. Diese Betriebsaufwendungen werden weiters noch durch die hohen Zentrallagerbelieferungen gesteigert. Die Kosten des Zentrallagers pro transportierter Einheit sind jedoch aufgrund des hohen Durchsatzes relativ gering. Dazu kommt weiters, dass das Zentrallager ebenfalls als Auslieferungslager genutzt wird. Die Transportaufwände von diesem Lager sind relativ hoch, da die abgesetzte Masse im Zentrum Frankreichs und somit in den umliegenden Regionen relativ gering ist im Vergleich zu den gesamt abgesetzten Massen. Die Senkung der Bestände im System, aufgrund der Annahme, dass sich Nachfrageschwankungen ausgleichen, führen jedoch zu einer Steigerung des Prognoserisikos. Es werden somit nicht nur Bestände, sondern auch das Risiko zentralisiert.

⁹¹ vgl. (Gudehus, 2012a S. 364)

Um Kosten zu minimieren und optimale Bestände zu erreichen, sollen folgende Strategien umgesetzt werden:⁹²

- a) Nachschub sowie Bestände des Zentrallagers werden nach der Theorie des virtuellen Zentrallagers zentral disponiert.
- b) Nachschub und Bestände in den Regionallagern werden unabhängig voneinander dezentral so disponiert, dass die Kosten minimiert werden.
- c) Um den Bullwhip-Effekt durch Zusammentreffen vieler Auslieferungen am selben Tag zu vermeiden, erhalten die Regionallager ihren Nachschub, wenn möglich, an verteilten Tagen.
- d) Ergeben sich Lieferungen am selben Tag zum und vom Zentrallager, so werden diese Produkte ohne Zwischenlagerung im Crossdocking-Verfahren direkt weiter transportiert.

Um die Theorie des virtuellen Zentrallagers umzusetzen, bei welchem die Bestände über Computersoftware zentral verwaltet werden, ist es notwendig, dass die zentrale Dispositionsstelle den täglichen Bestelleingang sowie die aktuellen Bestände des Zentrallagers kennt. Diese Voraussetzung ist durch ein systeminternes IT-Netz erfüllbar, wodurch die Lagerstätten profitieren, wenn die Disposition der betreffenden Bestände dem Werk überlassen wird.⁹³ Punkt d) der angeführten Strategien bedeutet für die Hauptsaison, in deren Zeitraum es zu täglichen Lieferungen zu den Regionallagern kommt, dass Produkte nicht eingelagert, sondern direkt weiter transportiert werden. Somit wird zumindest zeitweise ein nahezu bestandsloses Netzwerk betrieben.

Die Zuweisung der Zielregionen zu den Standorten ist aus Tabelle 20 ersichtlich.

Die geografische Verteilung bildet sich wie folgt ab, wobei die Zielregionen in rot von dem Standort bei Rennes, jene in grün aus dem Zentrallager und jene in blau aus dem Standort bei St. Étienne beliefert werden.

Die Folgen aus der Implementierung des zentralen Distributionssystems fließen in den Vergleich in Kapitel 5 mit ein.

⁹² vgl. (Gudehus, 2012b S. 1029)

⁹³ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1030)

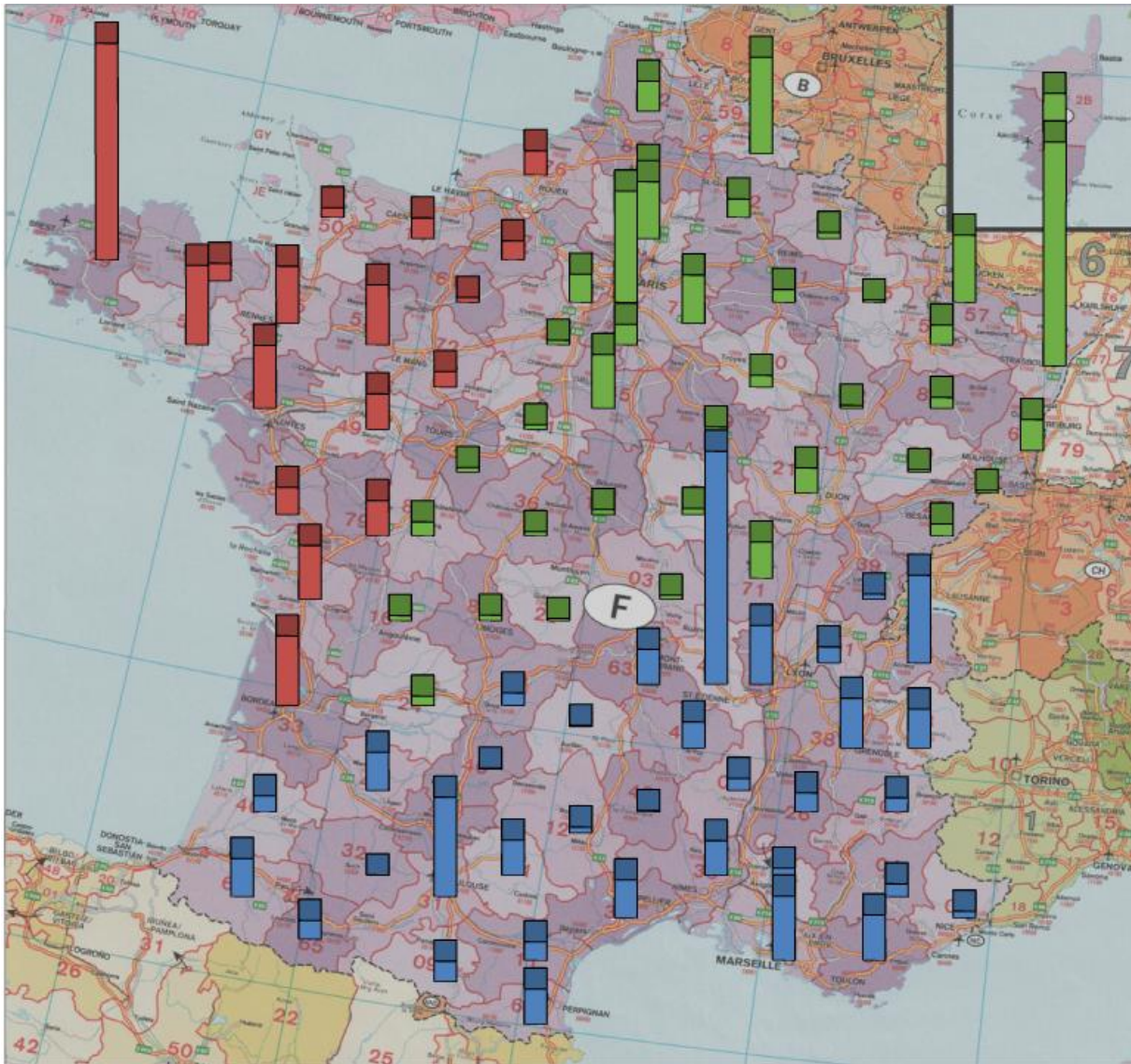


Abbildung 50: Farblich markierte Zielregionen des zentralen Netzwerks; Rot: Quelle Rennes; Grün: Quelle Zentrallager; Blau: Quelle St. Étienne

4.4 Entwicklung und Beschreibung des Szenarios einer dezentralen Netzwerkstruktur

In diesem Kapitel werden die Berechnungsabläufe, die zu einer neuen dezentralen Netzwerkstruktur führen, erläutert und die dabei eintretenden Trade-Off-Problematiken beschrieben. Weiters wird das ermittelte System beschrieben und die erhaltenen Kennzahlen, als auch die Folgen einer Implementierung dieses Systems erläutert.

4.4.1 Eingesetzte Berechnungsmethodik für eine dezentralen Netzwerkstruktur

Für die Berechnung der dezentralen Netzwerkstruktur wurde ebenfalls ein Rechenprozess, basierend auf einem Excel-Dokument, entwickelt. Der Ablauf der zum Großteil selbständig ablaufenden Rechenoperationen wird in Abbildung 54 als Flussdiagramm dargestellt. Die für die Berechnung notwendigen Eingaben werden in den folgenden Abbildungen ebenfalls als gelb markierte Felder dargestellt. Diese Berechnungsmethodik ist von den Berechnungsmodellen, die in Kapitel 2.10 vorgestellt wurden, abgeleitet.

Für die Berechnung werden Daten aus der unternehmensinternen Datenbank herangezogen, wobei es sich um denselben Datensatz handelt wie bei der Berechnung des zentralen Netzwerks (Untersuchungszeitraum Jänner 2013 bis inkl. Februar 2014). Diese beinhalten Informationen über die durchgeführten Transporte im Unternehmen und dienen ebenfalls als Zukunftsprognose. Wie bereits erwähnt, beinhaltet dieser Datensatz Informationen über den Absatzkanal, den Pfad, die Quelle (Land und Postleitzahl), das Ziel (Land und Postleitzahl), den Durchführungszeitraum des Transports, die Anzahl der Lieferscheinpositionen und die Masse in Kilogramm. Diese Methodik wird zur besseren Übersichtlichkeit ebenfalls in Schritte unterteilt.

Schritt 1: Entfernungsmatrix erstellen und Gebiete bilden

Nach Eingabe der **Quelldaten** werden die Postleitzahlen des Transportziels zu **Regionen** zusammengefasst. Die Regionen werden durch die ersten zwei Ziffern der Postleitzahl definiert. Die Grundstruktur der Quelldaten wird in Abbildung 51 dargestellt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Absatzkanal	Pfad	Abgangland	Abgang-Plz	Zielland	Ziel-Plz	Datum [JJJJ-MM]	Anzahl der Lieferscheinpositionen	Gewicht [kg]
2	NL Frankreich	NL an Kunde	Frankreich	1234 Ort	Frankreich	12345 Ort	2014-01	12	123456,7 kg
3	:	:	:	:	:	:	:	:	:

Abbildung 51: Eingabe der Quelldaten der dezentralen Netzstruktur

Nach diesem Arbeitsschritt teilen sich der Weg in zwei parallele Wege auf. Auf der einen Seite werden den Regionen **Koordinaten zugewiesen**. Dafür ist im Vorhinein eine Definition der Positionen der einzelnen Regionen notwendig. Es wird ein zweidimensionales Koordinatensystem mit 50 mal 50 Einheiten zu Hilfe genommen. Die Struktur der Eingabefelder wird in Abbildung 52 dargestellt.

	A	B	C
1	Ziel-Region	Zielkoordinate x	Zielkoordinate y
2	01	37	20
3	02	33	41
4	03	30	23
5	04	40	9
6	05	40	13
7	06	43	8
8	07	33	14
9	08	37	40
10	09	20	5
11	10	34	33
12	11	24	6
13	12	26	12
14	13	35	6
15	14	19	40
16	:	:	:
17	95	28	38

Abbildung 52: Definition der Positionen der einzelnen Regionen im dezentralen System

Nach diesem Schritt wird die bereits bekannte **Entfernungsmatrix** erstellt. Diese beinhaltet ebenfalls in der Ebene 2.500 mögliche Standorte und die zu beliefernden Regionen. Auf der anderen Seite werden die Bedarfe der einzelnen **Regionen aufaddiert und aufgelistet**. Auf Basis der Bedarfsverteilung und den in Kapitel 2.10 vorgestellten Gebietseinteilungsprinzipien werden die Zielregionen zu **Gebieten** zusammengefasst. Aus dieser Zuweisung ergeben sich im Anschluss die **Bedarfe dieser Gebiete**. Ein Auszug aus dem eingesetzten Excel-Dokument wird in Abbildung 53 dargestellt.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Ziel-Plz	Gebiet	Abgang-Plz	Ziel Land	Zielkoordinate x	Zielkoordinate y	Distanz	Bedarf Zielregion
2	01	A	67	Frankreich	37	20	4,472135955	123456,7 kg
3	02	B	93	Frankreich	33	41	5	123456,7 kg
4	03	C	35	Frankreich	30	23	5,830951895	123456,7 kg
5	04	D	42	Frankreich	40	9	11,40175425	123456,7 kg
6	05	E	31	Frankreich	40	13	8,602325267	123456,7 kg
7	:	:	:	:	:	:	:	:

Abbildung 53: Gebietseinteilung in der dezentralen Netzstruktur

Schritt 2: Aufwandsmatrix erstellen und Transportaufwand der Standorte kalkulieren

Die beiden Rechenwege fließen wieder zu den **Aufwandsmatrizen** der jeweiligen Gebiete zusammen. Die Anzahl dieser Aufwandsmatrizen entspricht jener Anzahl der definierten Gebiete. Es wird, wie bereits bekannt, das Produkt aus dem jeweiligen Bedarf der Region und der Distanz zu den Standorten gebildet. Dies entspricht der Berechnung von Tonnenkilometern. Aus diesen Matrizen folgen im Weiteren die optimalen Standorte für die jeweiligen Regionallager, welche den geringsten Belieferungsaufwand des jeweiligen Gebiets aufweisen. Mit den vorläufigen Standorten kann der **Transportaufwand** für das gesamte System kalkuliert werden.

Schritt 3: Vergleichende Bewertung

Dieser Aufwand muss anschließend mit vorhandenen **Vergleichswerten abgeglichen** werden und es muss entschieden werden, ob dieses Distributionssystem, mit dieser Gebietseinteilung, zielführend bzw. wirtschaftlich ist. Ist dies nicht

der Fall, so muss eine neue Gebietseinteilung durchgeführt werden und es wird erneut bei der Bedarfsberechnung der Gebiete fortgefahren. Dies wird so oft wiederholt, bis ein zufriedenstellendes Ergebnis eintritt. Ist der berechnete Transportaufwand zufriedenstellend, so wird die **zeitliche Aufschlüsselung** je Regionallager der jeweiligen Bedarfe erstellt. Diese müssen im Anschluss mit den geforderten **Randbedingungen abgeglichen** werden. Entspricht die Aufschlüsselung diesen nicht, so muss ebenfalls eine neue Gebietseinteilung durchgeführt werden. Entspricht sie den Anforderungen, so können die vorläufigen Standorte übernommen werden und die Kennzahlen und Aufwände ausgelesen werden.

Die Einteilung und die Anzahl der Gebiete ist somit stark von dem Transportaufwand, sowie von Randbedingungen, wie der Distanz zu den Kunden abhängig. Damit ist die Überlegung verbunden, vielfach gefahrene Strecken kurz zu halten, um Fahrtkosten sowie Arbeitszeit der Auslieferungsfahrer zu minimieren. Es hat sich somit auch in diesem System gezeigt, dass die klassische Trade-Off-Problematik zwischen Transportaufwand und Lagerhaltungsaufwand ein zentrales Thema der Aufgabestellung ist. Diese Problematik kann nur durch eine Vergleichsrechnung mehrerer Alternativen gelöst werden, was in dem dezentralen System durch Umstrukturierung der Gebiete erreicht wird.

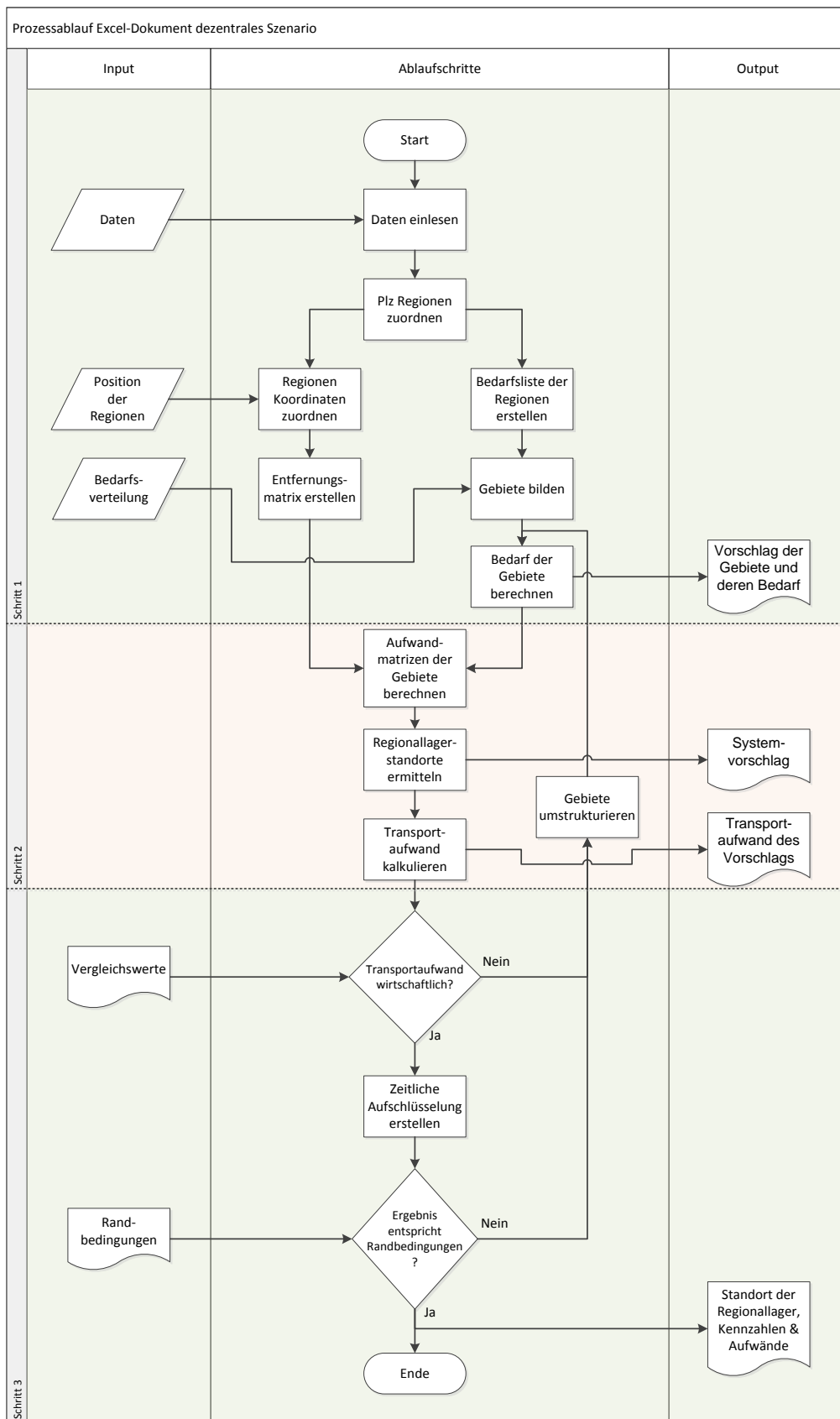


Abbildung 54: Flussdiagramm Excel-Dokument dezentrales Szenario

4.4.2 Trade-Off-Analyse im dezentralen System – Sensitivitätsanalyse anhand der Standortanzahl

Die Trade-Off-Problematik ergibt sich bereits bei der Fragestellung nach der Anzahl der Gebiete bzw. Standorte. Hierbei stehen geringere Auslieferungsaufwendungen an den Kunden, den Lageraufwänden und den Regionallagerbelieferungen gegenüber. Um eine Lösung für diese Problematik zu finden, wird die im letzten Kapitel angesprochene Vergleichsrechnung durchgeführt. Der Transportaufwand wurde somit anhand der Standortanzahl auf sensitives Verhalten hin untersucht, was zum folgenden Ergebnis führte.

Im Falle des dezentralen Netzwerks steigen die durchschnittlichen Distanzen zu den Kundenregionen bei vier Niederlassungen um 23,45 % gegenüber fünf Niederlassungen und die ermittelten Transportaufwände zu den Kundenregionen aus den Regionallagern würden um 30,85 % höher liegen. Dem gegenüber steht eine Ersparnis der Transportaufwendungen zu den Regionallagern in einem System mit vier Niederlassungen von 4,42 % sowie die geringeren Standortkosten. Bei dem derzeitigen Datenstand ist eine seriöse Lagerhaltungskostenfunktion nicht errechenbar. Es ist jedoch abschätzbar, dass das Optimum zwischen vier oder fünf Niederlassungen liegt. Die um fast ein Viertel geringeren Distanzen zu den Absatzregionen sprechen für ein Netzwerk aus fünf Niederlassungen. Das Minimum der Aufwandsfunktion, die sich aus der Summe der Transportaufwände ergibt, wird bei einer Anzahl von fünf Standorten erreicht. Aus diesen Gründen wird somit ein System mit fünf Niederlassungen präferiert. Die Funktion, woraus dieses Minimum hervorgeht, ist in Abbildung 55 ersichtlich.

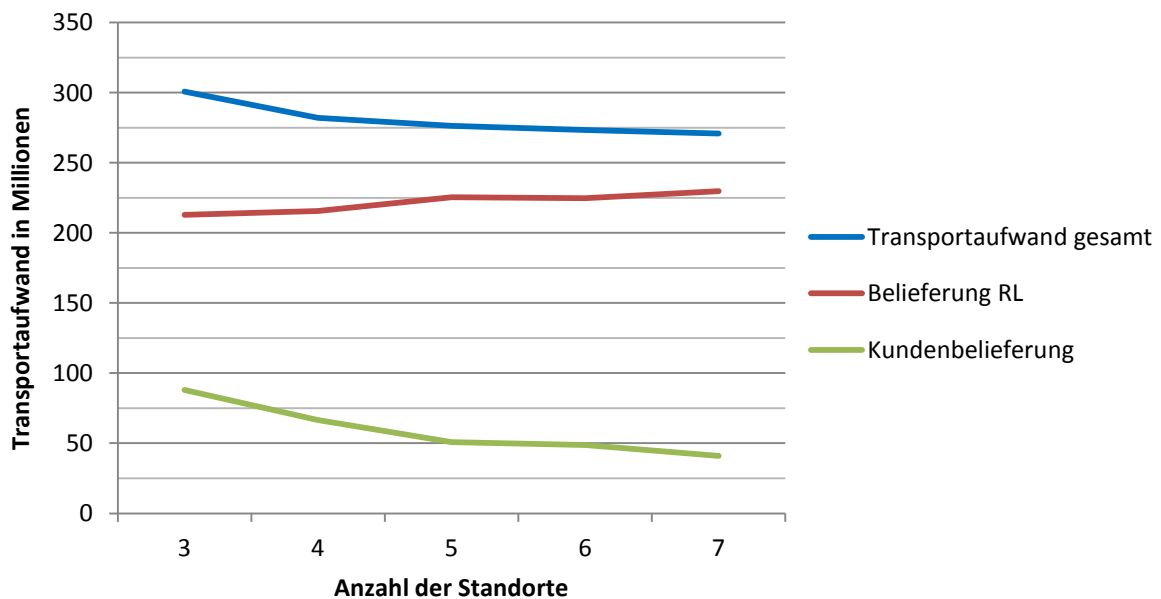


Abbildung 55: Funktion für den Transportaufwand im dezentralen System in Abhängigkeit der Anzahl der Regionallager

4.4.3 Beschreibung und Definition des Szenarios eines dezentralen Lagersystems in Frankreich

Im folgenden Kapitel wird das durch die beschriebene Berechnungsmethodik und unter Einfluss der Ergebnisse der Trade-Off-Analyse ermittelte, dezentrale Lagersystem beschrieben. Die Verwendung von fünf Regionallagern, welche sich auf dem französischen Festland verteilen, stellt sich durch die gezeigte Berechnung am günstigsten heraus, was ebenfalls durch die Erläuterung der Trade-Off-Problematik deutlich wird. Mit den beschriebenen heuristischen Methoden, werden jene Standorte berechnet, die den geringsten Transportaufwand zu den Kunden aufweisen. Die Standorte ergeben sich, wie in Abbildung 56 gezeigt, in Strasbourg, nordöstlich von Paris, südwestlich von Rennes, in St. Étienne und in Toulouse. Ein Großlager am Standort in der Region Strasbourg soll entkoppelnd gegenüber der Werksproduktion und der dreiwöchigen Vorlaufzeit wirken. Dadurch soll die Vorlaufzeit der Kundenbelieferung auf zwei Tage sinken, was den dezentralen Sicherheitsbestand senkt. Die Reaktionsfähigkeit soll ebenfalls gesteigert und die Reaktionszeit verkürzt werden. Von diesem Standort aus werden die Waren neu kommissioniert und mit Sattelschleppern in die übrigen Regionallager versandt. Die Menge der in den Niederlassungen Paris, Rennes, St. Étienne und Toulouse gelagerten Waren wird auf einem nötigen Minimum gehalten, sodass weder die geforderten Lieferzeiten, noch Lieferfähigkeiten nicht negativ beeinflusst werden und die Transportmittelauslastung maximiert wird. Da es sich um ein saisonales Produkt handelt, schwankt die Belieferungsfrequenz stark zwischen Neben- und Hauptsaison, was sich auch auf die Lieferfrequenz auswirkt, die sich an der optimalen Auslastung orientiert.

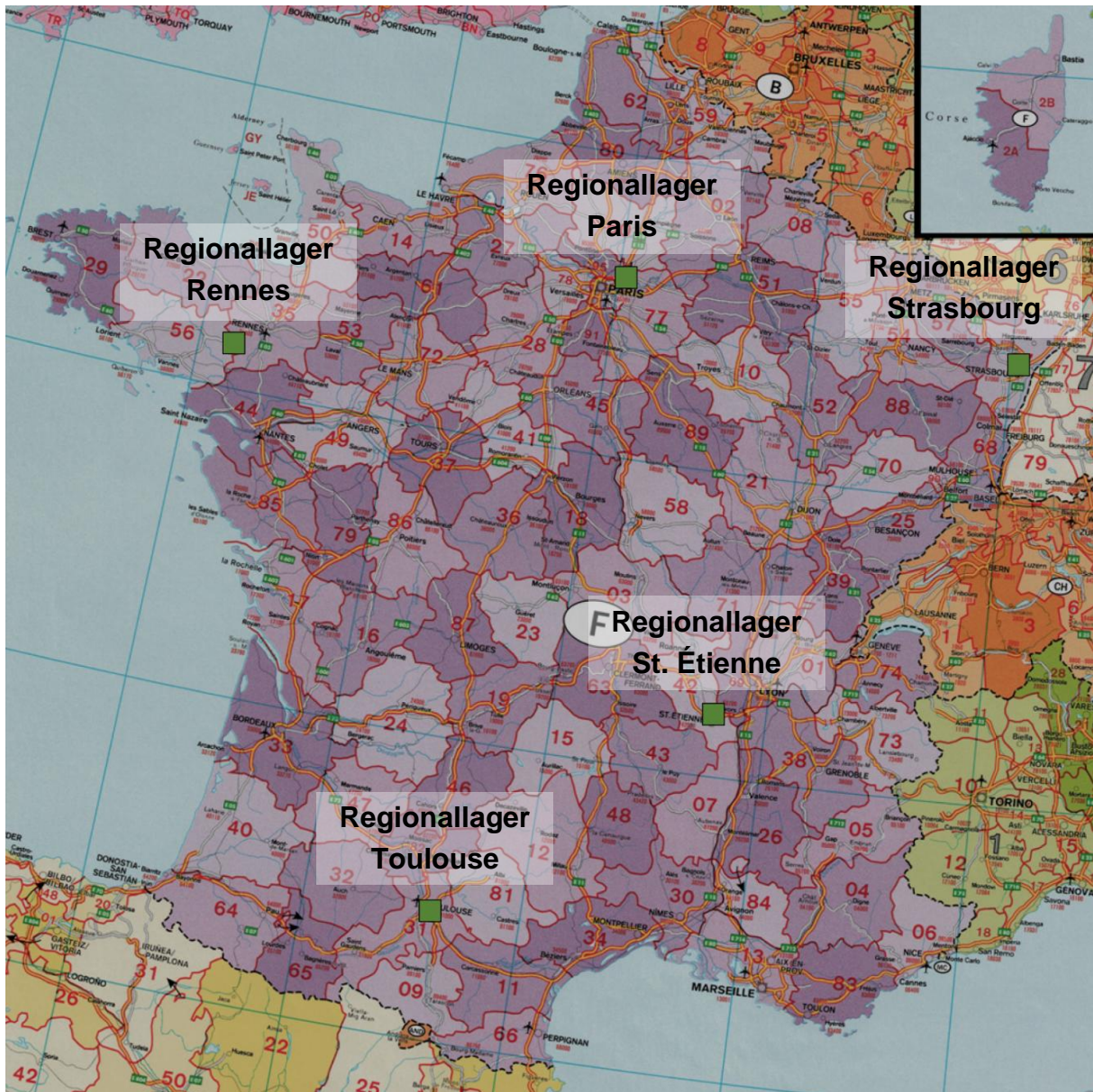


Abbildung 56: Rechnerisch optimale Position der dezentralen Regionallager

4.4.4 Kaufmännische Betrachtung des vorgeschlagenen dezentralen Lagersystems

In folgendem Abschnitt werden die ermittelten Ergebnisse des dezentralen Systems zu Kennzahlen verdichtet, um diese im Weiteren mit alternativen Szenarien zu vergleichen. Aufgrund des in diesem Fall vorherrschenden Trade-Off-Problems, bei dem der Transportaufwand der Lagerhaltung gegenübersteht, werden die zu vergleichenden Kennzahlen ebenfalls kategorisiert betrachtet.

Die in folgenden Absätzen angegebenen Kennzahlen werden mit Hilfe der in Kapitel 7.4 und 7.5 angeführten Daten berechnet. Die angegebenen Distanzen beziehen sich auf ein überlagertes Koordinatensystem und dienen lediglich zu Vergleichszwecken.

a) Distanzen zu Absatzregionen

Es ergeben sich folgende mittlere und maximale Distanzen zu den Kundenregionen der jeweiligen Regionallager:

Distanz zu Absatzregionen		
	Mittelwert	Maximum
Strasbourg	8,0429	12,5300
Paris	5,1177	11,1803
Rennes	7,4655	12,3693
St. Étienne	7,7607	14,1421
Toulouse	6,9088	13,1529
Gesamt Mittel	7,0591	

Tabelle 11: Mittlere und maximale Distanz zu den Absatzregionen der dezentralen Regionallager

b) Auslastung und Lieferfrequenz der Lkw bei Regionallagerbelieferung

Um eine Maximierung der Transportauslastung und damit die Einhaltung der Randbedingung zu erreichen, wird erneut der durchschnittliche Bedarf je Arbeitstag bzw. die benötigte durchschnittliche Belieferungsfrequenz der Niederlassungen, sowie die daraus resultierende durchschnittliche Lkw Auslastung, analog zu jenen Kennzahlen im zentralen System, berechnet. Dies geschieht für Haupt- und Nebensaison. Um die Auslastung der gefahrenen Strecken zu maximieren, wie durch die Randbedingungen gefordert, müssen Lagerbestände angelegt werden, die zu den angeführten durchschnittlichen Lagerbeständen führen. Eine Bestimmung der Sicherheitsbestände ist zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, da die notwendigen Daten für eine Berechnung der Standardabweichung zu diesem Zeitpunkt nicht zur Verfügung stehen.

Lkw Auslastung bei durchschnittlicher Belieferungsfrequen in Neben- und Hauptsaison					
Nebensaison	Arbeitstage Nebensaison	209			
		Paris	Rennes	St. Étienne	Toulouse
	Ø Bedarf/Tag	5.218,38 kg	6.301,61 kg	6.821,00 kg	3.639,33 kg
	Benötigte Fahrten theor.	45,44	54,88	59,40	31,69
	Benötigte Fahrten real	46	55	60	32
	Ø Frequenz theor. (Tage)	4,54	3,80	3,48	6,53
	Ø Frequenz real (Tage)	4	3	3	6
	Ø Auslastung	86,97%	78,77%	85,26%	90,98%
Ø Lagerbestand exkl. SB	10.436,76 kg	9.452,42 kg	10.231,51 kg	10.917,98 kg	
Hauptsaison	Arbeitstage Hauptsaison	84			
		Paris	Rennes	St. Étienne	Toulouse
	Ø Bedarf/Tag	10.420,47 kg	10.697,46 kg	15.192,79 kg	7.784,22 kg
	Benötigte Fahrten theor.	36,47	37,44	53,17	27,24
	Benötigte Fahrten real	37	38	54	28
	Ø Frequenz theor. (Tage)	2,27	2,21	1,56	3,00
	Ø Frequenz real (Tage)	2	2	1	3
	Ø Auslastung	86,84%	89,15%	63,30%	97,30%
Ø Lagerbestand exkl. SB	10.420,47 kg	10.697,46 kg	7.596,40 kg	11.676,33 kg	

Tabelle 12: Kalkulation der durchschnittlichen Belieferungsfrequenzen und der Lkw Auslastung im dezentralen System

c) Aufwand Belieferung Regionallager

Da bei diesem Szenario kein Zentrallager eingesetzt wird, fallen nur jene Belieferungstrecken der Regionallager aus Strasbourg an, deren Position als Ausgangsreferenz für die Berechnungen herangezogen werden. Wie bereits beim Szenario mit zentraler Struktur wird auch hier auf gleiche Weise der Transportaufwand berechnet. In folgender Tabelle werden die Distanzen zu den jeweiligen Regionallagern sowie deren Bedarf dargestellt.

Entfernung zu den Regionallagern von Strasbourg				Jahresbedarf RL	
von	nach (RL)	Distanz	Zeitaufwand (Tage)		
Strasbourg	Paris	18,4391	1	Paris	1.965.961,02 kg
Strasbourg	Rennes	36,0139	1-2	Rennes	2.215.623,41 kg
Strasbourg	St. Étienne	21,2603	1	St. Étienne	2.701.784,25 kg
Strasbourg	Toulouse	36,7967	2	Toulouse	1.414.493,94 kg

Tabelle 13: Distanz sowie Zeitaufwand von Strasbourg zum Regionallager und der Bedarf der Regionallager

Daraus ergibt sich folgender Transportaufwand:

Transportaufwand zu den RL		
von (RL)	nach (RL)	Aufwand
Strasbourg	Paris	36.250.530,05
Strasbourg	Rennes	79.793.209,37
Strasbourg	St. Étienne	57.440.721,06
Strasbourg	Toulouse	52.048.764,31
Summe		225.533.224,80

Tabelle 14: Belieferungsaufwand zu den Regionallagern aus Strasbourg

d) Aufwand Kundenbelieferung

Die Summe der Aufwände der Verkaufsfahrten ergibt sich mittels der heuristischen Standortbestimmung und berechnet sich analog zum bereits gezeigten Transportaufwand. Durch das Zusammenfassen von Regionen ergeben sich die beschriebenen Standorte und die Transportaufwände der jeweiligen Lagerstandorte. Die Summe der in folgender Tabelle angeführten Aufwendungen ergibt den Gesamtaufwand der Kundenbelieferungen.

Transportaufwand Kundenbelieferung	
Standort	Transportaufwand
Strasbourg	3.718.490,40
Paris	8.441.493,19
Rennes	14.401.740,40
St. Étienne	15.965.983,85
Toulouse	8.268.598,56
	50.796.306,41

Tabelle 15: Transportaufwand zur Kundenbelieferung im dezentralen System

e) Gesamter Transportaufwand dezentrales System

Es ergibt sich die Summe der soeben beschriebenen Transportaufwände des dezentralen Systems zu:

Transportaufwand dezentrales System	
	Transportaufwand
Kundenbelieferung	50.796.306,41
Belieferung der RL von Strasbourg	225.533.224,80
Summe	276.329.531,21

Tabelle 16: Gesamter Transportaufwand der dezentralen Struktur

Dieser Transportaufwand lässt sich durch Verschieben der Standorte gegen die Transportrichtung noch verkleinern, wobei das Einsparungspotential bei bis zu zehn Prozent liegt. Dadurch würden jedoch die Lagerpositionen aus dem Zentrum der

jeweiligen Absatzverteilung rutschen, was zu längeren Transportwegen vom Regionallager zu den Kunden führt und somit unerwünscht ist.

4.4.5 Folgen der Implementierung des dezentralen Lagersystems

Das beschriebene französische dezentrale Lagernetzwerk basiert auf fünf Regionallagern, wobei das Lager in Strasbourg, in welchem neu kommissioniert wird und von dem aus die übrigen Lager beliefert werden, zur Entkopplung des französischen Markts von der Produktion dient. Beliefert wird das Lager Strasbourg bedarfsgesteuert durch das Werk. Die in Kapitel 4.3.5 vorgestellte Faustformel des Wurzelsatzes ist in diesem dezentralen System nicht bzw. nur fehlerhaft einsetzbar, da die einschränkenden Voraussetzungen nicht erfüllt werden. Durch die Bündelung der Warenflüsse im Standort Strasbourg und dessen Lagerhaltung können Bestände in anderen Regionallagern minimiert werden, da die Vorlaufzeit der Regionallagerbelieferung gegenüber einer Werksbelieferung stark verkürzt wird, was zu geringeren Sicherheitsbeständen führt. Zur Verringerung der Bestände führt ebenfalls die Nutzung des Ausgleichseffekts im Lager Strasbourg bei regionalen Nachfrageschwankungen der Niederlassungen. Durch dieses Lager entsteht weiters ein gewisser Puffereffekt, wodurch Schwankungen in der Nachfrage nicht direkt an die Produktion weitergegeben werden und dem Bullwhip-Effekt entgegengewirkt wird. Ein ausreichend großer Bestand ist in diesem Lager jedoch Voraussetzung. Aufgrund der relativ schnellen Reaktionszeit können ebenfalls die regionalen Bestände gering gehalten werden, wobei jedoch die großen Distanzen zu den Auslieferungslagern berücksichtigt werden müssen. Beliefert werden die Regionallager ausgehend von Strasbourg bedarfsgesteuert, was zu niedrigen Beständen, geringen Fehlmengen und einer Maximierung der Lkw Auslastung führt. Durch diese Belieferungspolitik steigt jedoch der Kontrollaufwand im System an. In der Nebensaison wird eine Lieferhäufigkeit zu den Regionallagern, abhängig vom jeweiligen Standort, von drei bis sechs Tagen realisiert, wobei diese in der Hauptsaison auf ein bis drei Tage sinkt. Dies führt speziell in umsatzstarken Monaten zu schnellen Reaktionszeiten. In Summe ergeben sich durch die Anlegung eines den Regionallagern vorgeschalteten Großlagers geringere Bestände, was jedoch auch zu einer Erhöhung des Prognoserisikos führt. Aufgrund der verschwindend geringen Transporte zwischen Niederlassungen im gesamten europaweiten Belieferungsnetzwerk sind Transporte zwischen Niederlassungen, abgesehen von den Auslieferungsfahrten, nicht vorgesehen, was die Anzahl der Transportverbindungen und somit der zurückgelegten Strecken stark senkt. Auf Basis der fünf Regionallager ist die täglich zurückzulegende Verkaufsstrecke gering, wodurch die Fahrtkosten als auch die Arbeitszeit verringert wird. Diese Aufwandsersparnis steht jedoch den Systemkosten (Lagerhaltungskosten) der fünf Standorte gegenüber. Durch die Nutzung des Standorts Strasbourg sowohl als Dispositionszwischenstufe als auch als

Verkaufslager können Kosten gespart werden. Diesem Vorteil steht allerdings die Doppelbelastung dieses Standorts gegenüber.

Um die Aufwände bzw. Kosten gering zu halten und optimale Bestände zu erreichen, sollen folgende Strategien eingehalten werden:⁹⁴

- a) Der Nachschub für das Lager in Strasbourg wird nach der Strategie des virtuellen Zentrallagers zentral disponiert, wobei die Bestände mittels Computersoftware zentral verwaltet werden.
- b) Nachschub und Bestände in den Regionallagern werden unabhängig voneinander dezentral so disponiert, dass die Kosten minimiert werden.
- c) Um den Bullwhip-Effekt durch Zusammentreffen vieler Auslieferungen am selben Tag zu vermeiden, erhalten die Regionallager ihren Nachschub, wenn möglich, an verteilten Tagen.
- d) Ergeben sich Lieferungen am selben Tag zum und vom Lager, so werden diese Produkte ohne Zwischenlagerung im Crossdocking-Verfahren direkt weiter transportiert.

Um die Belieferung von Strasbourg von der zentralen Dispositionsstelle umzusetzen, ist es notwendig, über tägliche Bestellungen bzw. aktuelle Bestände Bescheid zu wissen. Dies ist durch ein systeminternes IT-Netz erfüllbar, wodurch die Lagerstätten profitieren, wenn die Disposition der Nachschubmenge dem Werk überlassen wird.⁹⁵ Punkt d) der angeführten Strategien bedeutet ebenfalls, dass es im Standort St. Étienne in der Hauptsaison, in welcher eine tägliche Belieferung zustande kommt, ein Crossdocking-System eingeführt wird.

Die Zuweisung der Zielregionen zu den Standorten ist aus Tabelle 23 ersichtlich.

Die geografische Verteilung bildet sich wie folgt ab, wobei die Zielregionen in rot von dem Standort bei Rennes, jene in orange aus dem Standort Paris, jene in grün aus dem Standort bei Strasbourg, jene in violett aus dem Standort Toulouse und jene in blau aus dem Standort bei St. Étienne beliefert werden.

Die Folgen aus der Implementierung des dezentralen Distributionssystems fließen in den Vergleich in Kapitel 5 mit ein.

⁹⁴ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1029)

⁹⁵ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1030)

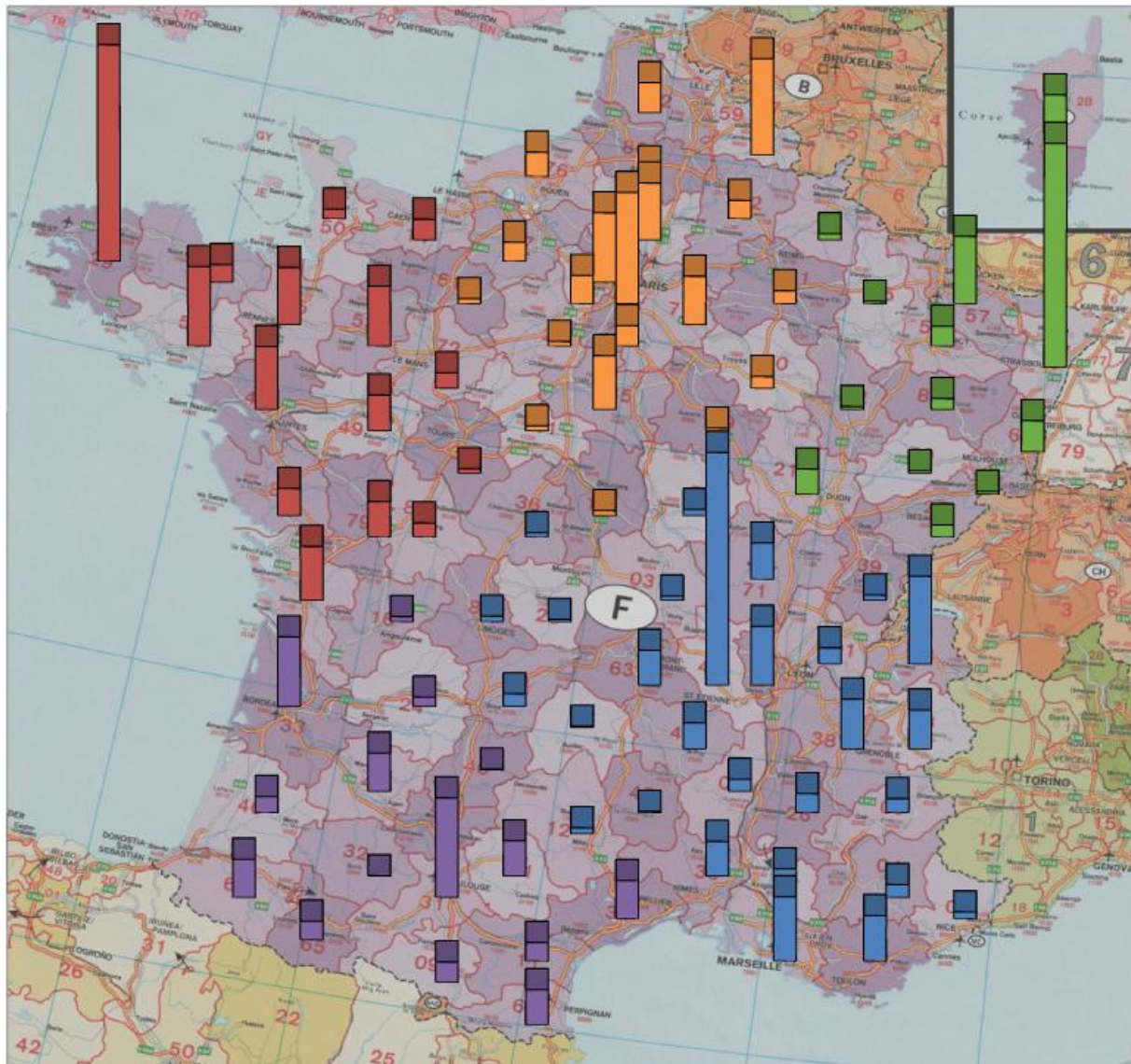


Abbildung 57: Farblich markierte Zielregionen des dezentralen Netzwerks; Rot: Quelle Rennes; Orange: Quelle Paris; Grün: Quelle Strasbourg; Violett: Quelle Toulouse; Blau Quelle St. Étienne

4.5 Kennzahlen des bestehenden Systems

Um das aktuell bestehende System vergleichbar darzustellen, werden jene Bewertungskriterien aus dem zentralen und dezentralen Netzwerk angewandt. Im Folgenden werden die berechneten Kennzahlen des bestehenden Systems dargestellt, um diese mit den erarbeiteten Szenarien in Relation zu setzen. Die angegebenen Distanzen beziehen sich wie bei vorhergehenden Berechnungen auf ein überlagertes Koordinatensystem und dienen lediglich zu Vergleichszwecken.

Das aktuell vorhandene System charakterisiert sich durch drei Niederlassungen, die sich im Elsass, bei Paris und in Toulouse befinden und durch das Werk direkt beliefert werden. Die Vorlaufzeit einer Werksbelieferung beträgt 3 Wochen. Um diese Zeitspanne zu überbrücken, bestehen unterschiedlich große regionale Lager. Wie in

Abbildung 28 und Abbildung 29 ersichtlich ist, streuen die belieferten Absatzregionen stark und viele überlappen sich. Dadurch entstehen sehr weite Wege, die teilweise in einem Arbeitstag nicht zu bewältigen sind.

Kennzahlen aktuell bestehendes System:				
Transportaufwand Niederlassung zum Kunden	155.377.807,55			
Transportaufwand Werk zur Niederlassung	<u>121.417.955,77</u>			
Transportaufwand gesamt	<u>276.795.763,32</u>			
Vorgeschaltete Logistikstation der Niederlassung	Werk			
Vorlaufzeit Belieferung Niederlassung	3 Wochen			
	Toulouse	Elsass	Paris	Gesamt
Ø Lieferdistanz	18,0558	20,8776	16,6092	18,5142
Maximale Lieferdistanz	38,0789	41,2311	35,2278	41,2311
Transportzeit zu Niederlassung (Tage)	2	1	2	
Ø Belieferungsfrequenz real (Tage) Nebensaison	6	1	6	
Ø Auslastung Nebensaison	100,00%	75,99%	95,97%	
Ø Belieferungsfrequenz real (Tage) Hauptsaison	2	0,5	3	
Ø Auslastung Hauptsaison	69,14%	76,06%	94,98%	

Tabelle 17: Kennzahlen des aktuellen Systems

5 Vergleichende Bewertung der Logistiksysteme in Frankreich

Im folgenden Kapitel werden gegenläufige Abhängigkeiten der ermittelten Systeme in Bezug auf Transportauslastung, -frequenz und Lagerhaltung erläutert. Im Weiteren wird ein qualitativer Vergleich der Austauschbeziehungen der beiden ermittelten und dem bestehenden System angestellt. Im Anschluss daran werden die Systeme anhand der ermittelten Kennzahlen verglichen und die jeweiligen Vor- und Nachteile erläutert. Abschließend werden Schritte, die für eine weitere Konkretisierung der Ergebnisse nötig sind, angegeben.

5.1 Trade-Off-Problematik: Transportauslastung, -frequenz und Lagerhaltung

Bei beiden ermittelten Systemen entstehen Trade-Off-Problematiken. Es ist abzuwägen, welches konfliktäre Ziel auf Kosten eines anderen verfolgt werden soll. Es besteht eine gegenläufige Abhängigkeit bei der Lkw-Auslastung gegenüber dem Lagerhaltungsaufwand oder einer hohen Transportfrequenz. Dies bezieht sich insbesondere auf die Belieferungen der Regionallager.

Bei einer täglichen Belieferung im **dezentralen System**, aus welcher minimale Lageraufwendungen und bestmögliche Reaktionszeit resultiert, würde die durchschnittliche Transportmittelauslastung in der Nebensaison 25 % und in der Hauptsaison 46 % ausmachen. Die Transportkosten auf dieser Strecke würden sich pro Einheit verdoppeln bzw. vervierfachen. Bei einer verkürzten Wiederbeschaffungszeit verringert sich primär der Sicherheitsbestand, wohingegen die übrigen Bestände systemintern erhalten bleiben. Um die Transportmittelauslastung zu maximieren, werden dezentral Bestände und der daraus resultierende Lagerhaltungsaufwand sowie geringere Transportfrequenzen in Kauf genommen.

Im **zentralen System** würde es bei einer täglichen Belieferung in der Nebensaison zu einer durchschnittlichen Auslastung von 39 % nach St. Étienne bzw. 29 % nach Rennes kommen. Dem gegenüber stehen wiederum minimale Lageraufwendungen und bestmögliche Reaktionszeit. In der Hauptsaison besteht in diesem System diese Problematik nicht, da es aufgrund des Bedarfs zur täglichen Belieferung kommt. Um hohen Transportkosten je Einheit vorzubeugen, werden ebenfalls dezentrale Bestände und geringere Transportfrequenzen in Kauf genommen.

5.2 Trade-Off-Vergleich der Systeme

Bei einer Implementierung des dezentralen Systems kommt es zu günstigen Transportaufwänden und geringen Distanzen zu den Absatzregionen. Dem steht jedoch eine große Anzahl an Niederlassungen und ein höherer Lagerbestand gegenüber.

Bei Einführung des zentralen Systems kommt es zu einer geringen Anzahl an Niederlassungen, geringem Lagerbestand und einer hohen Belieferungsfrequenz, was jedoch einem sehr hohen Transportaufwand und ungünstigen Entfernungen zu den Kundenregionen gegenüber steht.

Im aktuellen System steht eine geringe Anzahl an Niederlassungen sowie eine gute Auslastung dem großen Lagerbestand sowie großen Distanzen zu den Kunden gegenüber. Der Transportaufwand zu den Regionallagern ist gut, wohingegen ein hoher Aufwand in der Kundenbelieferung anfällt.

Diese Stärken und Schwächen sind qualitativ in Tabelle 18 angeführt.

	Dezentrales System	Zentrales System	Aktuelles System
Aufwand Niederlassungen	-	+	+
Transportaufwand	+	-	+/-
Belieferungsfrequenz	+/-	+	+/-
Aufwand Lagerbestand	-	+	-
Nähe zum Kunden	+	-	-
Auslastung	+/-	+/-	+

Tabelle 18: Qualitativer Trade-Off-Vergleich der Systeme

5.3 Vergleich des Ist-Zustands und der zwei ermittelten Systemen

Um die beiden ermittelten und das aktuelle System gegeneinander abzuwägen, werden die verdichteten Kennzahlen gegenübergestellt. Dies ist in Tabelle 19 dargestellt.

Die zwei ermittelten Systeme weisen aufgrund ihrer unterschiedlichen Charakteristiken große Differenzen in Bezug auf den aufsummierten **Transportaufwand** auf. Der Transportaufwand vom Regionallager zu Kunden ist beim zentralen System in etwa doppelt so groß wie im dezentralen System. Dies resultiert daraus, dass die Distanzen zu den Absatzregionen von den drei Regionallagern deutlich größer sind als jene im dezentralen System. Der große Vorteil des zentralen Lagersystems sind die kurzen Distanzen vom Zentrallager zu

den Regionallagern, die sich sowohl in den Fahrstrecken als auch im Transportaufwand zu den Regionallagern bemerkbar machen. Die Distanzen zu den Regionallagern, ausgehend von der vorgelagerten Logistikstation, ist gegenüber dem dezentralen Netzwerk um rund 49 % geringer. Der größte Nachteil des zentralen Netzwerks liegt in dem zusätzlichen Transportaufwand bzw. dem Umweg zu dem Zentrallager, wodurch der große Unterschied entsteht. Im aktuellen Netzwerk ist die den Regionallagern vorgelagerte Logistikstation das Werk in Österreich, wodurch keine logistische Zwischenstation zu den Regionallagern vorliegt. Vergleicht man das aktuelle System mit den beiden ermittelten, so ist zu erkennen, dass der Transportaufwand zu den Regionallagern gering ist. Dies resultiert daraus, dass ein Großteil der Ware (64 % der über Niederlassungen vertriebenen Waren) von jener Niederlassung im Elsass ausgeliefert werden, dessen Standort ganz im Osten Frankreichs und am Rande des Auslieferungsgebiets liegt. Dadurch verringert sich die Distanz vom Werk zu diesem Lager und die transportierte Masse zu den anderen Regionallagern gravierend, was zu großen Auslieferstrecken und dem gezeigten Ergebnis führt. Die Transportaufwendungen beim aktuellen System von den Regionallagern zu den Kunden ist aufgrund der großen Streuung und der Position der Standorte in etwa dreimal so groß als beim dezentralen System und in etwa 54 % größer als beim zentralen System.

Dies spiegelt sich auch in den **Lieferdistanzen** vom Regionallager zu den Kunden wider. Die durchschnittlichen Belieferungsdistanzen zu den Kunden sind bei dem zentralen und den dezentralen Systemen deutlich geringer, da einerseits die Verteilung der belieferten Regionen deutlich kompakter ist und andererseits es im dezentralen System mehr Standorte gibt, von denen aus die Verkaufsfahrer liefern. Trotz der gleichen Anzahl an Standorten im zentralen und aktuellen System ist die durchschnittliche Lieferdistanz aktuell etwa um 80 % größer. Im Vergleich zum dezentralen System ist die durchschnittliche Lieferdistanz des aktuellen Systems etwa zweieinhalbmal so groß. Dies ist einerseits auf die Positionierung der Standorte, im Speziellen der Standort Elsass, als auch auf die große Streuung der Belieferungsgebiete zurückzuführen.

Die **kumulierten Distanzen** der Kundenbelieferungen aus den Regionallagern zeigt ebenfalls die starke Streuung der belieferten Gebiete im aktuellen System. Die Differenz bei dem dezentralen und zentralen Netzwerk ist wiederum auf die grundlegenden Systemunterschiede zurückzuführen.

Die **Belieferungsfrequenz** ist beim zentralen System aufgrund der Hälfte an Niederlassungen deutlich höher. Der Bedarf je Niederlassung steigt und somit auch die Belieferungsfrequenz. Im zentralen System wird in der Nebensaison jeden zweiten bzw. dritten Tag ein Lkw benötigt, wohingegen im selben Zeitraum, im dezentralen System, jeden dritten, vierten und im Fall vom Lager in Toulouse, jeden

sechsten Tag eine Belieferung benötigt wird. In der Hauptsaison kommt im zentralen System eine tägliche Belieferung der Regionallager zustande, wobei im dezentralen System eine Belieferungsfrequenz von ein bis drei Tagen benötigt wird. Im momentan bestehenden System ist der Bedarf bzw. der Umsatz der Niederlassungen sehr unterschiedlich. Wie bereits angesprochen werden 64 % der in Frankreich abgesetzten Waren über die Niederlassung im Elsass veräußert, welche in der Nebensaison im Durchschnitt eine tägliche Belieferung benötigt und in der Hauptsaison zweimal mal pro Tag beliefert werden muss. Die Niederlassungen in Toulouse und Paris benötigen in der Nebensaison jeden sechsten Arbeitstag und in der Hauptsaison jeden zweiten bzw. dritten Arbeitstag eine Belieferung.

Die durchschnittliche **Auslastung** der Lkw ist beim dezentralen System, speziell in der Hauptsaison, höher. Diese Differenz, speziell in der Hauptsaison, ist auf den täglichen Bedarf der Niederlassungen im zentralen System zurückzuführen. Dieser machte eine tägliche Belieferung bei einer schlechten Auslastung notwendig. Im aktuellen System findet die Belieferung der Regionallager ab Werk bedarfsgesteuert bei voller Auslastung statt. Dies führt zu einer sehr guten Auslastung, jedoch auch zu hohen Lageraufwänden.

Aus der aktuellen Belieferungspolitik resultiert ebenfalls eine lange **Vorlaufzeit** von drei Wochen. Aufgrund der geringen Distanzen und somit einer schnellen Reaktionszeit weist das zentrale Lagernetzwerk eine geringe Vorlaufzeit von zwei Tagen auf. Das dezentrale Netzwerk weist etwas längere Vorlaufzeiten auf, da für die Strecke von Strasbourg bis nach Rennes oder Toulouse mehr als ein Tag veranschlagt werden muss. Somit kommen diese Standorte auf eine Vorlaufzeit von drei Tagen und jene in Paris und St. Étienne auf zwei Tage. Diese längeren Vorlaufzeiten, im Vergleich zum zentralen System, führen zu höheren Sicherheitsbeständen in den Regionallagern.

Die **Bestände** im zentralen System sind aufgrund der Zentralisierung, des Ausgleichseffekts und der sehr kurzen Wege zu den Regionallagern geringer als im dezentralen System.

Kriterien	zentrales System	dezentrales System	aktuelles System
Transportaufwand zum RL	84.777.235,25	225.533.224,80	121.417.955,77
Transportaufwand Werk zum ZL	203.103.639,90	-	-
Transportaufwand RL zum Kunden	101.008.939,39	50.796.306,41	155.377.807,55
Transportaufwand gesamt	388.889.814,54	276.329.531,21	276.795.763,32
Anzahl Standorte	3	5	3
Vorgeschaltete Logistikstation der RL	Zentrallager	Lager Strasbourg	Werk
Ø Distanz zu RL	14,3294	28,1275	20,5328
Ø Belieferungsfrequenz RL Nebensaison	2, 3 Tage	4, 3, 3, 6 Tage	6, 1, 6 Tage
Ø Belieferungsfrequenz RL Hauptsaison	1, 1 Tag	2, 2, 1, 3 Tage	2, ½, 3 Tage
Ø Transportzeit zu RL (Tage)	1 Tag	1-2 Tage	1-2 Tage
Vorlaufzeit	2 Tage	2 -3 Tage	3 Wochen
Ø Lieferdistanz vom RL zum Kunden	10,2618	7,0591	18,5142
Max. Lieferdistanz vom RL zum Kunden	20,6155	14,1421	41,2311
Kum. Distanzen vom RL zum Kunden	964,61	647,14	4.295,40
Ø Lkw-Auslastung zu den RL Hauptsaison	52,78 - 85,75 %	63,30 - 97,30 %	100%
Ø Lkw-Auslastung zu den RL Nebensaison	77,66 - 87,41 %	78,77 - 90,98 %	100%

Tabelle 19: Direkter Vergleich der Kennzahlen des zentralen, dezentralen und aktuellen Systems⁹⁶

5.4 Vor- und Nachteile der Systeme

In den folgenden Absätzen werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme zusammengefasst.

Die wichtigsten Vorteile des zentralen Netzwerks liegen in den kurzen Distanzen zwischen dem Zentrallager und den Regionallagern. Dies führt zu kurzen Vorlaufzeiten bzw. guten Reaktionsfähigkeiten. Durch die Zentralisierung der Bestände werden die dezentralen Lagerhaltungskosten minimiert. Aufgrund der Anzahl an Niederlassungen sind die durchschnittlichen Lieferdistanzen der Auslieferungsfahrten um etwa ein Drittel länger als beim dezentralen System, was sich negativ auf die täglichen Fahrt- und Arbeitskosten auswirkt. Der schwerwiegendste Nachteil dieses Systems ist die Summe des Transportaufwands.

Der niedrige Transportaufwand sowie die relativ geringen Auslieferdistanzen und guten Lkw-Auslastungen stellen die bedeutendsten Vorteile des dezentralen Systems dar. Längere Lieferdistanzen zu den Regionallagern schmälern das Gesamtergebnis dieses Systems und stellen mit der dadurch herabgesetzten

⁹⁶ Nach Angaben des Unternehmens wird ein Transport in die Regionallager bei voller Auslastung durchgeführt.

Reaktionsfähigkeit die Nachteile dieses Systems dar. Die geringen Auslieferungsdistanzen müssen durch fünf Niederlassungen „erkauft“ werden.

Diese Vor- und Nachteile werden in Abbildung 58 qualitativ im Vergleich zueinander und gegenüber dem aktuellen System dargestellt. Die angeführten kumulierten Distanzen sind ein Indikator für die Streuung der belieferten Gebiete und geben somit auch den Fahraufwand wieder. Auffällig ist, dass beim aufsummierten Transportaufwand das aktuelle System fast genauso gut abschneidet wie das dezentrale System, jedoch bei anderen Kennwerten höchstens gleichwertig ist. Das dezentrale Netzwerk ist beim Gesamtaufwand nur knapp unterhalb dem aktuellen System angesiedelt, jedoch ist die Anzahl der Standorte doppelt so groß. Für eine bessere Veranschaulichung wurde Abbildung 58 logarithmisch aufgetragen.

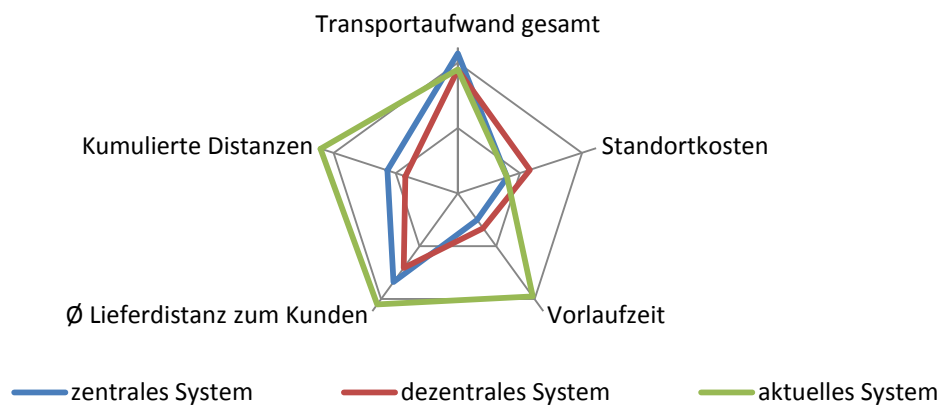


Abbildung 58: Qualitative Visualisierung der Kennzahlen

5.5 Schritte für eine weitere Konkretisierung der Ergebnisse

Für eine weitere Konkretisierung der Ergebnisse bzw. das Erstellen eines detaillierten Kostenvergleichs sind zusätzliche Schritte notwendig. Diese sind jedoch aufgrund des momentanen Datenstands und der zur Verfügung stehenden Ressourcen zur Zeit nicht durchführbar. Bei diesen Schritten handelt es sich um die Kalkulation des Sicherheitsbestands beider vorgeschlagener Systeme sowie einer diesbezüglichen Analyse des bestehenden Systems. Eine weiterführende Bewertung der Standorte und somit das Einführen eines weiteren Bewertungskriteriums kann durch standortspezifische Lagerhaltungskosten bzw. Standortkosten herbeigeführt werden. Um einen lückenlosen Vergleich zu anderen Systemen zu schaffen, soll im Weiteren eine Transformation auf tatsächliche Kosten stattfinden, wofür jedoch konkrete Routen bzw. die tatsächlich zurückgelegten Transportkilometer ermittelt werden müssen.

6 Schlussfolgerung und Ausblick

In diesem Kapitel wird zuerst eine Handlungsempfehlung auf Basis der Green-Field-Planung geben. Im Weiteren wird, unter Einbezug des aktuell bestehenden Systems, eine Handlungsempfehlung und Zukunftsexpertise erstellt.

6.1 Handlungsempfehlung auf Basis der Green-Field-Planung

Auf Basis der Green-Field-Planung ergibt sich unter den gegebenen Umständen aus dem Systemvergleich, dass das dezentrale Lagernetzwerk zu präferieren ist. Dies beruht darauf, dass im dezentralen System die Transportwände 71,06 % und die durchschnittlichen täglichen Verkaufsstrecken 68,79 % der berechneten Werte im zentralen System ausmachen. Die lokalen Standorte müssen aufgrund von regionalen Gegebenheiten im Einzelnen in einer weiteren Untersuchung noch bestimmt werden.

6.2 Handlungsempfehlung zur Weiterentwicklung des bestehenden Systems

Wird das aktuelle System in die Überlegungen mit einbezogen, so kann eine schnell umsetzbare Handlungsempfehlung und zwei Empfehlungen mit größerem Umgestaltungsaufwand gegeben werden.

Kurzfristig umsetzbare Handlungsempfehlung:

Aufgrund der großen Streuung im aktuellen System kann durch eine neue Zuweisung der Absatzregionen zu den Regionallagern der Transportaufwand im System mit geringem Handlungsaufwand vermindert werden. Diese Einsparungen halten sich jedoch systembedingt in Grenzen. Das Einsparungspotential liegt über fünf Prozent. Die bei Verkaufsfahrten durchschnittlich zurückzulegende Strecken reduzieren sich um ca. 43 % und die kumulierten Distanzen um ca. 74 %. Durch die Position des Standorts im Elsass, welche am Rande des Absatzgebiets liegt, entstehen niedrigere Transportaufwände zum Regionallager. Die Absatzfahrten zu den Kundenregionen sind daher jedoch in diesem System im Durchschnitt rund ein Drittel weiter als bei dem dezentralen Netzwerk. Die Lage der Standorte zu den Absatzregionen im dezentralen Netzwerk ist günstiger, jedoch ist die Anzahl auch größer. Der Aufwand der Regionallagerbelieferung steigt gegenüber dem aktuellen System um 16,51 %, jedoch sinkt der Aufwand zur Kundenbelieferung um 22,09 %, was in Summe günstiger ausfällt. Die bestehende Belieferungsmodalitäten bleiben erhalten.

Mittelfristig umsetzbare Handlungsempfehlung:

Auf mittelfristige Sicht besteht die Möglichkeit, das System umfangreicher zu verbessern. Um die Auslieferungsdistanzen und ebenfalls die Transportaufwände zu senken, soll in der Region um St. Étienne ein weiterer Standort entstehen. Eine Neuzeuweisung der Absatzregionen zu den Standorten ist Voraussetzung, um ein besseres Ergebnis zu erhalten. Es wird dabei davon ausgegangen, die aktuellen Standorte weiter zu nutzen, da deren regionale Positionen keine gravierenden Diskrepanzen zu jenen des dezentralen Systems aufweisen. Eine gewisse Minderung gegenüber dem potentiellen Optimum bleibt dadurch jedoch erhalten. Durch einen weiteren Standort vermindert sich der Transportaufwand um einige Prozent. Die Auslieferungstrecken halbieren sich aufgrund der Neueinteilung und der höheren Anzahl an Standorten. Dies macht sich ebenfalls im Transportaufwand zum Kunden bemerkbar, welcher um 44,81 % gegenüber dem aktuellen System geringer wird. Der Aufwand zur Regionallagerbelieferung steigt um 53,41 %. In Summe ergibt sich somit ein System, welches günstiger ist als das aktuelle. Im Vergleich zu jenem System mit den aktuellen Standorten, bei welchem die Absatzregionen neu zugeteilt wurden, verschlechtert sich der Transportaufwand zu den Niederlassungen um 22,07 % und zu den Absatzregionen verbessert er sich um 24,27 %. Die Absatzwege verringern sich um 11,19 %. Um langfristig Lagerhaltungskosten sowie gebundenes Kapital zu minimieren, soll speziell in der Hauptsaison, in welcher eine höhere Belieferungsfrequenz zustande kommt, ein Crossdocking-Verfahren eingeführt werden. Jene Waren, die am Tag der Lieferung wieder ausgeliefert werden sollen, werden, unabhängig von der Saison, ebenfalls über das Crossdocking-Verfahren abgewickelt. Zum Beispiel ist eine Mischung aus Crossdocking, für schnell drehende A-Artikel und Lagerhaltung, für mittel und langsam drehende B und C Artikel, denkbar. Die Belieferung ab Werk bleibt somit erhalten. Weiters werden Lager, die direkt aus der Produktion mit Produkten versorgt werden, nach der Theorie des virtuellen Lagers zentral disponiert, sodass minimale Kosten entstehen. Es ist somit notwendig, dass die zentrale Dispositionsstelle die täglichen Bestellungen sowie die Lagerbestände kennt. Dies ist durch ein systemintegriertes IT-Netzwerk zu bewerkstelligen.⁹⁷

Langfristig umsetzbare Handlungsempfehlung:

Längerfristig soll unter Berücksichtigung weiterer Entwicklungen bzw. einer Veränderung der Absatzverteilung am französischen Markt eine komplette Umstrukturierung in Richtung einer dezentralen Struktur in Betracht gezogen werden. Die größte Veränderung hierbei wäre der Transport aus Regionallagern über die Staatsgrenzen hinweg. Am Beispiel vom Standort im Elsass würde dies bedeuten, dass von diesem Standort aus ebenfalls Kunden in Deutschland sowie der Schweiz

⁹⁷ vgl. (Gudehus, 2012b S. 1029)

beliefert werden. Dies würde zu einer Veränderung der Standorte sowie der Belieferungsmodalitäten in der gesamten Region führen, wodurch sich, in Bezug auf das Einsparungspotential, komplett neue Möglichkeiten ergeben. Aufgrund des geringeren Transportaufwands ist, aus momentaner Sicht, ebenfalls ein dezentrales Lagernetzwerk die günstigere Wahl.

7 Anhang

7.1 Zuordnung der Absatzregionen zu Regionallagern im zentralen System

In folgender Tabelle befindet sich die Zuordnung der Absatzregionen zu den Regionallagern im zentralen System sowie deren Koordinaten in einem 50 mal 50 Einheiten umfassenden Koordinatensystem. Weiters ist die abgehende Region (Département) sowie die Transportdistanzen zu der Zielregion und der Bedarf der Zielregion abzulesen. Der Bedarf der Zielregionen ist aus den zur Verfügung stehenden Daten entnommen.

Zielregion	x	y	Standort	Abgangregion	Distanz	Bedarf Zielregion
1	37	20	St. Étienne	43	6,4031	49.863,61 kg
2	33	41	Zentrallager	18	15,8114	56.437,65 kg
3	30	23	Zentrallager	18	3,6056	12.579,42 kg
4	40	9	St. Étienne	43	10,6301	39.212,79 kg
5	40	13	St. Étienne	43	8,5440	42.679,70 kg
6	43	8	St. Étienne	43	13,6015	20.138,20 kg
7	33	14	St. Étienne	43	2,2361	36.860,29 kg
8	37	40	Zentrallager	18	16,6433	18.464,25 kg
9	20	5	St. Étienne	43	16,2788	63.017,25 kg
10	34	33	Zentrallager	18	9,2195	36.151,12 kg
11	24	6	St. Étienne	43	12,8062	57.397,02 kg
12	26	12	St. Étienne	43	7,2111	17.655,45 kg
13	35	6	St. Étienne	43	10,4403	201.138,90 kg
14	19	40	Rennes	35	9,2195	64.009,89 kg
15	26	17	St. Étienne	43	6,0828	3.259,62 kg
16	18	22	Zentrallager	18	10,7703	15.028,36 kg
17	14	23	Rennes	35	11,1803	168.669,60 kg
18	27	27	Zentrallager	18	1,4142	14.455,41 kg
19	23	18	St. Étienne	43	9,2195	38.578,11 kg
20	⁹⁸ -	-	Zentrallager	18	-	121.655,36 kg
21	36	28	Zentrallager	18	8,2462	78.697,31 kg
22	10	38	Rennes	35	4,4721	54.613,39 kg
23	25	22	Zentrallager	18	5,0000	6.048,42 kg
24	19	18	Zentrallager	18	12,0416	28.772,83 kg
25	42	26	Zentrallager	18	14,0000	36.232,59 kg
26	36	13	St. Étienne	43	5,0000	58.080,18 kg

⁹⁸ Region 20 ist Korsika, dessen Entfernung zum abgehenden Lager nicht berücksichtigt werden soll.

Zielregion	x	y	Standort	Abgangregion	Distanz	Bedarf Zielregion
27	23	39	Rennes	35	12,0830	58.627,13 kg
28	25	35	Zentrallager	18	9,4868	12.937,93 kg
29	5	39	Rennes	35	8,6023	678.727,71 kg
30	32	10	St. Étienne	43	6,0000	108.439,38 kg
31	20	9	St. Étienne	43	13,8924	312.193,17 kg
32	17	10	St. Étienne	43	16,1555	264,40 kg
33	13	18	Rennes	35	16,0312	218.069,77 kg
34	28	8	St. Étienne	43	8,9443	118.712,70 kg
35	13	36	Rennes	35	2,2361	178.961,82 kg
36	24	26	Zentrallager	18	4,0000	11.989,44 kg
37	21	29	Zentrallager	18	7,6158	13.248,05 kg
38	38	16	St. Étienne	43	6,0000	155.596,42 kg
39	39	23	St. Étienne	43	9,8995	15.791,49 kg
40	12	13	St. Étienne	43	20,2237	49.244,40 kg
41	24	31	Zentrallager	18	6,4031	14.612,74 kg
42	32	19	St. Étienne	43	3,0000	731.454,97 kg
43	31	16	St. Étienne	43	1,0000	81.287,74 kg
44	12	32	Rennes	35	2,0000	197.180,74 kg
45	27	32	Zentrallager	18	6,0828	168.456,86 kg
46	22	15	St. Étienne	43	10,0499	2.396,97 kg
47	17	14	St. Étienne	43	15,1327	119.341,38 kg
48	29	13	St. Étienne	43	4,2426	2.093,70 kg
49	17	31	Rennes	35	5,8310	111.276,63 kg
50	15	41	Rennes	35	7,6158	29.370,29 kg
51	35	37	Zentrallager	18	13,0384	39.200,10 kg
52	38	32	Zentrallager	18	11,6619	8.501,99 kg
53	17	35	Rennes	35	5,0990	187.095,91 kg
54	42	35	Zentrallager	18	16,6433	60.979,89 kg
55	39	37	Zentrallager	18	15,5563	5.905,10 kg
56	9	35	Rennes	35	3,1623	248.330,83 kg
57	43	37	Zentrallager	18	18,6011	209.933,46 kg
58	31	27	Zentrallager	18	3,1623	18.302,30 kg
59	34	44	Zentrallager	18	18,9737	301.940,39 kg
60	29	40	Zentrallager	18	14,0357	177.787,94 kg
61	21	37	Rennes	35	9,4868	14.173,09 kg
62	29	46	Zentrallager	18	20,0250	93.626,39 kg
63	29	19	St. Étienne	43	4,2426	109.311,51 kg
64	11	9	St. Étienne	43	22,1359	119.256,14 kg
65	14	7	St. Étienne	43	20,1246	57.855,87 kg

Zielregion	x	y	Standort	Abgangregion	Distanz	Bedarf Zielregion
66	24	3	St. Étienne	43	15,2643	109.137,70 kg
67	47	34	Zentrallager	18	20,6155	702.295,53 kg
68	46	30	Zentrallager	18	18,4391	97.120,45 kg
69	34	19	St. Étienne	43	3,6056	184.674,49 kg
70	41	29	Zentrallager	18	13,3417	6.304,56 kg
71	34	24	Zentrallager	18	6,3246	112.765,42 kg
72	20	33	Rennes	35	8,0623	47.984,35 kg
73	41	16	St. Étienne	43	9,0000	121.608,41 kg
74	41	20	St. Étienne	43	9,8489	275.290,67 kg
75	28	37	Zentrallager	18	11,0000	63.779,64 kg
76	24	43	Rennes	35	15,0000	74.869,74 kg
77	31	36	Zentrallager	18	10,4403	151.232,84 kg
78	26	37	Zentrallager	18	11,1803	87.253,85 kg
79	17	26	Rennes	35	9,4340	109.643,45 kg
80	29	43	Zentrallager	18	17,0294	28.663,05 kg
81	23	10	St. Étienne	43	10,8167	110.088,22 kg
82	20	12	St. Étienne	43	12,6491	33.717,76 kg
83	39	6	St. Étienne	43	12,2066	142.090,97 kg
84	35	9	St. Étienne	43	7,6158	88.754,46 kg
85	13	27	Rennes	35	7,0711	84.050,67 kg
86	19	26	Zentrallager	18	9,0000	42.460,08 kg
87	22	22	Zentrallager	18	7,2111	16.238,19 kg
88	42	32	Zentrallager	18	15,2315	33.296,88 kg
89	32	31	Zentrallager	18	6,4031	7.197,64 kg
90	44	28	Zentrallager	18	16,1245	8.461,16 kg
91	28	35	Zentrallager	18	9,0000	62.865,98 kg
92	27	37	Zentrallager	18	11,0454	67.598,06 kg
93	29	37	Zentrallager	18	11,0454	208.202,36 kg
94	29	36	Zentrallager	18	10,0499	8.585,99 kg
95	28	38	Zentrallager	18	12,0000	217.305,12 kg
97	⁹⁹ -	-	Zentrallager	18	-	121.518,85 kg
98	-	-	Zentrallager	18	-	44.743,65 kg

Ziel Lager	x	y	Abgang	Abgangregion	Distanz	Bedarf
Zentrallager	28	27	Werk	Oberösterreich	20,6155 ¹⁰⁰	9.851.973,65 kg
St. Étienne	32	16	Zentrallager	43	10,7704	3.676.484,04 kg
Rennes	12	34	Zentrallager	35	17,8885	2.525.655,01 kg

Tabelle 20: Zuordnung der Absatzregionen zu den Standorten im zentralen System

⁹⁹ Es handelt sich um ein Überseedepartment, dessen Entfernung hier nicht berücksichtigt werden.

¹⁰⁰ Ausgehend ab Strasbourg (Staatsgrenze)

7.2 Zeitliche Absatzverteilung der Regionallager im zentralen System

In Tabelle 21 befindet sich die zeitliche Verteilung des Bedarfs der einzelnen Regionallager, die aus den zur Verfügung stehenden Daten bzw. dem Bedarf der Zielregionen abgeleitet wurden.

Monat	St. Étienne	Rennes	Zentrallager	Gesamtergebnis
Jän.13	6.599,95 kg	12.179,73 kg	13.660,46 kg	32.440,14 kg
Feb.13	223.641,03 kg	163.306,62 kg	202.551,76 kg	589.499,41 kg
Mär.13	205.587,37 kg	150.973,80 kg	188.620,91 kg	545.182,08 kg
Apr.13	242.133,23 kg	188.686,22 kg	260.273,48 kg	691.092,93 kg
Mai.13	198.216,43 kg	135.080,64 kg	244.813,72 kg	578.110,79 kg
Jun.13	210.565,89 kg	157.662,99 kg	220.338,65 kg	588.567,53 kg
Jul.13	236.296,27 kg	155.932,94 kg	235.807,27 kg	628.036,48 kg
Aug.13	203.032,33 kg	128.959,19 kg	169.441,02 kg	501.432,54 kg
Sep.13	343.708,12 kg	294.819,11 kg	442.631,06 kg	1.081.158,29 kg
Okt.13	616.743,46 kg	244.839,34 kg	437.325,30 kg	1.298.908,10 kg
Nov.13	356.184,60 kg	287.630,63 kg	373.248,41 kg	1.017.063,64 kg
Dez.13	412.119,58 kg	236.813,39 kg	356.032,79 kg	1.004.965,76 kg
Jän.14	228.004,51 kg	171.910,76 kg	270.829,32 kg	670.744,59 kg
Feb.14	193.651,27 kg	196.859,65 kg	234.260,45 kg	624.771,37 kg
Summe	3.676.484,04 kg	2.525.655,01 kg	3.649.834,60 kg	9.851.973,65 kg

Tabelle 21: Zeitliche Absatzverteilung der Standorte im zentralen System

7.3 Mögliche Standorte des zentralen Lagersystems

In Tabelle 22 ist das berechnete Zentrallager sowie mögliche weitere Standorte inkl. deren Einsparungspotential aufgelistet, die mittels der ADD-Heuristik bestimmt wurden.

Transportaufwand Kundenbelieferung		
Standort	Transportaufwand	
Zentrallager	152.594.798,14	
	Ersparnis	Ersparnis %
Rennes	28.550.081,70	18,71 %
St. Étienne	23.035.777,05	15,10 %
Paris	21.416.487,51	14,03 %
Toulouse	12.857.788,02	8,43 %
Strasbourg	12.636.142,42	8,28 %
Brest	5.838.636,53	3,83 %
Grenoble	4.970.050,30	3,26 %
Saintes	4.368.743,38	2,86 %
Paris Süd	4.035.664,26	2,64 %

Tabelle 22: Mittels ADD-Heuristik bestimmte Standorte des zentralen Lagersystems

7.4 Zuordnung der Absatzregionen zu Regionallagern im dezentralen System

In folgender Tabelle befindet sich die Zuordnung der Absatzregionen zu den Regionallagern im dezentralen System sowie deren Koordinaten in einem 50 mal 50 Einheiten umfassenden Koordinatensystem. Weiters ist die abgehende Region (Département) sowie die Transportdistanzen zu der Zielregion und der Bedarf der Zielregion abzulesen.

Zielregion	x	y	Standort	Abgangsregion	Distanz	Bedarf Zielregion
1	37	20	St. Étienne	42	4,4721	49.863,61 kg
2	33	41	Paris	93	5	56.437,65 kg
3	30	23	St. Étienne	42	5,831	12.579,42 kg
4	40	9	St. Étienne	42	11,402	39.212,79 kg
5	40	13	St. Étienne	42	8,6023	42.679,70 kg
6	43	8	St. Étienne	42	14,142	20.138,20 kg
7	33	14	St. Étienne	42	4	36.860,29 kg
8	37	40	Strasbourg	67	11,662	18.464,25 kg
9	20	5	Toulouse	31	4	63.017,25 kg
10	34	33	Paris	93	7,0711	36.151,12 kg
11	24	6	Toulouse	31	5	57.397,02 kg
12	26	12	St. Étienne	42	9,2195	17.655,45 kg
13	35	6	St. Étienne	42	12,166	201.138,90 kg
14	19	40	Rennes	35	9,434	64.009,89 kg
15	26	17	St. Étienne	42	7,0711	3.259,62 kg
16	18	22	Toulouse	31	13,153	15.028,36 kg
17	14	23	Rennes	35	12,369	168.669,60 kg
18	27	27	Paris	93	11,18	14.455,41 kg
19	23	18	St. Étienne	42	10	38.578,11 kg
20	¹⁰¹	-	Strasbourg	67	-	121.655,36 kg
21	36	28	Strasbourg	67	12,53	78.697,31 kg
22	10	38	Rennes	35	3,1623	54.613,39 kg
23	25	22	St. Étienne	42	8,9443	6.048,42 kg
24	19	18	Toulouse	31	9,0554	28.772,83 kg
25	42	26	Strasbourg	67	9,434	36.232,59 kg
26	36	13	St. Étienne	42	5,831	58.080,18 kg
27	23	39	Paris	93	6,0828	58.627,13 kg
28	25	35	Paris	93	5	12.937,93 kg
29	5	39	Rennes	35	7,2111	678.727,71 kg

¹⁰¹ Es handelt sich um Korsika, dessen Entfernung hier nicht berücksichtigt werden soll.

Zielregion	x	y	Standort	Abgangregion	Distanz	Bedarf Zielregion
30	32	10	St. Étienne	42	8,0623	108.439,38 kg
31	20	9	Toulouse	31	0	312.193,17 kg
32	17	10	Toulouse	31	3,1623	264,40 kg
33	13	18	Toulouse	31	11,402	218.069,77 kg
34	28	8	Toulouse	31	8,0623	118.712,70 kg
35	13	36	Rennes	35	2,2361	178.961,82 kg
36	24	26	St. Étienne	42	12,042	11.989,44 kg
37	21	29	Rennes	35	11,662	13.248,05 kg
38	38	16	St. Étienne	42	5,3852	155.596,42 kg
39	39	23	St. Étienne	42	7,8102	15.791,49 kg
40	12	13	Toulouse	31	8,9443	49.244,40 kg
41	24	31	Paris	93	8,6023	14.612,74 kg
42	32	19	St. Étienne	42	1,4142	731.454,97 kg
43	31	16	St. Étienne	42	2,8284	81.287,74 kg
44	12	32	Rennes	35	3,1623	197.180,74 kg
45	27	32	Paris	93	6,3246	168.456,86 kg
46	22	15	Toulouse	31	6,3246	2.396,97 kg
47	17	14	Toulouse	31	5,831	119.341,38 kg
48	29	13	St. Étienne	42	6,4031	2.093,70 kg
49	17	31	Rennes	35	7,2111	111.276,63 kg
50	15	41	Rennes	35	7,2111	29.370,29 kg
51	35	37	Paris	93	6,0828	39.200,10 kg
52	38	32	Strasbourg	67	9,2195	8.501,99 kg
53	17	35	Rennes	35	6	187.095,91 kg
54	42	35	Strasbourg	67	5,099	60.979,89 kg
55	39	37	Strasbourg	67	8,544	5.905,10 kg
56	9	35	Rennes	35	2	248.330,83 kg
57	43	37	Strasbourg	67	5	209.933,46 kg
58	31	27	St. Étienne	42	9,2195	18.302,30 kg
59	34	44	Paris	93	7,8102	301.940,39 kg
60	29	40	Paris	93	2	177.787,94 kg
61	21	37	Paris	93	8,0623	14.173,09 kg
62	29	46	Paris	93	8	93.626,39 kg
63	29	19	St. Étienne	42	4,1231	109.311,51 kg
64	11	9	Toulouse	31	9	119.256,14 kg
65	14	7	Toulouse	31	6,3246	57.855,87 kg
66	24	3	Toulouse	31	7,2111	109.137,70 kg
67	47	34	Strasbourg	67	0	702.295,53 kg
68	46	30	Strasbourg	67	4,1231	97.120,45 kg

Zielregion	x	y	Standort	Abgangregion	Distanz	Bedarf Zielregion
69	34	19	St. Étienne	42	1,4142	184.674,49 kg
70	41	29	Strasbourg	67	7,8102	6.304,56 kg
71	34	24	St. Étienne	42	6,0828	112.765,42 kg
72	20	33	Rennes	35	9,2195	47.984,35 kg
73	41	16	St. Étienne	42	8,2462	121.608,41 kg
74	41	20	St. Étienne	42	8,2462	275.290,67 kg
75	28	37	Paris	93	1,4142	63.779,64 kg
76	24	43	Paris	93	7,0711	74.869,74 kg
77	31	36	Paris	93	2,8284	151.232,84 kg
78	26	37	Paris	93	3,1623	87.253,85 kg
79	17	26	Rennes	35	10,817	109.643,45 kg
80	29	43	Paris	93	5	28.663,05 kg
81	23	10	Toulouse	31	3,1623	110.088,22 kg
82	20	12	Toulouse	31	3	33.717,76 kg
83	39	6	St. Étienne	42	13,416	142.090,97 kg
84	35	9	St. Étienne	42	9,2195	88.754,46 kg
85	13	27	Rennes	35	8,2462	84.050,67 kg
86	19	26	Rennes	35	12,042	42.460,08 kg
87	22	22	St. Étienne	42	11,705	16.238,19 kg
88	42	32	Strasbourg	67	5,3852	33.296,88 kg
89	32	31	Paris	93	7,6158	7.197,64 kg
90	44	28	Strasbourg	67	6,7082	8.461,16 kg
91	28	35	Paris	93	3,1623	62.865,98 kg
92	27	37	Paris	93	2,2361	67.598,06 kg
93	29	37	Paris	93	1	208.202,36 kg
94	29	36	Paris	93	2	8.585,99 kg
95	28	38	Paris	93	1	217.305,12 kg
97	- ¹⁰²	-	Strasbourg	67	-	121.518,85 kg
98	-	-	Strasbourg	67	-	44.743,65 kg

Ziel Lager	x	y	Abgang	Abgangregion	Distanz	Bedarf
Strasbourg	47	34	Werk	Oberösterreich	0 ¹⁰³	9.851.973,65 kg
Paris	29	38	Strasbourg	67	18,4391	1.965.961,02 kg
Rennes	11	35	Strasbourg	67	36,0139	2.215.623,41 kg
St. Étienne	33	18	Strasbourg	67	21,2603	2.701.784,25 kg
Toulouse	20	9	Strasbourg	67	36,7967	1.414.493,94 kg

Tabelle 23: Zuordnung der Absatzregionen zu den Standorten im dezentralen System

¹⁰² Es handelt sich um ein Überseedepartment, dessen Entfernung hier nicht berücksichtigt werden.

¹⁰³ Ausgehend ab Strasbourg (Staatsgrenze)

7.5 Zeitliche Absatzverteilung der Regionallager im dezentralen System

In folgender Tabelle befindet sich die zeitliche Verteilung des Bedarfs der einzelnen Regionallager, die aus den zur Verfügung stehenden Daten bzw. dem Bedarf der Zielregionen abgeleitet wurden.

Monat	Strasbourg	Paris	Rennes	St. Étienne	Toulouse
Jän.13	5.636,43 kg	7.638,18 kg	11.834,78 kg	5.497,13 kg	1.833,62 kg
Feb.13	75.432,05 kg	122.968,92 kg	153.445,29 kg	148.879,79 kg	88.773,36 kg
Mär.13	50.575,92 kg	125.987,26 kg	134.700,80 kg	140.430,36 kg	93.487,74 kg
Apr.13	118.603,41 kg	119.398,03 kg	173.261,69 kg	196.498,12 kg	83.331,68 kg
Mai.13	136.144,06 kg	95.661,93 kg	125.507,38 kg	152.052,81 kg	68.744,61 kg
Jun.13	100.347,42 kg	107.877,71 kg	141.083,95 kg	166.896,03 kg	72.362,42 kg
Jul.13	87.282,19 kg	143.461,53 kg	132.863,06 kg	160.741,86 kg	103.687,84 kg
Aug.13	70.358,54 kg	91.178,06 kg	114.500,37 kg	156.173,49 kg	69.222,08 kg
Sep.13	181.045,10 kg	250.419,18 kg	252.789,26 kg	259.864,21 kg	137.040,54 kg
Okt.13	227.698,48 kg	201.007,55 kg	202.774,65 kg	506.895,80 kg	160.531,62 kg
Nov.13	149.100,06 kg	214.984,56 kg	243.385,04 kg	233.675,90 kg	175.918,08 kg
Dez.13	140.276,58 kg	208.908,36 kg	199.637,83 kg	275.758,57 kg	180.384,42 kg
Jän.14	123.515,07 kg	143.204,25 kg	150.003,67 kg	163.560,12 kg	90.461,48 kg
Feb.14	88.095,72 kg	133.265,50 kg	179.835,64 kg	134.860,06 kg	88.714,45 kg
Summe	1.554.111,03 kg	1.965.961,02 kg	2.215.623,41 kg	2.701.784,25 kg	1.414.493,94 kg

Tabelle 24: Zeitliche Absatzverteilung der Standorte im dezentralen System

7.6 Absatzverteilung in den Zielmärkten

Pfad												
Zielland	Marktanteil	Direktbelieferung						Pfad			NL an Kunde	
		Absatzkanal		Export	Italien	OEM	OES	Ergebnis direkter Kanal		Absatzkanal	Niederlassungen	
		Niederlassungen										
Deutschland	44,79%	38.912,80 kg	4.121.491,47 kg			21.693.043,66 kg	4.614.650,28 kg			30.468.098,21 kg	8.107.951,83 kg	
Frankreich	12,32%	664.643,80 kg	102.570,09 kg				73.312,32 kg			840.526,21 kg	9.766.803,04 kg	
Großbritannien	6,42%	209.812,68 kg	269.609,32 kg			107.494,20 kg	16.493,76 kg			603.409,96 kg	4.930.206,96 kg	
Österreich	6,05%	13,50 kg				2.173,30 kg				2.186,80 kg	5.209.167,01 kg	
Tschechien	3,85%	709.912,92 kg	73.859,58 kg			810.561,60 kg	20.496,96 kg			1.614.831,06 kg	1.705.179,34 kg	
Schweiz	3,23%	150.216,76 kg	48.936,00 kg							199.152,76 kg	2.583.533,60 kg	
USA	2,33%						2.010.045,60 kg			2.010.045,60 kg		
Polen	2,17%	871.174,04 kg								872.991,32 kg	993.750,11 kg	
Italien	2,12%		243.590,85 kg	1.476.042,96 kg			76.018,16 kg			1.795.651,97 kg	30.329,55 kg	
Ungarn	1,85%	114.004,02 kg				141.142,08 kg				255.146,10 kg	1.334.271,80 kg	
Niederlande	1,83%		1.086.243,48 kg				337.751,52 kg			1.423.995,00 kg	151.665,08 kg	
Griechenland	1,24%		1.064.355,66 kg							1.064.355,66 kg		
Litauen	1,01%		839.037,74 kg							839.037,74 kg	32.086,74 kg	
Slowakei	0,87%	264.649,02 kg								264.649,02 kg	484.203,89 kg	
Schweden	0,75%	207.446,34 kg								207.446,34 kg	440.645,20 kg	
Türkei	0,72%										618.478,93 kg	
Norwegen	0,60%		519.444,14 kg							519.444,14 kg		
Kroatien	0,60%		515.573,21 kg							515.573,21 kg		
Rumänien	0,58%	87.730,14 kg								87.730,14 kg	409.831,45 kg	

Spanien	0,52%		406.143,66 kg			39.227,68 kg	445.371,34 kg	
Belgien	0,50%		396.458,25 kg			32.061,91 kg	428.520,16 kg	
Irland	0,46%		396.078,73 kg				396.078,73 kg	
Bulgarien	0,43%	103.947,10 kg					103.947,10 kg	268.100,38 kg
Slowenien	0,36%		275.196,07 kg				275.196,07 kg	33.065,85 kg
Ukraine	0,36%		307.126,32 kg				307.126,32 kg	
Portugal	0,32%		276.295,26 kg				276.295,26 kg	
Serbien	0,31%		267.954,28 kg				267.954,28 kg	
Montenegro	0,30%		258.283,82 kg				258.283,82 kg	
Kanada	0,29%					248.361,36 kg	248.361,36 kg	
Algerien	0,27%		232.485,30 kg				232.485,30 kg	
Dänemark	0,23%							197.238,08 kg
Vereinigte Arab. Emirate	0,23%		196.302,64 kg				196.302,64 kg	
Finnland	0,21%		181.659,38 kg				181.659,38 kg	
Moldau	0,17%		148.940,80 kg				148.940,80 kg	
Estland	0,16%		136.657,80 kg				136.657,80 kg	
Marokko	0,14%		123.297,88 kg				123.297,88 kg	
Island	0,14%		123.056,50 kg				123.056,50 kg	
Bosnien-Herzegowina	0,14%		116.291,37 kg				116.291,37 kg	
Weißrußland (Belorusia)	0,11%		97.354,74 kg				97.354,74 kg	
Malta	0,10%		87.544,64 kg				87.544,64 kg	
Reunion	0,10%							85.170,61 kg
Libanon	0,08%		69.330,20 kg				69.330,20 kg	

Taiwan (Formosa)	0,07%	61.996,46 kg				61.996,46 kg	
Südafrika	0,06%	55.119,12 kg				55.119,12 kg	
Zypern	0,06%	49.134,67 kg				49.134,67 kg	
Albanien	0,05%	46.848,94 kg				46.848,94 kg	
Luxemburg	0,04%				3.634,56 kg	3.634,56 kg	31.174,41 kg
Mazedonien	0,04%	32.181,14 kg				32.181,14 kg	
Tunesien	0,04%	31.962,80 kg				31.962,80 kg	
Ghana	0,04%	30.643,46 kg				30.643,46 kg	
Libyen	0,03%	29.884,24 kg				29.884,24 kg	
Martinique	0,03%	28.599,54 kg				28.599,54 kg	
Jordanien	0,03%	28.293,74 kg				28.293,74 kg	
Cote d'Ivoire	0,03%	27.955,28 kg				27.955,28 kg	
Katar	0,03%	26.118,80 kg				26.118,80 kg	
Aserbaidschan	0,03%	23.242,68 kg				23.242,68 kg	
Gabun	0,03%	22.756,08 kg				22.756,08 kg	
Singapur	0,02%	16.883,54 kg				16.883,54 kg	
Guinea-Bissau	0,02%	15.814,54 kg				15.814,54 kg	
Armenien	0,02%	15.609,60 kg				15.609,60 kg	
Ägypten	0,02%	15.078,50 kg				15.078,50 kg	
Lettland	0,01%	11.485,44 kg				11.485,44 kg	
Senegal	0,01%	9.010,70 kg				9.010,70 kg	
Australien	0,01%	8.291,50 kg		120,00 kg		8.411,50 kg	
Gambia	0,01%	8.290,40 kg				8.290,40 kg	

Kirgisistan	0,01%	6.963,10 kg				6.963,10 kg	
Japan	0,01%	6.563,60 kg				6.563,60 kg	
Brasilien	0,00%			216,00 kg		216,00 kg	
Indonesien	0,00%	80,30 kg				80,30 kg	
Gesamtergebnis	100,00%	13.589.977,35 kg	3.422.463,12 kg	1.476.042,96 kg	22.754.750,84 kg	7.473.871,39 kg	48.717.105,66 kg
							37.412.853,86 kg

Tabelle 25: Absatzaufschlüsselung der Belieferten Länder im Untersuchungszeitraum

8 Literaturverzeichnis

Alicke, Knut. 2005. *Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken.* Berlin : Springer-Verlag, 2005. ISBN-10: 3-540-22998-1.

Arnold, Dieter, et al. 2008. *Handbuch Logistik.* Berlin : Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-3-540-72928-0.

Bretzke, Wolf-Rüdiger. 2010. *Logistische Netzwerke.* 2. Auflage. Berlin Heidelberg : Springer, 2010. ISBN: 978-3-642-05486-0.

Bretzke, Wolf-Rüdiger und Barkawi, Karim. 2012. *Nachhaltige Logistik.* Berlin Heidelberg : Springer, 2012. ISBN: 978-3-642-29369-6.

Chopra, Sunil und Meindl, Peter. 2007. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation.* Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN: 0-13-208608-5.

DIN. 1989. *DIN 30781 - Transportkette.* Berlin : Beuth Verlag GmbH, 1989.

Gudehus, Timm. 2012c. *Dynamische Disposition.* Berlin Heidelberg : Springer, 2012c. ISBN: 978-3-642-22982-4.

Gudehus, Timm. 2010. *Logistik.* Heidelberg Dordrecht London New York : Springer, 2010. ISBN: 978-3-540-89388-2.

Gudehus, Timm. 2012a. *Logistik 1 Grundlagen, Verfahren und Strategien.* Berlin : Springer-Verlag, 2012a. ISBN: 978-3-642-29358-0.

Gudehus, Timm. 2012b. *Logistik 2 Netzwerke, Systeme und Lieferketten.* Berlin : Springer-Verlag, 2012b. ISBN: 978-3-642-29375-7.

Koch, Susanne. 2012. *Logistik - Eine Einführung in Ökonomie und Nachhaltigkeit.* Berlin Heidelberg : Springer Vieweg, 2012. ISBN: 978-3-642-15288-7.

Kraif, Ursula, et al. 2010. *Duden - Das Fremdwörterbuch.* Mannheim : Dudenverlag, 2010. ISBN: 978-3-411-04060-5.

Langhagen-Rohrbach, Christian. 2012. *Moderne Logistik – Anforderungen an Standorte und Raumentwicklung.* s.l. : Springer, 2012. DOI: 10.1007/s13147-012-0161-3.

Martin, Heinrich, Römisch, Peter und Weidlich, Andreas. 2008. *Materialflusstechnik - Auswahl und Berechnung von Elementen und Baugruppen der Fördertechnik.* Wiesbaden : Vieweg+Teubner Verlag, 2008. ISBN-10: 3834803138.

Matyas, Kurt. 2008. *Supply Chain Management*. Wien : Institut für Managementwissenschaften Eigenverlag, 2008.

Middendorf, Kay, Priemer und Jörg. 2006. Intelligente Logistik als Baustein kontinuierlichen Wachstums bei Tchibo. *Business Excellence in Produktion und Logistik*. Wiesbaden : Gabler, 2006.

Nyhuis, Peter. 2008. *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*. Berlin : Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-3-540-75641-5.

Pfohl, Hans-Christian. 2004. *Logistikmanagement*. Berlin : Springer, 2004. ISBN: 978-3-540-35041-5.

Pfohl, Hans-Christian. 2010. *Logistiksysteme*. Heidelberg Dordrecht London New York : Springer, 2010. ISBN: 978-3-642-04161-7.

Rabe, Markus, Spieckermann, Sven und Wenzel, Sigrid. 2008. *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Berlin Heidelberg : Springer, 2008. ISBN: 978-3-540-35281-5.

Schmidt, Carsten. 2011. Logistiktrend.de. [Online] 22. September 2011. [Zitat vom: 02. September 2014.]
<http://www.logistiktrend.de/index.php/berechnungsgrundlagen/standortwahl?showall=1&limitstart=>

Schuh, Günther und Stich, Volker. 2013. *Logistikmanagement*. Berlin Heidelberg : Springer Vieweg, 2013. ISBN: 978-3-642-28991-0.

Sihn, Wilfried, et al. 2010. *Logistik*. Wien : Institut für Managementwissenschaften, 2010. ISBN: 3-9502009-9-1.

ten Hompel, Michael und Heidenblut, Volker. 2008. *Taschenlexikon Logistik*. Berlin : Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-3-540-75661-3.

ten Hompel, Michael und Schmidt, Thorsten. 2010. *Warehouse Management*. Berlin Heidelberg : Springer, 2010. ISBN: 978-3-642-03184-7.

ten Hompel, Michael, Schmidt, Thosten und Nagel, Lars. 2007. *Materialflusssysteme - Förder- und Lagertechnik*. Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. ISBN: 978-3-540-73235-8.

Verein Deutscher Ingenieure. 2002. *Logistikkennzahlen für die Distribution*. Düsseldorf : Beuth, 2002. VDI 4400.

Wenzel, Sigrid, et al. 2008. *Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2008. ISBN: 978-3-540-35272-3.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Distributionslogistik im Unternehmen	6
Abbildung 2: Elemente der Distributionslogistik	8
Abbildung 3: Horizontale und vertikale Distributionsstruktur	10
Abbildung 4: Crossdocking vs. Transshipment	17
Abbildung 5: Anzahl der Lagerstandorte gegenüber den Distributionskosten	23
Abbildung 6: Auswirkung des Bullwhip-Effekts auf Bestände und Bestellmengen ...	28
Abbildung 7: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 1	34
Abbildung 8: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 2	35
Abbildung 9: Erläuterung ADD-Heuristik, Schritt 3	36
Abbildung 10: Staaten mit Niederlassungen sowie deren Position.....	39
Abbildung 11: Distributionssysteme; oben: direkt; unten: zweistufig über Niederlassung.....	40
Abbildung 12: Nationaler Vertrieb vs. Export.....	40
Abbildung 13: Anteile Direktbelieferung gegenüber Kundenbelieferung durch Niederlassung sowie Anteilsmäßige Lieferscheinpositionen	41
Abbildung 14: Vergleich der Absatzkanäle	42
Abbildung 15: Verteilung der Absatzmengen auf Staaten	42
Abbildung 16: Zeitlicher Verlauf Absatzkanäle im Untersuchungszeitraum	43
Abbildung 17: Regionaler Absatz in Europa gesamt	44
Abbildung 18: Absatzverteilung in Deutschland und Bedeutung der Niederlassungen am deutschen Markt	45
Abbildung 19: Belieferung der Niederlassungen in Deutschland.....	46
Abbildung 20: Direktabsatz an Kunden in Deutschland.....	46
Abbildung 21: Absatz an Kunden über Niederlassungen in Deutschland	47
Abbildung 22: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Sachsen, rechts: Quelle Berlin	48
Abbildung 23: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Ruhrgebiet, rechts: Quelle Hessen	48
Abbildung 24: Belieferung von Niederlassungen an Kunden, links: Quelle Baden-Württemberg, rechts: Quelle Bayern.....	49
Abbildung 25: Absatzverteilung in Frankreich und Bedeutung der Niederlassungen.....	49
Abbildung 26: Verteilung aus den Niederlassungen an Kunden in Frankreich.....	50
Abbildung 27: Niederlassungen und deren Bedeutung in Frankreich.....	51
Abbildung 28: Belieferung von Kunden in Frankreich durch Niederlassung, links: Quelle Toulouse, rechts: Quelle Paris	51
Abbildung 29: Belieferung von Kunden in Frankreich durch Niederlassung im Elsass	52

Abbildung 30: Bedeutung und Verteilung der Direktbelieferung in Frankreich	52
Abbildung 31: Anteilsmäßige Zusammensetzung der Niederlassungsabsätze in Österreich	53
Abbildung 32: Absatz von Niederlassungen an Kunden in Österreich.....	54
Abbildung 33: Anteile der Distributionspfade je Staat im Niederlassungsnetz.....	55
Abbildung 34: Regionaler Absatz in Europa Niederlassungen an Kunden	56
Abbildung 35: Regionaler Absatz in Europa direkt	57
Abbildung 36: Absatzverteilung vom Standort in Dänemark national und nach Schweden.....	58
Abbildung 37: Absatz an Kunden über Niederlassungen in Polen, links: Quelle Katowice, rechts Quelle Warschau	59
Abbildung 38: Aufteilung der über den OEM Absatzkanal gelieferten Produkte an Länder	59
Abbildung 39: Absatzverteilung des OEM Kanals in Europa	60
Abbildung 40: Aufteilung der über den OES Absatzkanal gelieferten Produkte an Länder	61
Abbildung 41: Absatzverteilung des OES Kanals in Europa.....	61
Abbildung 42: Absatzverteilung des Kanals Export weltweit	62
Abbildung 43: Überlagertes Koordinatensystem am Beispiel Frankreich	65
Abbildung 44: Eingabe der Quelldaten der zentralen Netzstruktur	66
Abbildung 45: Definition der Positionen der einzelnen Regionen im zentralen System.....	66
Abbildung 46: Variation der ermittelten möglichen Standorte in der zentralen Netzstruktur	68
Abbildung 47: Flussdiagramm Excel-Dokument zentrales Szenario	69
Abbildung 48: Funktion für den Transportaufwand im zentralen System in Abhängigkeit der Anzahl der Regionallager.....	71
Abbildung 49: Rechnerisch optimale Position des Zentrallagers sowie der Regionallager	72
Abbildung 50: Farblich markierte Zielregionen des zentralen Netzwerks; Rot: Quelle Rennes; Grün: Quelle Zentrallager; Blau: Quelle St. Étienne	79
Abbildung 51: Eingabe der Quelldaten der dezentralen Netzstruktur	80
Abbildung 52: Definition der Positionen der einzelnen Regionen im dezentralen System.....	81
Abbildung 53: Gebietseinteilung in der dezentralen Netzstruktur	81
Abbildung 54: Flussdiagramm Excel-Dokument dezentrales Szenario	83
Abbildung 55: Funktion für den Transportaufwand im dezentralen System in Abhängigkeit der Anzahl der Regionallager.....	84
Abbildung 56: Rechnerisch optimale Position der dezentralen Regionallager.....	86

Abbildung 57: Farblich markierte Zielregionen des dezentralen Netzwerks; Rot: Quelle Rennes; Orange: Quelle Paris; Grün: Quelle Strasbourg; Violett: Quelle Toulouse; Blau Quelle St. Étienne	92
Abbildung 58: Qualitative Visualisierung der Kennzahlen	99

10 Formelverzeichnis

Formel 1: Optimaler Lagerbestand	29
Formel 2: Gesamtverbrauch	29
Formel 3: Einzelbestände dezentrale Lager	29
Formel 4: Zentralbestand.....	30
Formel 5: Zentrallagerbestand Artikel A	30
Formel 6: Wurzelsatz für die Zentralisierung von Beständen	30

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Qualitative Eigenschaften eines zentralen bzw. dezentralen Distributionsnetzwerks	13
Tabelle 2: Mögliche Kennzahlen für eine Bewertung von Distributionsprozessen.....	22
Tabelle 3: Randbedingung für neue Netzwerkkonfiguration	64
Tabelle 4: Angewandte Kriterien für Systemvergleiche	64
Tabelle 5: Mittlere und maximale Distanz zu Absatzregionen der RL im zentralen System.....	73
Tabelle 6: Kalkulation der durchschnittlichen Belieferungsfrequenzen und der Lkw Auslastung im zentralen System.....	74
Tabelle 7: Distanz und Bedarf der Regionallager zum Zentrallager	75
Tabelle 8: Belieferungsaufwand der Regionallager vom Zentrallager	75
Tabelle 9: Transportaufwand der Kundenbelieferung im zentralen System	76
Tabelle 10: Gesamter Transportaufwand der zentralen Struktur	76
Tabelle 11: Mittlere und maximale Distanz zu den Absatzregionen der dezentralen Regionallager	87
Tabelle 12: Kalkulation der durchschnittlichen Belieferungsfrequenzen und der Lkw Auslastung im dezentralen System.....	88
Tabelle 13: Distanz sowie Zeitaufwand von Strasbourg zum Regionallager und der Bedarf der Regionallager	88
Tabelle 14: Belieferungsaufwand zu den Regionallagern aus Strasbourg	89
Tabelle 15: Transportaufwand zur Kundenbelieferung im dezentralen System.....	89
Tabelle 16: Gesamter Transportaufwand der dezentralen Struktur	89
Tabelle 17: Kennzahlen des aktuellen Systems	93
Tabelle 18: Qualitativer Trade-Off-Vergleich der Systeme	95
Tabelle 19: Direkter Vergleich der Kennzahlen des zentralen, dezentralen und aktuellen Systems	98
Tabelle 20: Zuordnung der Absatzregionen zu den Standorten im zentralen System	105
Tabelle 21: Zeitliche Absatzverteilung der Standorte im zentralen System	106
Tabelle 22: Mittels ADD-Heuristik bestimmte Standorte des zentralen Lagersystems.....	106
Tabelle 23: Zuordnung der Absatzregionen zu den Standorten im dezentralen System	109
Tabelle 24: Zeitliche Absatzverteilung der Standorte im dezentralen System	110
Tabelle 25: Absatzaufschlüsselung der Belieferten Länder im Untersuchungszeitraum	114

12 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
engl.	Englisch
etc.	et cetera
GE	Geldeinheiten
Lkw	Lastkraftwagen
NL	Niederlassung
OEM	Original Equipment Manufacturer
OES	Original Equipment Service
RL	Regionallager
theor.	Theoretisch
u.a.	unter anderem
usw.	und so weiter
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel
ZL	Zentrallager