

*Band
70*

Matthias Klumpp / Torsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

*Entwicklung eines KI-gestützten Konzepts zur
Bewertung und Optimierung der Transport-
planungsqualität für die Stahl- und Metallogistik
am Beispiel eines branchenspezifischen
Handelsunternehmens*

~
Philipp Dürrholz

ild Schriftenreihe

FOM
Hochschule

ild

Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences

Philipp Dürrholz

Entwicklung eines KI-gestützten Konzepts zur Bewertung und Optimierung der Transportplanungsqualität für die Stahl- und Metallogistik am Beispiel eines branchenspezifischen Handelsunternehmens

ild Schriftenreihe der FOM, Band 70

Essen 2023

ISBN (Print) 978-3-89275-312-4 ISSN (Print) 1866-0304
ISBN (eBook) 978-3-89275-313-1 ISSN (eBook) 2569-5355

Dieses Werk wird herausgegeben vom ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement der FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2023 by



**MA Akademie
Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags-
und Druck-Gesellschaft mbH
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen
info@mav-verlag.de

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung der MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Philipp Dürrholz

Entwicklung eines KI-gestützten Konzepts zur Bewertung und Optimierung der Transportplanungsqualität für die Stahl- und Metallogistik am Beispiel eines branchenspezifischen Handelsunternehmens

Matthias Klumpp / Thorsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

Abstract

In dem vorliegenden Beitrag wurde ein auf Künstliche Intelligenz gestütztes Konzept zur Bewertung und Optimierung der Transportplanungsqualität für die Stahl- und Metallogistik ausgearbeitet und seine Praktikabilität mithilfe methodischer Untersuchungen nachgewiesen. Somit soll die Möglichkeit geschaffen werden, die unternehmenseigene Transportlogistik effizienter und ressourcenschonender aufzustellen.

Dabei wurde zunächst der Frage nachgegangen, welche Kriterien für eine erfolgreiche Planung in der genannten Branche ausschlaggebend und dementsprechend zu berücksichtigen sind. Die methodische Untersuchung setzt ihren Schwerpunkt im weiteren Verlauf darauf, die (unternehmensindividuellen) Abhängigkeiten zwischen den Kriterien herauszuarbeiten und miteinander vergleichbar zu machen. Dabei wurden verschiedene Analyseansätze herangezogen und beleuchtet, sodass das bestmögliche Tool zur Klärung der Fragestellung identifiziert werden konnte. Das Ziel soll demzufolge sein, das insgesamt bestmögliche und effizienteste Planungsergebnis zu erhalten, indem alle Kriterien unter Zugrundelegung der individuellen Abhängigkeiten angemessene Beachtung finden. Unterstützend soll dabei Künstliche Intelligenz zum Einsatz kommen, auf die der Bewertungsprozess innerhalb des Konzepts maßgeblich fußt und ihn kontinuierlich situationsbezogen verbessert.

Das Konzept ist so gestaltet worden, dass der Prozess der Bewertung und Optimierung individuell auf jedes Branchenunternehmen angewendet werden kann, indem die dafür erforderlichen Eckdaten und Kennzahlen in der methodischen Untersuchung herangezogen werden. Der vorliegende Beitrag soll somit grundsätzlich allen Unternehmen der Stahl- und Metallogistik den Mehrwert bieten, das eigene Potential im Transportmanagement bestmöglich auszunutzen. Mithilfe des im Rahmen dieses Beitrags herangezogenen anonymisierten Branchenunternehmens konnte der Erfolg des Konzepts bereits beispielhaft nachgewiesen werden.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangslage und Herleitung der Forschungsfrage.....	1
1.2 Aufbau und Zielsetzung der Untersuchung.....	2
2 Logistischer Kontext.....	6
2.1 Grundlagen der Transportlogistik und -planung.....	6
2.1.1 Manuelle bis assistierte Transportplanung.....	9
2.1.2 Automatische und softwaregetriebene Transportplanung..	11
2.2 Künstliche Intelligenz und Datengenerierung in der Transport- logistik.....	13
2.3 Kennzahlen und Qualitätsmerkmale der Transportplanung.....	15
2.4 Branchenspezifische Anforderungen in der Stahl- und Metalllogistik.....	19
3 Methodische Herangehensweise.....	21
3.1 Problemformulierung und Entwicklungspotenzial.....	21
3.2 Methodenuntersuchung zur Bestimmung von Transportplanungsqualität.....	22
3.2.1 Entscheidungsbaum.....	23
3.2.2 Nutzwertanalyse.....	24
3.2.3 Analytic Hierarchy Process.....	26
3.2.4 Analytic Network Process.....	29
3.3 Methodenvergleich und -auswahl.....	31

4	Empirische Datenerhebung und methodische Analyse	35
4.1	Durchführung des AHP zur Bewertung von Transportplanungskriterien	35
4.1.1	Untersuchungsdesign	35
4.1.2	Empirische Datenerhebung und Operationalisierung.....	37
4.1.3	Ergebnisdarstellung aus der Bewertung von Transportplanungskriterien	39
4.2	Übertragung der Analyseergebnisse auf die Transportplanungsstruktur des untersuchten Unternehmens	42
4.3	Einfluss der untersuchten Transportstrukturen auf die Bewertung von Transportplanungsqualität unter Anwendung des ANP	46
5	Diskussion und Weiterentwicklung der gewonnenen Erkenntnisse	53
5.1	Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse	53
5.2	Konzeptentwicklung zur Bewertung und Optimierung von Transportplanungsqualität im Kontext der KI.....	55
5.2.1	Einbindung der Bemessung von Transportplanungs- qualität in softwaregestützte Planungstools	56
5.2.2	Schnittstellenkommunikation und Informationstransfer	58
5.2.3	Bereitstellung realitätsbezogener Grunddaten	63
5.2.4	Weiterentwicklung und Optimierung der Transport- struktur	67
5.3	Skizzierung des ergebnisumfassenden Transportkonzepts.....	69
6	Fazit und Ausblick	72
	Anhang	75
	Literaturverzeichnis	86
	Quellenverzeichnis	100

Abkürzungsverzeichnis

AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
CR-Wert	Konsistenzfaktor (AHP)
KI	Künstliche Intelligenz
KPI	Key Performance Indicators
ML	Machine Learning
NWA	Nutzwertanalyse
OR	Operations Research
TMS	Transportmanagementsystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteiliger Einsatz der Verkehrsträger in Deutschland.....	7
Abbildung 2: Ausbaustufen der softwaregetriebenen Transportplanung	13
Abbildung 3: Aufbaustruktur des AHP und ANP	30
Abbildung 4: Beteiligung an der Umfrage.....	38
Abbildung 5: Ergebnisdarstellung aus der Bewertung der Transportplanungskriterien.....	40
Abbildung 6: Entwurf für ein Dashboard zum Reporten von Transportplanungsqualität.....	60
Abbildung 7: Datenaufzeichnung eines beispielhaften Tourenprofils	66
Abbildung 8: Skizzierung des ergebnisumfassenden Transportkonzepts	70

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schematische Darstellung des Verfahrens bei der Ausarbeitung ..	3
Tabelle 2:	Ebenen der Transportplanung	8
Tabelle 3:	Transportplanungsvorgaben bzw. Restriktionen	16
Tabelle 4:	Methodengegenüberstellung und -vergleich.....	32
Tabelle 5:	Standortbezogene Kennzahlen hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien (Juni 2021)	43
Tabelle 6:	Standortbezogene Richtwerte hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien	44
Tabelle 7:	Standortbezogenes Punktescoring hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien	45
Tabelle 8:	Standortbezogene Kriteriengewichtung als Vorbereitung für den ANP.....	49
Tabelle 9:	Gewichtete Supermatrix zur Beurteilung von Transportplanungs- qualität.....	51
Tabelle 10:	Limitmatrix zur Beurteilung von Transportplanungs- qualität.....	52
Tabelle 11:	Vorlage zur Vorrangigkeit konkurrierender Transportplanungskriterien für die Planungssoftware	57

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Herleitung der Forschungsfrage

Die Stahl- und Metallhandelsbranche steht bereits seit einigen Jahren unter wirtschaftlichem Druck. Grund hierfür ist zum einen die Marktlage, die sich durch eine große Anzahl verschiedener Akteure und Wettbewerber, also eine zunehmende Fragmentierung, auszeichnet. Zum anderen gewinnt gleichzeitig der Einfluss chinesischer Stahlprodukte zunehmend an Bedeutung und erschwert das Absatzgeschäft für europäische Händler.¹

Die starke Zergliederung der Branche und die Vielzahl kleiner Anbieter führt zudem zu Intransparenz entlang der Lieferketten und zu unkoordinierten Prozessketten. Die globale Anforderung bzw. Notwendigkeit der Digitalisierung und Automatisierung von Geschäftsabläufen stellt für die Branche ebenfalls eine Herausforderung dar. Somit können Wertschöpfung und effiziente Supply Chains, die den Marktanforderungen entsprechen und die Basis für wirtschaftliches Arbeiten sind, nur schwer generiert werden.²

In der jüngeren Vergangenheit geriet die Logistikbranche ebenfalls durch zunehmende Herausforderungen auf der Absatz- und Beschaffungsmarktseite unter Druck. Durch die steigende Nachfrage nach logistischen Leistungen und komplexer werdende Supply Chains ist die Ressourcenverfügbarkeit angespannt.³ Außerdem nehmen die Kosten für den Transport und die Warenverbringung langfristig zu, was durch die Entwicklung der Lohn-, Maut- und Kraftstoffkosten (Besteuerung) verstärkt wird und sich ebenfalls auf die Bilanz der untersuchten Handelsunternehmen auswirkt.⁴

Die Entwicklung dieser ökonomischen Rahmenbedingungen in der Stahl- und Metallhandels- sowie Logistikbranche erfordert eine Überprüfung der Supply-Chain-Prozesse hinsichtlich deren Effizienz, um auch unter zukünftigen Marktbedingungen wirtschaftlich arbeiten zu können. Mit der Ausarbeitung eines auf Künstliche Intelligenz (KI) gestützten Konzepts zur Bewertung und Optimierung der Transportplanung könnten die Herausforderungen des Stahl- und Metallhandels strategisch angegangen werden. So könnten zum einen durch die Definition von Qualitätsparametern Planungsleistungen messbar gemacht und somit

¹ Vgl. Wirtschaftsvereinigung Stahl, 2020, o. S.; World Steel Association, 2021, o. S.

² Vgl. thyssenkrupp AG, 2020, S. 96.

³ Vgl. TIMOCOM GmbH, 2019, o. S.

⁴ Vgl. Ertl, 2019, o. S.; VR-Redaktion, 2021, S. 14 ff.

Schwachstellen und Potenziale lokalisiert werden. Zum anderen könnten die bereits existierenden Planungstools mithilfe der Künstlichen Intelligenz und der näheren Definition von Bewertungsgrundsätzen weiterentwickelt werden, was zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit und einer effizienteren Nutzung von Ressourcen beitragen könnte.

1.2 Aufbau und Zielsetzung der Untersuchung

Im Zentrum der Untersuchung steht die Ausarbeitung eines Transportplanungskonzepts, das sich explizit an den Straßengüterverkehr in der Stahl- und Metalllogistik richtet und maßgeblich auf dem Einsatz Künstlicher Intelligenz fußt. Dabei wird zunächst der Frage nachgegangen, welche Qualitätsmerkmale der Transportlogistik zugrunde liegen und wie die Qualität hinsichtlich der Planung von Transporten bewertet und somit messbar gemacht werden kann. In einem weiteren Schritt wird dann nach Optimierungsansätzen gesucht, um die Bewertungsergebnisse unter Einsatz von KI weiterzuentwickeln und in ein ganzheitliches Transportplanungskonzept zu integrieren. Diese Fragestellungen werden anhand eines beispielhaften Branchenunternehmens und dessen Transportplanungsprozessen in verschiedenen Landesgesellschaften praxisnah erläutert und verdeutlicht.⁵ Durch den Einsatz verschiedener Methoden und empirischer Analyseverfahren werden unter Zugrundelegung des Praxisfalls verschiedene Ansätze sowohl quantitativ als auch qualitativ untersucht und reflektiert. Der Aufbau und die verschiedenen Stationen der Untersuchung sind neben den folgenden Ausführungen auch in Tabelle 1 schematisch dargestellt.

⁵ Hinweis: Das für die Untersuchungen beispielhaft herangezogene Branchenunternehmen ist im Folgenden unkenntlich gemacht worden und wird nicht namentlich genannt. Entsprechende Passagen wurden gestrichen oder umformuliert.

Tabelle 1: Schematische Darstellung des Verfahrens bei der Ausarbeitung

Forschungsfrage: Entwicklung eines KI-gestützten Konzepts zur Bewertung und Optimierung der Transportplanungsqualität für die Stahl- und Metallogistik am Beispiel eines branchenspezifischen Handelsunternehmens

Gestaltungsabschnitt	Theorie	Fragestellung	Methodik	Praxisbezug	Weiterentwicklung
Beschreibung	<p>Status quo der Transportplanung:</p> <p>Assistierende und automatisch disponierende Planungstools und relevante Kennzahlen</p>	<p>Relevanz der einzelnen Kriterien und Rahmenbedingungen:</p> <p>Wie kann Transportplanungsqualität umfassend messbar gemacht werden?</p>	<p>Quantitative und qualitative Methodenanalyse:</p> <p>Hierarchische Kriterienbewertung & -einordnung, Einfluss von Rahmenbedingungen</p>	<p>Methodenanwendung:</p> <p>Analytische Bewertung von Transportplanungsqualität anhand beispielhafter Sendungsstrukturen</p>	<p>KI-gestützte Optimierungsansätze:</p> <p>Softwaregestützte Integration, Informations- & Datentransfer, Effizienzsteigerung der Transportleistung</p>
Schema					<p><u>Konzeptausgestaltung:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Methodenintegration Schnittstellenmanagement Tourenplananpassung Standortharmonisierung ...

Zu Beginn der Untersuchung wird zunächst dargelegt, wie sich die Transportplanung und -logistik in branchenspezifischen Unternehmen aktuell darstellt. Dies beinhaltet sowohl die Darlegung der definitorischen Grundlagen der Transportplanung und -logistik im Straßengüterverkehr als auch die Bestandsaufnahme der stattfindenden Prozesse und Abläufe sowie deren Auswirkungen auf die gesamte Supply Chain. Dabei wird herausgestellt, inwiefern softwaregetriebene Tools und technische Unterstützungsprogramme bereits einbezogen werden und welchen Mehrwert diese generieren. Daraufhin wird herausgearbeitet, welche Kennzahlen und Qualitätskriterien es in der Transportplanung gibt. Diese dienen als Ausgangspunkt für die Bewertung der Transportplanungsqualität. Anknüpfend daran wird Bezug auf die Spezifika der Stahl- und Metallogistik genommen und erläutert, welche Besonderheiten die Materialien bei der Distribution mit sich bringen.

Die Darlegung des aktuellen Forschungsstandes KI-getriebener Tools und deren technische Hintergründe ermöglichen es anschließend bestehende Problemstellungen sowie Entwicklungspotenziale zu identifizieren. Dies stellt schließlich die Überleitung zur aufgeworfenen Fragestellung der Untersuchung dar.

Aufbauend darauf werden das methodische Vorgehen und die analytischen Grundlagen zur Beantwortung der Forschungsfrage näher betrachtet und erläutert. Dabei werden zunächst methodische Verfahren untersucht und charakterisiert, die sich zur Durchführung einer Kriterienbewertung als Basis für die Beurteilung von Transportplanungsqualität eignen könnten. Die verschiedenen untersuchten Analyseverfahren zur Bewertung von Planungskriterien werden hinsichtlich ihrer Aussagekraft in einem Methodenvergleich gegenübergestellt. Ziel dessen ist die Festlegung eines geeigneten methodengetriebenen Forschungsdesigns, auf dessen Basis nachfolgend die Messung von Transportplanungsqualität möglich ist.

Im Abschnitt 4 wird die Durchführung der empirischen Analyse beschrieben, mithilfe derer die Relevanz verschiedener Planungsparameter und -kriterien ermittelt und quantifizierbar gemacht werden soll. Im Zentrum der durchgeführten Umfrage unter den verantwortlichen Mitarbeitenden in einem beispielhaften Unternehmen der Branche stand nicht nur die Frage, wie Transportplanungsqualität gemessen werden kann, sondern auch welche Eigenschaften ein optimal geplanter Transport im Straßengüterverkehr aufweisen muss, der gleichzeitig die branchenspezifischen Anforderungen berücksichtigt. Nachdem Gütekriterien für die Bewertung der Transportplanungsqualität definiert und klassifiziert worden sind, werden diese anschließend praxisbezogen auf die Planungsdaten angewendet

und beispielhaft überprüft. Im abschließenden Teil werden die Ergebnisse aus dem Bewertungskonzept diskutiert und aufbauend darauf eine weiterführende Ausgestaltung des zu entwerfenden Transportkonzepts unternommen, indem die geplante Informationsverarbeitung unter Einbezug der KI ausgearbeitet und der Frage nachgegangen wird, inwiefern die daraus ermittelbaren Schlussfolgerungen zu einer Optimierung der Transportplanungsqualität beitragen können.

Ziel der Untersuchung ist es, für die unter Druck stehende Stahl- und Metallbranche einen Weg aufzuzeigen, wie durch KI-gestützte Automatisierung und Prozessoptimierung eine leistungsfähige und ressourcenschonende Transportlogistik ausgestaltet werden kann, die die spezifischen Anforderungen des Geschäfts praxisbezogen berücksichtigt und deren Effizienzsteigerung mithilfe eines umfassenden Bewertungsschemas messbar gemacht werden kann.

2 Logistischer Kontext

Im folgenden Kapitel werden die theoretischen Grundlagen erarbeitet und ein allgemeines Verständnis für die zentralen Themengebiete der Untersuchung geschaffen. Dabei werden zunächst die Grundlagen der Transportlogistik und -planung im Straßengüterverkehr dargelegt, um im späteren Verlauf die Entwicklung eines KI-gestützten Konzepts zur Bewertung von Transportplanungsqualität nachvollziehbar machen zu können. In diesem Zusammenhang wird auch explizit auf die Künstliche Intelligenz und deren aktuellen Entwicklungsstand im betrachteten Unternehmensbereich Bezug genommen. Des Weiteren werden Kennzahlen und Qualitätsmerkmale aus der Fachliteratur dargelegt, die entscheidende Parameter bei der Transportplanung und deren Bewertung darstellen. Im Anschluss werden die branchenspezifischen Besonderheiten und Herausforderungen der Stahl- und Metalllogistik an die Transportplanung geschildert.

2.1 Grundlagen der Transportlogistik und -planung

Die Fortbewegung und Überwindung von räumlichen Distanzen sind seit Beginn der Menschheit und dem Aufkommen eines wirtschaftlichen Denkens und Handelns existentielle Erfordernisse. Mit dem Transport von Personen, Kapital und vor allem Handelswaren konnten Distanzen bewältigt und ein reger Austausch zwischen verschiedenen Interessensparteien ermöglicht werden. Der Transport und die damit verbundene Raumüberbrückung ist folglich die Voraussetzung für die heutige globalisierte Welt und stellt dabei international die Verfügbarkeit von Gütern sicher.⁶ Der alleinige Begriff des Transports greift jedoch zu kurz, um die komplexen Handelsströme auf den heutigen Wirtschaftsmärkten zu erklären und zu steuern. So hat sich in den letzten Jahrzehnten darüber hinaus der Logistikbegriff zur Beschreibung der Koordination und Moderation von Güterströmen entlang der gesamten Lieferkette und deren Akteure etabliert.⁷ Auf den Handelsmärkten der Welt stellt sich heute nicht mehr bloß die Frage nach der klassischen Verbringung von Waren von A nach B, sondern wie der dazugehörige Prozess ausgestaltet werden muss, um schlussendlich eine möglichst schlanke und effiziente Transportlogistik zu erzielen.⁸ Dabei kommen verschiedene Verkehrsträger zum Einsatz und gerade bei längeren Distanzen kann sogar eine Kombination aus Straßen-, Schienen- oder Seeverkehrsmitteln sinnvoll sein. Der Modal Split Deutschlands, also der Anteil der verschiedenen genutzten Verkehrsträger

⁶ Vgl. Clausen, 2013, S. 3.

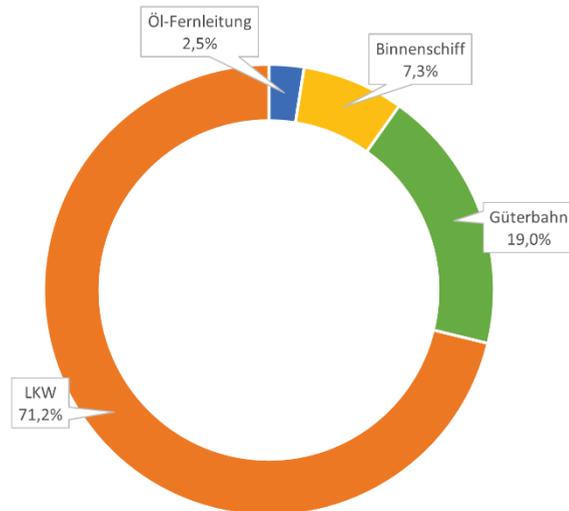
⁷ Vgl. Delfmann et al., 2011, S. 262 ff.; Rudolph, 2013, S. 119.

⁸ Vgl. Baumgarten, 2003, S. 21 ff.

im Güterverkehr, zeigt, dass nahezu drei Viertel der Transportleistung über die Straße abgewickelt wird. Der LKW, auf den jährlich rund 500 Mrd. Tonnenkilometer entfallen, ist damit der bedeutendste Verkehrsträger der Transportlogistik in der Bundesrepublik und gewinnt noch immer weiter an Bedeutung hinzu (siehe Abbildung 1).⁹

Abbildung 1: Anteiliger Einsatz der Verkehrsträger in Deutschland

Anteile der Verkehrsträger am Güterverkehr
2019 in Deutschland



Quelle: in Anlehnung an Allianz pro Schiene e. V., 2020, o. S.

Der LKW bietet sich vor allem auf kürzeren Strecken von unter 300 Kilometern an. Die Nutzung des Seeweges bzw. der Schiene oder eine Kombination verschiedener Träger erscheint in diesem Fall als noch nicht wirtschaftlich. Auch aufgrund seiner Flexibilität und seiner Einsetzbarkeit für die „letzte Meile“ gilt der Straßengüterverkehr bei der Distributionslogistik und Bedienung von Verkaufsregionen als unverzichtbar.¹⁰

⁹ Vgl. Rodrigue et al., 2013, S. 208 & 383; Allianz pro Schiene e. V., 2020, o. S.

¹⁰ Vgl. Verband der Automobilindustrie e. V., o. J., o. S.; Vastag, 2008, S. 408.

Wegen der enormen Relevanz der Straße als Verkehrsträger in der Transportlogistik ist eine nachhaltige Transportplanung gerade mit Blick auf die Warenverbringung in die Senke, also eines ortsgebundenen Zustellgebiets, von Bedeutung. Die Aufgabe der Transportplanung besteht darin, Warenverbringungen und Güterströme vorab zu illustrieren, zu steuern und zu kontrollieren. Das Ziel dabei ist es im Allgemeinen, einen möglichst geringen Ressourceneinsatz für die Transportbedarfe zu erzielen und die genutzten Verkehrsträger maximal auszulasten.¹¹ Die Transportplanung lässt sich dabei in drei Ebenen untergliedern, die sich nach der Langfristigkeit der Planungsperspektive und dem Einfluss auf das Geschäftsmodell richten (siehe Tabelle 2).¹²

Tabelle 2: Ebenen der Transportplanung

Ebene	Zeitbezug	Anwendungsbeispiele	Verantwortung
Strategisch	Langfristig	- Transportstrategie - Netzwerkstrategie - Einsatz von Planungstools	Vorstand Bereichsleiter
Taktisch	Mittelfristig	- Tourenplan - Gebietsanpassungen	Transportleitung
Operativ	Kurzfristig	- Planung im Tagesgeschäft - Fahrzeugeinsatz	Disposition

Auf strategischer und taktischer Ebene werden langfristige und umfassende Entscheidungen getroffen sowie allgemeingültige Rahmenbedingungen festgelegt. Dazu zählt die Definition der Logistikstrategie, die Auswahl der Geschäftspartnerinnen und -partner sowie auch die Formulierung von Zielgrößen in Bezug auf Transport-Kennzahlen, die zu einer stetigen Verbesserung der Transportleistungen beitragen sollen. Unter der operativen Transportplanung wird das Tagesgeschäft verstanden, bei dem die Disposition die anstehenden Transporte koordiniert und zusammenstellt sowie die Ziele des Managements in die Praxis umsetzt.¹³

Die Transportplanungsprozesse und deren Komplexität können sich dabei von Unternehmen zu Unternehmen erheblich unterscheiden. Die Gemeinsamkeit be-

¹¹ Vgl. Grünert, Irnich, 2005, S. 4 f.

¹² Ebd.; vgl. Hahn, Hungenberg, 2001, S. 86 ff.

¹³ Vgl. Grünert, Irnich, 2005, S. 4 f.; Bektaş, 2017, S. 2.

steht jedoch darin, dass sie letztendlich für die Erreichung der strategischen Zielvorgaben und wirtschaftlichen Effizienz von federführender Bedeutung sind. So kann die Planung auf der operativen Ebene mithilfe von digitalen Tools und Softwareprogrammen unterstützt oder begleitet werden, um ein erhöhtes Potenzial aus den vorhandenen Ressourcen zu ziehen.¹⁴ Welche verschiedenen Arbeitsweisen und Ansätze es zur Automatisierung in der heutigen Transportplanung gibt, wird in den nächsten Kapiteln näher erläutert.

2.1.1 Manuelle bis assistierte Transportplanung

Die operative Transportplanung wird durch die Disposition verantwortet und begleitet. Je nach Automatisierungsgrad der dahinterstehenden Prozesse ist ein händisches Eingreifen weniger von Nöten und es erfolgt eine stärker systemgetriebene Ausführung. Die manuelle Transportplanung beschreibt dabei eine rein händische Transportplanung und Festlegung der netzwerkseitigen Ablauforganisation durch die Disposition. Sie steuert die Warenein- und Ausgangsprozesse vollkommen selbstständig, ohne dabei auf eine technische Unterstützung zurückgreifen zu können. Die besondere Herausforderung besteht dabei darin, die vielfältigen Einflussfaktoren und Abläufe abzustimmen und zu einer möglichst schlanken Lieferkette zusammenzuführen.¹⁵

Die Disposition muss zunächst die verschiedenen Transportarten kategorisieren und eine entsprechende Zuteilung der gegenwärtigen Sendungen vornehmen. Dabei müssen eintreffende Sendungen (Inbound) koordiniert und die Wareneingangsbuchung sichergestellt bzw. deren Weitertransport geplant werden.¹⁶ In der Ausgangslogistik (Outbound) müssen die Sendungen in die entsprechenden Netzwerkstrukturen eingebunden werden. Unterschieden wird hier zum einen zwischen dem Werksverkehr (meist Hauptlauf), der einen internen Warenaustausch zwischen den betrieblichen Standorten sicherstellt. Dieser verfolgt den Zweck, Sendungen für dieselbe Zustellregion möglichst lange zu konsolidieren, bevor sie individuell an die Kundinnen und Kunden zugestellt werden. Zum anderen gilt es auch die Zustellung an die Kundschaft in der sogenannten Ausrollung (meist Nachlauf) zu gewährleisten. Dabei werden in der Fernverkehrszustellung meist Komplett- oder Teilladungen abgewickelt, da sich bei der Größe der Sendungen eine Direktzustellung auch über eine weite Distanz an die Warenempfängerinnen und -empfänger lohnt. Innerhalb der Senke findet der Nah- und

¹⁴ Vgl. Grosse-Ruyken et al., 2011, S. 30.

¹⁵ Vgl. Grünert, 2003, S. 112.

¹⁶ Vgl. Vahrenkamp et al., 2017, S. 60 f.

Stückgutverkehr seine Anwendung. Dieser umfasst kleinere und vielfältigere Sendungen, bei denen die kostenintensive „letzte Meile“ jeweils möglichst kurz zu halten ist und sich eine möglichst lange Bündelung der Packstücke lohnt. Diese Verkehrsart findet meist an regionalen Unternehmensstandorten Anwendung und zeichnet sich durch geringe Distanzen zu den Kundinnen und Kunden und kleine Sendungsgrößen aus.¹⁷

Ein weiterer Arbeitsschritt der Transportplanung besteht darin, den erforderlichen Fahrzeugeinsatz zu koordinieren. Dabei wird eine Zuteilung der Sendungen an die verfügbaren Verkehrsträgerinnen und -träger vorgenommen und somit für jedes Fahrzeug eine abzufahrende Tour zusammengestellt. Bei der manuellen Planung muss die Disposition dabei u. a. die Kapazitäten der Fahrzeuge und die Versandbedingungen bzw. Eigenschaften der Packstücke beachten. Hinzu kommen weitere vielseitige Parameter, die den Fahrzeugeinsatz und die Sendungszuordnung beeinflussen und in den nächsten Kapiteln näher ausgeführt werden. Neben der Zuweisung von Sendungen an die Fahrzeuge strukturieren Planende die Tour darüber hinaus, indem sie die Stoppreihenfolgen und Routenverläufe festlegen. Die Disposition hat in dem Zusammenhang die Möglichkeit, ihrer Optimierungsfunktion nachzukommen, indem sie einen effizienten Ressourceneinsatz sicherstellt.¹⁸

Hinzu kommt die Kommunikation entlang der Supply Chain, die durch die Disposition maßgeblich gesteuert wird. Bei einer manuellen Planung ist die Disposition auf einen verlässlichen Informationsfluss von den Fahrenden, Verladenden und Planenden am eigenen und den angebotenen Standorten angewiesen. Zudem muss sie ihrerseits relevante Informationen an die entsprechenden Stellen innerhalb ihres Standortes oder des Bestimmungsorts weitergeben. Dies spielt besonders bei einer hohen Zahl von Umschlagspunkten eine wichtige Rolle und führt zu einer zunehmenden Beanspruchung der Disposition. Eine manuelle Sendungsverfolgung ist außerdem anfällig für die Weitergabe falscher oder unzureichender Informationen und der aktuelle Informationsstatus kann oftmals nur zeitversetzt übermittelt werden.¹⁹

Aufgrund der zunehmenden Komplexität und Verflochtenheit der Lieferketten und -netzwerke ist eine rein manuelle Transportplanung in der Logistik zunehmend

¹⁷ Vgl. Fleischmann, 2008a, S. 16; Cardeneo, 2008, S. 783; Vastag, 1998, S. 13 f.

¹⁸ Vgl. Gietz, 2008, S. 137; Bektaş, 2017, S. 98.

¹⁹ Vgl. Heistermann, 2004, S. 220.

nicht praktikabel.²⁰ So finden in der Transportplanung vermehrt Planungsunterstützungsprogramme und -softwares Anwendung, die im Folgenden charakterisiert werden.

2.1.2 Automatische und softwaregetriebene Transportplanung

Die ausschließlich manuell durch die Disposition gesteuerte Transportplanung im Straßengüterverkehr findet aufgrund des beschriebenen anspruchsvollen Arbeitsumfeldes nur noch in wenigen Betrieben Anwendung. Längst hat die Digitalisierung Einzug in die Logistikunternehmen gehalten und stützt die Transportplanung durch sogenannte Transportmanagementsysteme (TMS). Transportmanagementsysteme sind meist Softwareprogramme, die den Prozess der Transportplanung und Disposition automatisieren und teilweise auch weiterentwickeln. Dabei können ihre Ausbaustufen und Einsatzmöglichkeiten von einer intelligenten Planungsunterstützung für die Disposition bis hin zu einer annähernd autonomen Planungsfähigkeit reichen.²¹

TMS finden schon heute in vielen Aufgabenbereichen der Transportplanung Anwendung und streben dabei immer nach dem gleichen Ziel: Ein effizienteres und wirtschaftlicheres Planungsergebnis für das Unternehmen zu erzielen, als es allein die Arbeitskraft Mensch erreichen könnte.²² Bei der softwaregestützten Planung verfolgen digitale Tools somit den Ansatz, das Transportaufkommen bzw. die Sendungsdaten anhand vorgegebener Planungskriterien mit möglichst wenigen Ressourcen aufwands- und kostenreduziert abzuwickeln. Die automatisierte Planung zeichnet sich dabei dadurch aus, dass die zahlreichen Kriterien der Transportplanung allesamt Beachtung finden und bei der Tourengenerierung einbezogen werden.²³

Automatische Planungstools basieren dabei auf einem fundierten Kartenmaterial, über das sich die verschiedenen Werksstandorte und Empfangsadressen abbilden und lokalisieren lassen. Parallel besteht eine Schnittstelle mit der Management-Software des Unternehmens, worüber die Sendungsdaten eingespeist werden. Die dabei übergebenen Daten beinhalten oftmals auch fallbezogene Restriktionen und Versandbedingungen. Systemseitig können anhand dessen Warenströme geografisch dargestellt und weitergehend simuliert werden. Die Simu-

²⁰ Vgl. Vahrenkamp et al., 2017, S. 24 f.

²¹ Vgl. Mühling, 2020, S. 13.

²² Vgl. Rodrigue et al., 2013, S. 77.

²³ Vgl. Pankratius, Tichy, 2011, S. 60; Gleißner, Femerling, 2016, S. 46.

lation bietet dabei den Mehrwert, verschiedene Transportkonstellationen hinsichtlich der Knotenpunkte und Sendungsaufkommen zu kalkulieren und einen effizienten Tourenvorschlag inklusive der dazugehörigen Navigation hervorzubringen.²⁴

Auf Grundlage der Karten, Kalkulationsparameter oder Navigationstools sind TMS in der Lage, Aussagen und Vorhersagen über den Ablauf einer geplanten Tour zu tätigen, die sich neben den Entfernungen und Laufwegen auch auf den Bereich Zeitmanagement beziehen. So können schon vor Tourenbeginn kalkulatorische Aussagen bez. ungefährer Ankunftszeiten getroffen und eventuelle zeitliche Risikofaktoren (z. B. Baustellen, Staus) tagesaktuell einbezogen werden. Die Qualität der Planungsergebnisse richtet sich dabei nach den Daten, die dem System aus den verschiedenen Unternehmensbereichen zugeführt werden und das Programm für die weitere Verarbeitung in den Kalkulationsprozessen heranzieht. Dies können beispielsweise Sendungs-, Kundschaftsstamm-, Fahrzeug- oder Lagerdaten sein, deren Qualität sich anhand ihres Umfangs, ihrer Vollständigkeit und ihrer Aktualität bewerten lassen. Daraus resultiert die Konsequenz, dass TMS zwar automatisch Touren zusammenstellen können, deren Planungsergebnisse aber maßgeblich von der Güte der zugeführten Daten abhängen.²⁵

TMS erleichtern weiterführend die Kommunikation unter den Partnerinnen und Partnern in der Supply Chain. Sie sind zum einen in der Lage, eingehende Informationen (z. B. Sendungsdaten) zu registrieren und zweckbezogen zu verarbeiten. Zum anderen können die systemseitig erarbeiteten Planungsergebnisse auch an weitere Akteurinnen und Akteure überstellt werden. Voraussetzung ist ein Schnittstellenmanagement, das eine Anbindung der Planungssoftware an die betroffenen Stellen und Anwendungsprogramme im Unternehmen ermöglicht und somit den Informationsfluss digitalisiert.²⁶ Dabei ist besonders die Kommunikation der Disposition mit den Fahrerinnen und Fahrern herauszustellen. Um den Informationsstand bez. der gefahrenen Touren gegenüber den Fahrenden immer aktuell zu halten, können die Fahrzeuge mit zugehöriger Hardware ausgestattet werden, die eine direkte Kommunikation ermöglicht. Die Fahrerinnen und Fahrer haben somit die Möglichkeit, direkt auf systemseitig ermittelte Tourenanpassungen und Planungsänderungen zu reagieren. Gleichzeitig sind sie in der Lage, der Disposition bzw. dem Planungstool aktuelle Statusmeldungen zurückzuschicken, wie beispielsweise Positionsinformationen sowie eventuelle Verzögerungen.²⁷

²⁴ Vgl. Meier, 2013, S. 89 f.; io-DigitalSolutions GmbH, 2021, o. S.

²⁵ Vgl. DVZ-Redaktion, 2020a, S. 6; Wendt et al., 2006, S. 9.

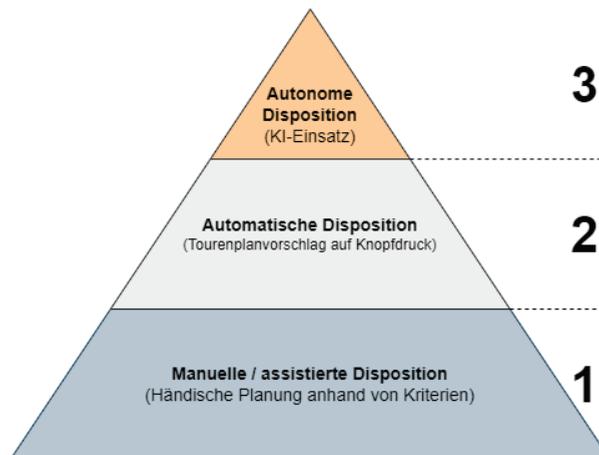
²⁶ Vgl. Martin, 2016, S. 520.

²⁷ Vgl. Walter, 2020, S. 2.

2.2 Künstliche Intelligenz und Datengenerierung in der Transportlogistik

Die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Transportlogistik geht meist Hand in Hand mit einer Zunahme der Automatisierungsprozesse und dem Einsatz von Unterstützungssoftwares. Künstliche Intelligenz stützt sich dabei maßgeblich auf das maschinelle Lernen, auch Machine Learning (ML) genannt, und die softwaregestützte Imitation bzw. Optimierung menschlichen Handelns. So werden Transportplanungstools oder -softwares anhand vorgegebener Algorithmen und Datenbestände dazu qualifiziert, in individuellen Situationen angemessen und effizient reagieren zu können.²⁸ Die KI erkennt im Hintergrund Gesetzmäßigkeiten und wiederkehrende Muster, auf deren Basis dann Handlungsempfehlungen ausgesprochen oder direkt umgesetzt werden. In komplexen Entscheidungs- und Optimierungssituationen wird dieser Prozess auch als Deep Learning bezeichnet, wobei die Datenverarbeitung nicht selten über das menschliche Auffassungsvermögen hinausgeht und das Programm die Entscheidungen selbstständig ausführt. Dabei stützt sich das Tool auf die Generierung vielschichtiger Netzwerke, sodass besonders komplexe Zusammenhänge ermittelt und weiterverarbeitet werden. Ein manuelles Planen oder händisches Eingreifen, das in der automatischen bzw. assistierten Tourenplanung noch von Nöten ist, wird somit in der Endausbaustufe der KI-getriebenen Transportlogistik überflüssig (siehe Abbildung 2).²⁹

Abbildung 2: Ausbaustufen der softwaregetriebenen Transportplanung



Quelle: in Anlehnung an Anschütz, 2020, o. S.

²⁸ Vgl. Kaplan, 2017, S. 15; Joshi, 2020, S. 4 ff.; Murphy, 2012, S. 1.

²⁹ Vgl. Engelbrecht et al., 2021, S. 150 f.; Krohn et al., 2020, S. ix f.; ten Hompel, 2021, S. 6 f.

Wie in Abbildung 2 gezeigt, verfolgt die KI bei der Tourenplanung das Ziel eine komplett autonome Transportgestaltung zu erreichen. Der Großteil der sich heutzutage im Einsatz befindlichen Planungsprogramme ist in der Lage nach definierten Parametern Touren anzulegen und effizient zu gestalten (siehe Kapitel 2.1.2), befindet sich aber noch nicht in dieser Endausbaustufe. So wird anknüpfend daran vermehrt der Fokus auf Einsatzmöglichkeiten des Machine Learning in der Disposition gelegt, wobei versucht wird, Standards hinsichtlich ideal geplanter Touren und Qualitätsmerkmale festzulegen, nach denen das ML die Planung zukünftig eigenständig und optimiert durchführen kann.³⁰

Im Rahmen der KI können auch die Schnittstellen zwischen der Transportlogistik und den anderen Bereichen der Supply Chain reibungsloser gestaltet werden. Aufgrund der Vielzahl von Einflussfaktoren auf die Transportplanung genügt es nicht mehr, diese lediglich nach den klassischen Planungskriterien, wie einer möglichst hohen Ressourcenauslastung auszurichten. Die KI muss auch die vor- und nachgelagerten Prozesse beachten, um zielgenau und kurzfristig optimieren zu können.³¹ Dabei steht das Sammeln von vielseitigen Daten (Big Data) entlang der Lieferkette im Fokus, um im Bereich der Transportplanung möglichst aussagekräftig sein zu können. In der Transportlogistik laufen die Fäden der verschiedenen Prozesse zusammen, weshalb sich die Gelegenheit zum Clustern und Aufbereiten von Big Data zur Verwendung in den Planungs- und nachgelagerten Prozessen dort besonders anbietet. Die Aufbereitung von Big Data aus den verschiedenen Aktivitätsbereichen wird somit als Notwendigkeit in dem Bereich der Transportplanung angesehen und macht es langfristig möglich, KI-gestützte Programme anzulernen sowie im Kontext des ML stetig weiterzuentwickeln.³²

Viele transportdienstleistende Unternehmen gehen bereits erste Wege, um eine fundierte Datenbasis für die softwaregetriebene Weiterverarbeitung zu generieren. So werden die Fahrzeugführenden bzw. die Fahrzeuge während der Tourenabwicklung an den Planungsprozess der Disposition und Werkslogistik teilweise in Echtzeit angeschlossen. Ziel ist das Sammeln von Live-Daten, z. B. über Fahr- und Servicezeiten oder Routenverläufe aus der praktischen Abwicklung. Dies kann entweder über eine Schnittstelle zu der Fahrzeugtelematik oder aber einen direkten Kommunikationskanal erfolgen, über den die Fahrerinnen und Fahrer Meldungen und Informationen absetzen oder empfangen können. Für die Weiterentwicklung des ML sind diese Daten einerseits aussagekräftiger als etwa

³⁰ Vgl. Anschütz, 2020, o. S.; Engelbrecht et al., 2021, S. 150 f.

³¹ Vgl. ERTRAC, 2020, S. 3 ff. zitiert nach Evas, Heflich, 2021, S. 5.

³² Vgl. Meier, Kaufmann, 2016, S. 11 ff.; Pflaum et al., 2017, S. 9 f.

eine Terminierung nach Standardzeiten aus dem Planungsprogramm oder etwaige hinterlegte Parameter im Kundschaftsstamm. Andererseits bieten sie die Möglichkeit, kurzfristig und situationsbedingt auf Veränderungen zu reagieren.³³ Die so ermittelten Datenmengen können in der automatischen und unterstützten Tourenplanung herangezogen werden, um Transporte nach definierten Kriterien zu generieren oder zu optimieren. Dies stellt die Grundlage für den zukünftigen Einsatz umfassender KI, die prozessübergreifend arbeitet, in der Transportplanung dar.

Im nächsten Schritt wird das langfristige Ziel der Transportbranche verfolgt, eine KI-gestützte vollkommen autonom arbeitende Transportplanung zu etablieren, die optimale Planungsergebnisse hervorbringt. Dabei stehen die Unternehmen aber vor der Herausforderung, verbindliche und fundierte Qualitätsanforderungen an die KI zu definieren, aufgrund derer der komplette Prozess von der Generierung von Big Data über deren Aufbereitung und Einbeziehung in das Machine Learning durchgängig sichergestellt werden kann.

2.3 Kennzahlen und Qualitätsmerkmale der Transportplanung

Im Folgenden werden die transportrelevanten Kennzahlen aufgezeigt, die in der Logistikbranche maßgeblich als Indikatoren für eine qualitativ zufriedenstellende Tourenplanung gelten. Die Festlegung so genannter Key Performance Indicators (KPI) ist von großer Bedeutung, um zum einen ein Anforderungsprofil zu schaffen, auf dessen Basis eine Transportplanung und eventuelle Optimierungstools fußen sollen. Zum anderen stellen sie auch die Grundlage dafür dar, um im Nachgang eine Bewertung der Transportplanungsqualität durchführen und im Zuge eines Reporting eine Wirtschaftlichkeitsanalyse vornehmen zu können.³⁴

Grundvoraussetzung zur Definition von Transportkennzahlen ist aber zunächst die Einhaltung und Erfüllung vorgegebener Transportplanungsparameter bzw. Restriktionen. Diese Informationen entstammen verschiedenen Bereichen des Supply-Chain-Prozesses und werden durch die jeweils dort auftretenden Akteurinnen und Akteure oder Gegebenheiten definiert. Sie gelten als Rahmenbedingungen der Tourenplanung und der transportspezifischen Kennzahlen, da ihre Einhaltung das Fundament für die stattfindenden Aktivitäten darstellt. Entscheidend ist daher, dass diese in der Transportplanung gebündelt und den Transportplanerinnen und -planern und deren Tools zugeführt werden. Die relevanten

³³ Vgl. VR-Redaktion, 2019, S. 30 f.

³⁴ Vgl. Arndt, 2013, S. 118; Weber, 2018, S. 22; Krause, Arora, 2008, S. VII.

Vorgaben lassen sich gemäß der folgenden Übersicht kategorisieren (siehe Tabelle 3).³⁵

Tabelle 3: Transportplanungsvorgaben bzw. Restriktionen

Kategorie	Informationsquelle	Auszug Informationen
kundschafts-spezifisch	- Kundschaftsstammdaten - Auftrag von Kundinnen und Kunden	- Liefertermin - Entladung vor Ort
depotbezogen	- Lager	- Leistung & Auslastung der Anlagen - Lagerplätze
materialbezogen	- Lager (Warenwirtschafts-system) - Wareneingangsbuchung	- Abmessungen - Beschaffenheit
fahrzeug-bezogen	- Spedition - Disposition	- Kapazitäten - Laderaumabmessungen
geografisch-infrastrukturell	- Navigation - TMS	- Verkehrsnetz - Durchfahrtsbeschränkungen - Verkehrslage

Die kundschaftsspezifischen Vorgaben werden durch die Auftragsgebenden bzw. Warenempfangenden formuliert und standardmäßig in den Kundschaftsstammdaten des Unternehmens hinterlegt oder aber bei der Auftragserfassung festgelegt. Dies können beispielsweise Informationen bez. der Ablademöglichkeiten bei den Kundinnen und Kunden oder definierte Warenannahmezeiten sein. Depotbezogene Richtlinien werden durch den unternehmenseigenen Betrieb im Lager festgelegt, indem beispielsweise Lagerkapazitäten oder Durchlauf- und Kommissionierzeiten zu respektieren sind. Materialbezogene Auflagen ergeben sich aus der Produktbeschaffenheit z. B. hinsichtlich der Abmessungen oder Anforderungen bez. ihrer Verladung auf die Verkehrsträger. Diese Anhaltspunkte können sich je nach Branche und Materialbeschaffenheit deutlich unterscheiden und die Planungsproblematik erschweren (siehe folgendes Kapitel). Daran anknüpfend ergeben sich die fahrzeugspezifischen Aspekte, die die Eigenschaften und Kapazitäten des Tourenfahrzeuges beschreiben und somit bei der Kombination von verschiedenen Sendungen und Materialtypen auf einem Fahrzeug von Relevanz

³⁵ Vgl. Domschke, Scholl, 2010, S. 200 ff.; Gudehus, 2010, S. 77.

sind. Geografische und infrastrukturelle Vorgaben beeinflussen die Disposition bei der Zusammensetzung der Tour und der Gestaltung der Route bzw. Stoppereihenfolge. Auf Basis der örtlichen verkehrsinfrastrukturellen Bedingungen besteht ein direkter Zusammenhang zu der Fahrzeit und Distanz.³⁶

Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, sind moderne TMS in der Lage, den Großteil dieser Vorgaben über systemübergreifende Schnittstellen und Kommunikationsnetzwerke zu verarbeiten und im Planungsprozess zu berücksichtigen. Ihre Einhaltung ist die Grundvoraussetzung dafür, dass die Ansprüche an eine anforderungsbezogene Transportlogistik erfüllt werden. Die aufgeführten Parameter und Restriktionen geben somit zum einen die Rahmenbedingungen des Planungsprozesses vor, haben aber zum anderen auch einen direkten Einfluss auf die Leistungserfüllung und Transportkennzahlen der jeweiligen Unternehmen.³⁷

Kennzahlen in der Transportlogistik werden erhoben, um die Wirtschaftlichkeit der Planungsaktivitäten und der Warenverbringungen qualitativ zu messen und beinhalten auch die Erfüllung der zuvor genannten Vorgaben und Restriktionen. Das Hauptziel besteht darin, die Kapazitäten eingesetzter Ressourcen für die Zustellung eines vorgegebenen Sendungsaufkommens maximal auszureizen und somit unternehmerische Kosten niedrig zu halten.³⁸

Um dieses Ziel möglichst genau quantifizieren zu können, hebt die Fachliteratur folgende anforderungsbezogene KPI hervor:³⁹

- Gewichts-/volumenbezogene Auslastung der LKW
 - ➔ Bezeichnet die maximale Beanspruchung der Nutzlast (Tonnage) sowie der Kapazität des Laderaums (Volumen) des eingesetzten Fahrzeuges.
- Anzahl der Stopps pro LKW
 - ➔ Bezeichnet die Bewältigung einer möglichst hohen Anzahl von Stopps bzw. Belieferungen von Kundinnen und Kunden innerhalb der verfügbaren Einsatzzeit.

³⁶ Ebd.

³⁷ Vgl. Berger, 2016, S. 15.

³⁸ Vgl. Fleischmann, 2008b, S. 8.

³⁹ Vgl. Schulte, 2017, S. 918 ff.; Gudehus, 2010, S. 828; Gleißner, Femerling, 2012, S. 244 ff.

- Ausnutzung der verfügbaren Fahrzeit
 - ➔ Bezeichnet die Inanspruchnahme eines möglichst großen Umfangs der verfügbaren Fahrzeit des LKW.
- Zurückgelegte Distanz pro Stopp
 - ➔ Bezeichnet die Wahl der minimalen Fahrstrecke auf der geplanten Route und zwischen den einzelnen Stopps.
- Erfüllung der Zeitvorgaben (Terminierung)
 - ➔ Bezeichnet die Einhaltung der vereinbarten Liefertermine und Anlieferzeiten bei den Kundinnen und Kunden sowie des allgemeinen Tourenzeitplans.
- Erfüllung sendungs- und kundschaftsbezogener Anforderungen und Restriktionen
 - ➔ Bezeichnet die Einhaltung individuell vereinbarter oder erforderlicher Sendungsspezifika, z. B. Bereitstellung von Entlademitteln oder die Beachtung von Durchfahrtsbeschränkungen.
- Retouren-/Mängelquote (doppelte Vertourung)
 - ➔ Bezeichnet die Minimierung von Sendungsrückholungen bzw. nicht zugestellter/entladener Packstücke, was eine erneute Verplanung des Materials nötig machen würde.
- Transportkosten (im Verhältnis zum Rohertrag)
 - ➔ Bezeichnet die Minimierung der anfallenden Transportkosten (ggf. auch im Verhältnis zum erzielten Rohertrag der transportierten Sendungen).

Sowohl die Disposition als auch die Planungstools verfolgen dabei das Ziel, in Bezug auf diese Kriterien effiziente Ergebnisse zu erzielen. Es fehlt jedoch oftmals eine detailliertere Vorgabe, wie die Relevanz und hierarchische Bedeutung der einzelnen Gütefaktoren zu bewerten ist. Das „Vehicle Routing Problem“ beschreibt dieses Dilemma, in dem sich die Plannerinnen und Planer des Transports bei der Zusammenstellung von effizienten und anforderungserfüllenden Touren für ein existierendes Sendungsaufkommen befinden. Diesen Konflikt zwischen prozessgetriebenen und servicegetriebenen Anforderungen bzw. Leistungskriterien müssen die Transportplanerinnen und -planer bewältigen und den

Anforderungen in möglichst gleicher Weise gerecht werden.⁴⁰ Die logistischen Kennzahlen stehen in vielfältigen Beziehungen zueinander und können sich somit begünstigen oder auch benachteiligen, sodass die Verbesserung der einen Kennzahl zu Lasten einer anderen geht. Die Herausforderung besteht somit darin, eine planerische Balance zwischen den genannten Qualitätsmerkmalen zu finden, sodass über alle Kriterien hinweg das in Summe beste Ergebnis erzielt wird.⁴¹

2.4 Branchenspezifische Anforderungen in der Stahl- und Metallogistik

Die Transportplanung und die damit verbundenen Herausforderungen an die Disposition und die Managementsysteme gestalten sich maßgeblich in Abhängigkeit der jeweiligen Logistikbranche und der sich daraus ergebenden transportierten Güter.⁴² Im Rahmen dieser Ausarbeitung stehen daher die spezifischen Charakteristika und Anforderungen an die Transportplanung in der Stahl- und Metallogistik im Zentrum. Bei den zu transportierenden Versandstücken müssen vor allem folgende Aspekte durch die involvierten Akteurinnen und Akteure und die unterstützenden Tools in der Transportplanung besonders berücksichtigt werden:

Sendungsgewichte: In der beschriebenen Branche sind die zu transportierenden Packstücke oftmals hunderte Kilogramm oder auch einige Tonnen schwer. Die Disposition muss somit bei der Planung beachten, dass nicht die zulässige Nutzlast des Fahrzeuges überschritten sowie eine angemessene Ladereihenfolge bzw. Platzierung auf der Ladefläche vorgenommen wird. Des Weiteren führt dies zu der Konsequenz, dass sowohl die Be- als auch die Entladung durch Betriebsanlagen und -hilfsmittel durchgeführt werden muss, die – sofern sie nicht bei den Kundinnen und Kunden selbst vorhanden sind – mitgeführt werden müssen (z. B. in Form eines Kranaufbaus am Fahrzeug). Die Abwicklung verursacht aufgrund der hohen Gewichte einen erhöhten Aufwand und nimmt Zeit in Anspruch, was sich vor allem bei der Routenplanung durch eine erhöhte Standzeit bei den Kundinnen und Kunden auf die verbleibende Lenkzeit der Fahrzeugführenden auswirkt. Eine regelmäßige Abstimmung zwischen der Disposition und der Verladung bzw. Kommissionierung und ein fundiertes Wissen über die stattfindenden Supply-Chain-Prozesse ist somit in der Branche besonders wichtig.⁴³

⁴⁰ Vgl. Francis et al., 2008, S. 74; Irnich et al., 2014, S. 1; Tuytens et al., 2004, S. 134 ff.

⁴¹ Vgl. Zäpfel, 2001, S. 44 f.; Arndt, 2015, S. 74 f.

⁴² Vgl. Ihde, 2001, S. 197 f.

⁴³ Vgl. ten Hompel, Schmidt, 2010, S. 112; DVZ-Redaktion, 2020b, S. 3.

Sendungsabmessungen: Einen weiteren Faktor der Branche stellen die unhandlichen Abmessungen der Materialien dar. Im Stahlrohrbereich finden sich Produkte mit Längen von über 12 Metern. Im Blechbereich gibt es wiederum Formate von bis zu 2x6 Metern.⁴⁴ Insofern muss in der Transportplanung beachtet werden, welche Materialien auf einem Fahrzeug kombiniert werden können und ob der Laderaum der Fahrzeuge überhaupt den jeweiligen Materialbeschaffenheiten gerecht wird. Auch bei diesem Punkt ist zudem wieder der zusätzliche Zeitaufwand bei der Be- und Entladung aufgrund des Handlings sowie die Verfügbarkeit geeigneter Lademittel bei der Tourenplanung zu berücksichtigen. Die Herausforderung gewinnt besonders in Lägern mit Mischsortimenten an Komplexität, bei denen verschiedene Produktgruppen zu einem Packstück zusammengefasst werden. Hier gelangen auch Unterstützungssoftwares und Packassistenten an ihre Grenzen, da sich kein einheitliches Muster für Packstücke und Materialbündel festlegen lässt.⁴⁵

Materialeigenschaften: In der Stahl- und Metallogistik gelten zudem Bestimmungen hinsichtlich der Kombination verschiedener Materialgruppen. Dies hat den Hintergrund, dass gewisse Werkstoffe miteinander reagieren und somit getrennt gelagert, aber auch getrennt verladen werden müssen. Dies betrifft Werkstoffe, deren Beständigkeit gegen Korrosion (Rostbildung) sehr unterschiedlich ist, wie beispielsweise Edelstahl in Verbindung mit verzinktem Material, wobei das jeweils edlere Metall die Korrosion fördert.⁴⁶ Somit sind die Materialeigenschaften und -typisierungen ein entscheidendes Kriterium bei der Tourenplanung und machen die Kombination verschiedener Sendungen ggf. unmöglich.

Die materialspezifischen Besonderheiten der Stahl- und Metallogistik zeigen demnach, dass die Planerinnen und -planer im Transport über eine ausgezeichnete Kenntnis der Prozesse im Lager und der Materialien verfügen müssen, um möglichst effiziente Materialkombinationen zu erzielen und den zeitlichen Aufwand beim Handling gering zu halten bzw. einschätzen zu können.⁴⁷ Die Herausforderung besteht darin, dieses individuelle Wissen in technisch getriebene Planungstools zu integrieren.

⁴⁴ Vgl. Klöckner Stahl- und Metallhandel GmbH, 2008, S. 217 & 281.

⁴⁵ Vgl. Graf, 1998, S. 238.

⁴⁶ Vgl. Stroh Metalltechnik, 2018, o. S.; Reichel, Schnell, 2011, S. 82 ff.

⁴⁷ Vgl. Kummer, 2018, S. 362.

3 Methodische Herangehensweise

In diesem Kapitel werden im Anschluss an die theoretischen Grundlagen und die Darlegung des Status quo in puncto automatisierter und KI-gestützter Transportplanung die daraus resultierenden Problemstellungen sowie zukunftsfähigen Entwicklungspotenziale herausgestellt. Aufbauend darauf findet die Methodenrecherche statt, die als Grundlage für die Operationalisierung hinsichtlich der Messbarmachung von Transportplanungsqualität und folglich der Ausgestaltung eines geeigneten Konzepts zur KI-gestützten Transportplanung dienen wird. Dabei werden verschiedene Methoden und Analyseverfahren erläutert und schließlich hinsichtlich ihrer fallbezogenen Anwendbarkeit bewertet. Am Ende des Kapitels wird die Wahl einer geeigneten Analyseverfahren stehen, mit deren Anwendung die Transportplanungsqualität aussagekräftig bestimmt werden kann.

3.1 Problemformulierung und Entwicklungspotenzial

Das vorangegangene Kapitel hat gezeigt, dass sich in der Branche bereits technische Tools und Softwares durchgesetzt haben, die die Tourenplanung unterstützen und zunehmend automatisieren. Da die Programme kategorisch nach vorgegebenen Parametern optimieren, sind sie in ihrer Ausführung oftmals auf die systemseitig definierten Anhaltspunkte begrenzt. Es fehlt das Erkennen von Zusammenhängen zwischen den Optimierungsparametern und deren jeweilige Relevanz für die Prozesse der Transportlogistik.

Außerdem gibt es bereits erste KI-gestützte Ansätze, um die Transportplanung flexibler und umfassender auszugestalten. Ausgereifte KI-getriebene Transportplanungskonzepte, die sich durch weitgehend autonome und nutzenmaximierende Prozesse auszeichnen, sind in dieser Form aber noch nicht anzutreffen. Es bedarf im nächsten Schritt fundierter Ansätze, inwiefern die gewonnenen Informationen und Transparenzen aufzubereiten und nutzbar zu machen sind, um sie dann im KI-Kontext zielgerichtet einbeziehen zu können.

Die dafür erforderlichen Qualitätsstandards sind mit Blick auf die herausgestellten KPI in der Branche bereits gegeben. Die Kennzahlen der Transportlogistik gelten als Anhaltspunkt für die Leistungsfähigkeit und Effizienz der Transportplanung und stellen somit die Grundlage für die Gestaltung etwaiger Planungsunterstützungsprogramme dar.⁴⁸ Die reine Formulierung von Kenngrößen ist allerdings nicht ausreichend, damit ein KI-getriebenes Transportplanungsprogramm

⁴⁸ Vgl. Kapitel 2.3

erfolgreich arbeiten kann. Anknüpfend an die bereits bestehenden Dispositionstools gilt es daher, diese im Hinblick auf die Planungsparameter bzw. KPI weiterzuentwickeln und situationsbezogene Qualitätsmerkmale der Transportplanung zu formulieren, auf die sich KI-gestützte Tools stützen können.

Dabei gilt es zunächst die Frage zu klären, welche Bedeutung den jeweiligen Kriterien der Transportplanung zukommt und wie diese hierarchisch anzuordnen sind. Von Relevanz ist dies vor allem, da sich die Planungskriterien gegenseitig beeinflussen und somit eine vollkommene Erfüllung aller Anforderungen nur selten umsetzbar ist. Wird eine Tour also im Hinblick auf ein Qualitätsmerkmal optimiert, kann dies zu Lasten oder zu Gunsten eines anderen gehen, z. B. kann die konsequente Einhaltung der Annahmezeiten bei den Kundinnen und Kunden zu einer Verminderung der durchführbaren Stopps führen. In derartigen Fällen muss ein automatisches Planungstool abwägen können, welche Kennzahl den größeren Gesamtnutzen verspricht und somit die jeweiligen Interdependenzen erkennen. Zudem gilt es, die individuellen Rahmenbedingungen des jeweiligen Geschäftsumfeldes im Blick zu behalten. So ist es je nach Netzwerktyp oder Transportmodell der Fall, dass unterschiedliche Kriterien ausschlaggebend für einen effizient geplanten Transport sind. Das kann beispielsweise mit den individuellen Speditionsvereinbarungen und der daraus resultierenden Zusammensetzung der Transportkosten zusammenhängen.

Die methodische Aufbereitung einer situationsbezogenen Transportbewertung, die die Interdependenzen innerhalb der Tourenplanung berücksichtigt, würde die bestehenden Optimierungsprogramme in ihrer Aussagekraft hinsichtlich Transportplanungsqualität und -effizienz voranbringen. Und unter Einbezug in das ML besteht somit das Potenzial, ein KI-gestütztes Konzept zur individuellen Bewertung und Optimierung der Transportplanungsqualität explizit für die Sendungszustellung in der Stahl- und Metalllogistik hervorzubringen.

3.2 Methodenuntersuchung zur Bestimmung von Transportplanungsqualität

Im Folgenden werden verschiedene Analyseverfahren untersucht, mit deren Hilfe Transportplanungsqualität bestmöglich messbar gemacht werden kann. Die Methode soll die verschiedenen in Kapitel 2.3 herausgestellten Kennzahlen der Transportlogistik in Relation zueinander setzen und deren Bedeutung im Branchenkontext herausstellen. Die hierarchische Anordnung und Bedeutungszumessung der Kriterien ist ein wichtiger Anhaltspunkt für die spätere KI-gestützte Planung.

So werden nachfolgend verschiedene Methoden und Analyseverfahren dargelegt, die im Zusammenhang mit Entscheidungssituationen herangezogen werden können. Grundvoraussetzung für die Anwendung einer potentiellen Methode ist in jedem Fall, dass sie den Einbezug vielseitiger Kriterien zulässt. Denn Ziel ist es, dass in der späteren Anwendung, die Transport-KPI herausgestellt werden, auf deren Basis die Touren mit höchster Effizienz erstellt werden können.

3.2.1 Entscheidungsbaum

Die Anfertigung eines Entscheidungsbaums ist eine Methode, mit der ein Entscheidungsprozess und dessen verschiedene Stadien skizziert werden können. Neben dem Aspekt der Unterstützung der Entscheidungsfindung zeichnet sich die Methode auch dadurch aus, dass sie die Problemstellung sowie die Entscheidungsabläufe visuell transparent abbildet. Die Darstellung ähnelt einer „Baumwurzel“ oder „Baumkrone“, die sich abgehend vom „Stamm“ (= Entscheidungsproblem) in die verschiedenen Kriterien und Einflussfaktoren abwärts verzweigt.⁴⁹

Zu Beginn wird im Kontext des Entscheidungsbaums die zu diskutierende Fragestellung aufgeworfen und als Ausgangspunkt für die dann folgende Entscheidungsskizzierung platziert. Es werden nun abgehend vom „Stamm“ entlang der „Wurzeln“ die verschiedenen möglichen Attribute bzw. Kriterien abgefragt, die wiederum in weitere Unterfragen münden. Ausgehend von jeder weiteren Unterfrage verzweigt sich das „Astwerk“ mehr und mehr aufgrund dessen, dass jeweils verschiedene Bewertungsoptionen der Kriterien zur Auswahl stehen. Dabei eröffnet jede Bewertungsoption einen neuen Laufweg entlang der „Wurzel“. Es gilt grundsätzlich, dass der Entscheidungsbaum mit zunehmender Anzahl an abgefragten Attributen und Bewertungsoptionen an Komplexität und Verflechtungen zunimmt. Am Ende eines jeden „Wurzelzweigs“ steht die jeweilige Konsequenz als Antwort auf die aufgeworfene Ursprungsfragestellung und in Anbetracht der jeweils getätigten Entscheidungen entlang des Laufweges. Das können z. B. Nutzenwerte sein, die sich über die getroffenen Entscheidungen entlang des Astwerks aufsummiert haben. Ein „Wurzelstrang“ kann aber auch enden, wenn gewisse Entscheidungswege nicht zur Problemlösung beitragen und somit eliminiert werden. Grundsätzlich gilt es, am Ende die vielversprechendste Alternative bzw. Konstellation auszuwählen.⁵⁰

⁴⁹ Vgl. Hartenstein et al., 2008, S. 24 f.; Kruschwitz, 2009, S. 339; Partsch, 1998, S. 98 f.

⁵⁰ Vgl. Schawel, Billing, 2014, S. 92 f.; Willnauer, 2016, S. 68 f.

Der wichtigste Vorteil des Entscheidungsbaums liegt in seiner übersichtlichen Darstellung und Visualisierung des Entscheidungsprozesses und dessen verschiedene Facetten. Er zeigt genau auf, welche Konsequenzen aus den Bewertungen der einzelnen Kriterien resultieren und ermöglicht es somit, Schlüsselaspekte der Entscheidungsherbeiführung zu identifizieren. Außerdem verkörpert er eine einfache und übersichtliche Durchführung des Entscheidungsprozesses, die sich durch eine schrittweise Abarbeitung der einzelnen Attribute kennzeichnet. Die Anwendung bedarf daher keiner tiefgreifenden methodischen Einführung der Anwendenden.⁵¹

Daraus resultiert aber auch gleichzeitig die Schwäche, dass Entscheidungssituationen und Kriterien nur sehr eingeschränkt bewertet werden können (Entscheidungsfragen), da der Entscheidungsbaum keine tiefgreifende Differenzierung bei den Einordnungen zulässt. Die tatsächliche Aussagekraft vor allem hinsichtlich quantitativer Bezugsgrößen ist somit oftmals unzureichend. Außerdem werden Einflüsse zwischen den Kriterien und Umweltzuständen unzureichend beachtet, da die einzelnen Attribute für sich stehend nacheinander abgefragt werden (Reihenfolgeproblematik), was nicht zwangsläufig zum optimalen Ergebnis führt. Ein weiteres Problem stellt die Darstellung von komplexen Entscheidungssituationen mit vielschichtigen Kriterien und Einflussfaktoren dar, da die Dimensionen durch die zunehmenden Verflechtungen des „Astwerks“ überproportional zunehmen. Die optische Darstellung des Entscheidungsprozesses wirkt sich dann kontraproduktiv aus, da sie für die Betrachtenden unkoordiniert und unübersichtlich erscheint.⁵²

3.2.2 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse (NWA) ist eine Methode der Entscheidungstheorie, die in komplexen Problemstellungen zum Einsatz kommen kann. Dabei wird eine Anzahl von Alternativen im Hinblick auf definierte Kriterien bewertet und gegenübergestellt. Die NWA ermöglicht dabei den Einbezug von sowohl quantitativen (z. B. Kostenaspekte) als auch qualitativen (z. B. Produktivität) Entscheidungskriterien.

⁵¹ Vgl. Nöllke, 2015, S. 87.

⁵² Vgl. Müller-Stewens, Lechner, 2016, S. 319; Zimmermann, Stache, 2001, S. 139 & 150 f.

Sie bietet sich im Unternehmenskontext an, wenn sich die Frage nach der strategischen Ausrichtung oder Veränderung von Strukturen bzw. Konzepten stellt und sich somit vielseitige Auswirkungen ergeben.⁵³

Als Vorbereitung auf die Nutzwertanalyse müssen zunächst die betroffenen Alternativen definiert und bei sehr großer Anzahl ggf. zu wenigen Alternativkategorien geclustert werden. Darauf aufbauend müssen alle Kriterien festgelegt werden, auf Basis derer die Entscheidungssituation zur Auswahl der besten Alternative zu lösen ist und die einen Einfluss auf den diskutierten Kontext haben. Um ihre Anzahl zu begrenzen, kann auch eine Zusammenfassung der sich inhaltlich ähnelnden oder bedingenden Kriterien in Erwägung gezogen werden. Im Anschluss werden die aufgestellten Kriterien dann gemäß ihrer Relevanz für die Entscheidungssituation gewichtet. Für gewöhnlich wird ihnen ein prozentualer Bedeutungswert zugewiesen, der aufsummiert über alle Kriterien hinweg den Wert 1 (= 100 Prozent) ergibt. Je höher der Gewichtungsfaktor ausfällt, desto höher ist die Bedeutung des Kriteriums im Bewertungskontext. Die Kriterien und Alternativen werden in Beziehung zueinander gestellt, indem sie in eine Matrix eingetragen werden.⁵⁴

Im darauffolgenden Schritt wird im Rahmen der Matrix jede Alternative hinsichtlich der einzelnen Kriterien bewertet. In der Praxis wird meist eine kardinale Punkteskala von 1–10 herangezogen, wobei der Wert 1 einen niedrigen Beitrag der Alternative zum Zielkriterium beschreibt und der Wert 10 einen ausgesprochen hohen Zielbeitrag widerspiegelt. Die Matrix ist nun mit allen relevanten Elementen zur Entscheidungsherbeiführung gefüllt und kann im nächsten Schritt ausgewertet werden. Dabei werden die vergebenen Punkte mit dem zuvor festgelegten Bedeutungswert des jeweiligen Kriteriums multipliziert. Es ergeben sich nun pro Alternative so genannte Nutzenwerte zu jedem festgelegten Kriterium. Die Höhe des Nutzenwertes ergibt sich somit aus dem Verhältnis zwischen Kriterienbedeutung (in Prozent) und zugewiesenem Erfüllungsgrad (z. B. anhand der Punkteskala 1–10). Diese Nutzenwerte werden final pro Alternative aufsummiert, sodass die Alternativen kardinal eingeordnet werden können.⁵⁵ Die Alternative mit dem höchsten Gesamtnutzenwert verspricht nun den größten Effekt bzw. unternehmerischen Mehrwert für die betrachtete Entscheidungssituation.⁵⁶

⁵³ Vgl. Kühnapfel, 2014, S. 1 ff.; Nagel et al., 2020, S. 54 f.

⁵⁴ Vgl. Kühnapfel, 2014, S. 5 ff.; Vahs, 2015, S. 513 ff.

⁵⁵ Ebd.

⁵⁶ Vgl. Müller-Stewens, Lechner, 2016, S. 372 f.

Die NWA, die sich im Allgemeinen durch ihre hohe Transparenz und Nachvollziehbarkeit auszeichnet, ist in der betriebswirtschaftlichen Anwendung als gängige Methode zur Entscheidungsfindung bekannt. Ihr inhaltlicher Vorteil liegt darin, dass sowohl qualitative als auch quantitative Methoden einbezogen und somit komplexe Entscheidungssituationen ganzheitlich abbildbar gemacht werden können. Durch die Bedeutungszuweisung der Kriterien und der Vergabe von Punkten in der Matrix zwischen den Alternativen und Kriterien ermöglicht die Methode eine sehr feine Abstufung und detaillierte Einzelbewertung der verschiedenen Zusammenhänge. Genau hier liegt aber auch die Schwäche der NWA. Die Bestimmung der Kriterienrelevanz und die Durchführung des Punktescoring, aus dem sich die Nutzenwerte ergeben, sind einer starken Subjektivität ausgesetzt. Die Vorgehensweise regt die Befragten dazu an, Entscheidungen aus dem „Bauchgefühl“ zu treffen und räumt ihnen somit einen weiten Gestaltungsspielraum ein. Es erfolgt keine methodenseitige Gegenprüfung der Antworten und deren Folgerichtigkeit, was die Analyse anfällig für Manipulationen durch die Anwendenden macht.⁵⁷

3.2.3 Analytic Hierarchy Process

Der Analytic Hierarchy Process (AHP) ist eine gängige Methode der Entscheidungsunterstützung für komplexe Wirtschaftlichkeitsanalysen. Sie wurde von dem Mathematiker Thomas L. Saaty entworfen und ist unter dem Begriff des Operations Research (OR) einzuordnen. OR bezeichnet mathematische Ansätze, um mithilfe quantitativer Modelle fundierte unternehmerische Entscheidungen in Bezug auf verschiedene Kriterien zu fällen. Dabei wird die Problemstellung soweit vereinfacht, dass die Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Faktoren greifbar werden und somit methodisch gegeneinander reflektiert werden können. So sollen verschiedene Lösungsansätze in Abhängigkeit zu den konstelierten Kriterien und deren Beeinflussungen auf die Entscheidungssituation bewertet werden. Das Ergebnis sind numerische (Nutzen-)Werte, die quantifizieren, welche der einzelnen Lösungskonstellationen bzw. Alternativen vorzuziehen sind.⁵⁸

⁵⁷ Vgl. Niklas, 2016, o. S.; Poggensee, 2015, S. 182 f.

⁵⁸ Vgl. Briskorn, 2020, S. 2 ff.; Wöhe, Döring, 2013, S. 98 f.; Domschke, Drexl, 2011, S. 1 f.

Der AHP stellt unter diesem Oberbegriff eine multikriterielle Bewertungstechnik dar, die besonders auf die hierarchische Einordnung von vielfältigen Kriterien sowohl qualitativen als auch quantitativen Ursprungs Bezug nimmt.⁵⁹ Saaty definiert den AHP als „basic approach to decision making. It is designed to cope with both the rational and the intuitive to select the best from a number of alternatives evaluated with respect to several criteria.“⁶⁰ Die Grundlage für die Anwendung des AHP bilden erneut wirtschaftliche Kennzahlen, also im hiesigen Fall die Transport-KPI, die die Kriterien für eine effiziente Tourenplanung darstellen. Der AHP arbeitet zunächst mit Paarvergleichen, bei denen die verschiedenen Wirtschaftlichkeitskriterien gegeneinander bewertet und somit hinsichtlich ihrer Relevanz hierarchisch eingeordnet werden. Dabei wird jedes Kriterium gegen alle übrigen vorhandenen Kriterien gespiegelt, sodass sich für jede vorhandene Konstellation entsprechende Eigenvektoren ergeben. Die so entstehende Wertematrix wird so aufgelöst, dass jedem Kriterium unter Einbezug aller interkriteriellen Beziehungen eine gültige Wertigkeit zukommt (kardinal). Es ergibt sich eine Skalierung der KPI hinsichtlich ihrer hierarchischen Bedeutung in der Entscheidungssituation (ordinal).⁶¹

Bei der Durchführung des paarweisen Kriterienvergleiches können sehr unterschiedliche Kriterien miteinander verglichen werden, die eine hohe Abstraktion aufweisen können. Aus diesem Grund wird im Rahmen des AHP auch eine so genannte Konsistenzprüfung durchgeführt, die Aufschluss darüber gibt, ob die resultierenden Ergebnisse mit Blick auf die Vielschichtigkeit der gegenseitigen Kriterienbeziehungen aussagekräftig sind. So muss beispielsweise Kriterium A weniger wichtig als Kriterium C sein, wenn B eine höhere Relevanz gegenüber Kriterium A, aber eine geringere gegenüber Kriterium C zugesprochen wird. Der Konsistenzfaktor (CR-Wert) gibt dabei an, ob die sich ergebenden Eigenvektoren untereinander schlüssig und folgerichtig, also keine Zufallsangaben sind. Ein hoher CR-Wert weist dabei auf eine geringe Konsistenz zwischen den Eigenvektoren hin und stellt somit einen Kontrollmechanismus der Methodendurchführung dar. Laut Saaty ist ein CR-Wert von maximal 0,1 akzeptabel, damit das Ergebnis aussagekräftig ist und für die weitere Verwendung herangezogen werden kann.⁶²

Hinzu kommen nun die verschiedenen Alternativen, die letztendlich den Ausgangspunkt für die Entscheidungssituation darstellen. Die Alternativen werden nun hinsichtlich des Erfüllungsgrads der gegebenen Kriterien relativ bewertet.

⁵⁹ Vgl. Zelewski, Peters, 2006, S. 1074.

⁶⁰ Vgl. Saaty, 1994, S. 1.

⁶¹ Vgl. Saaty, Vargas, 2013, S. 25; Saaty, 2000, S. 8 f.

⁶² Vgl. Brunelli, 2015, S. 22 ff.; Saaty, 2000, S. 80 f. & 84 f.

Dies geschieht, indem jede Alternative jedem Kriterium paarweise gegenübergestellt wird. Die ermittelten Erfüllungsgrößen werden nun in das Verhältnis zu den zuvor ermittelten Wertigkeiten der jeweiligen Kriterien gesetzt. Durch Aufsummieren der sich daraus ergebenden Nutzenwerte über alle Kriterien ergeben sich nun die finalen absoluten Ergebniswerte pro Alternative, aus denen sich die Alternative mit der höchsten Priorisierung bzw. Wirtschaftlichkeit ablesen lässt.⁶³

Der AHP zeichnet sich vor allem durch die Normierung verschiedenster Elemente einer Entscheidungssituation aus, was diese untereinander vergleichbar macht. So ermöglicht der AHP eine Bewertung von vielseitigen Kriterien untereinander, die sowohl auf monetäre als auch auf nicht-monetäre Aspekte der diskutierten Situation Bezug nehmen können. Die Charakteristika der vorhandenen Alternativen lassen sich somit einheitlich bewerten und mithilfe der mathematisch fundierten Kriteriengewichtung gegeneinander abwägen.⁶⁴ Durch den paarweisen Vergleich zwischen verschiedenen Kriterien sowie Kriterien und Alternativen zerlegt der AHP komplexe Problemstellungen in mehrere Unterfragen, was zu genauen Bewertungsergebnissen mit hoher Trennschärfe und einem angemessenen Einbezug aller Einflussfaktoren führt. In der Anwendung sorgt das dafür, dass umfangreiche Entscheidungssituationen Schritt für Schritt und weniger abstrakt abgewickelt werden können.⁶⁵ Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist die Konsistenzprüfung, die die Reliabilität der Ergebnisse garantiert. Die Aussagekraft der Kriterienbewertung darf somit als hoch eingestuft werden, sofern der CR-Wert dies bestätigt.⁶⁶

Aufgrund der genauen Bewertungsergebnisse durch die Paarvergleiche zeichnet sich der AHP aber auch durch eine hohe Komplexität aus. Die Durchführung bedarf einer gründlichen thematischen Einführung der Teilnehmenden und ausreichend Zeit, um alle vorliegenden Beziehungen gründlich untersuchen zu können.⁶⁷ Zudem wird dem AHP die Schwäche zugesprochen, dass bei der Methodendurchführung nicht jedes Element des Entscheidungsprozesses die jeweils anderen beeinflussen kann, sondern lediglich die nächst höhere Ebene. So nimmt beim AHP das Entscheidungsproblem Einfluss auf die Kriterien (ggf. weitere Unterkriterien) und jene wiederum auf die Alternativen, was eventuelle Rück-

⁶³ Vgl. Saaty, 1994, S. 4 f.

⁶⁴ Vgl. Bhushan, Rai, 2004, S. 19.

⁶⁵ Vgl. Brunelli, 2015, S. 5 f.

⁶⁶ Vgl. Saaty, 2001a, S. 9.

⁶⁷ Vgl. Riedl, 2006, S. 116.

kopplungsbeziehungen ausschließt. Elemente einer Ebene müssen dabei so gewählt werden, dass sie voneinander unabhängige Sachverhalte darstellen. Der individuelle Einfluss, den beispielsweise eine Alternative ihrerseits auf die Bedeutung der Kriterien haben kann, wird im AHP nicht thematisiert.⁶⁸

3.2.4 Analytic Network Process

Der Analytic Network Process (ANP) bezeichnet ebenfalls eine Methode zur Entscheidungsunterstützung des OR und stellt eine Weiterentwicklung des zuvor beschriebenen AHP nach Saaty dar. Der AHP fußt auf einem hierarchischen Gerüst, das Paarvergleiche und Bezüge zur jeweils nächst höheren Ebene darstellt, wohingegen der ANP versucht, auf Basis einer Netzwerkstruktur zu einer Entscheidung zu kommen.⁶⁹

Das Ziel des ANP ist es demnach, die vielschichtigen Beziehungen und wechselseitigen Beeinflussungen aller Elemente der Entscheidungssituation realistisch abzubilden.⁷⁰ Saaty beschreibt „the ANP synthesizes the outcome of dependence and feedback within and between clusters of elements. ... One had to overcome the limitation of linear hierarchic structures and their mathematical consequences.“⁷¹ Rückkopplungseffekte und Veränderungen der Entscheidungssituationen in Anbetracht der verfügbaren Alternativen sind somit eingeschlossen. Die Paarvergleiche und hierarchische Bedeutungsbemessung der Kriterien des AHP sind aber weiterhin die Basis für eine spätere Anwendung des ANP, falls die Entscheidungssituation nicht linear abgebildet werden kann.⁷²

Die Durchführung des gesamten Entscheidungsprozesses unter Anwendung des AHP sowie Ergänzung durch den ANP erstreckt sich über drei Stufen (siehe Abbildung 3):⁷³

⁶⁸ Vgl. Riedl, 2006, S. 115.

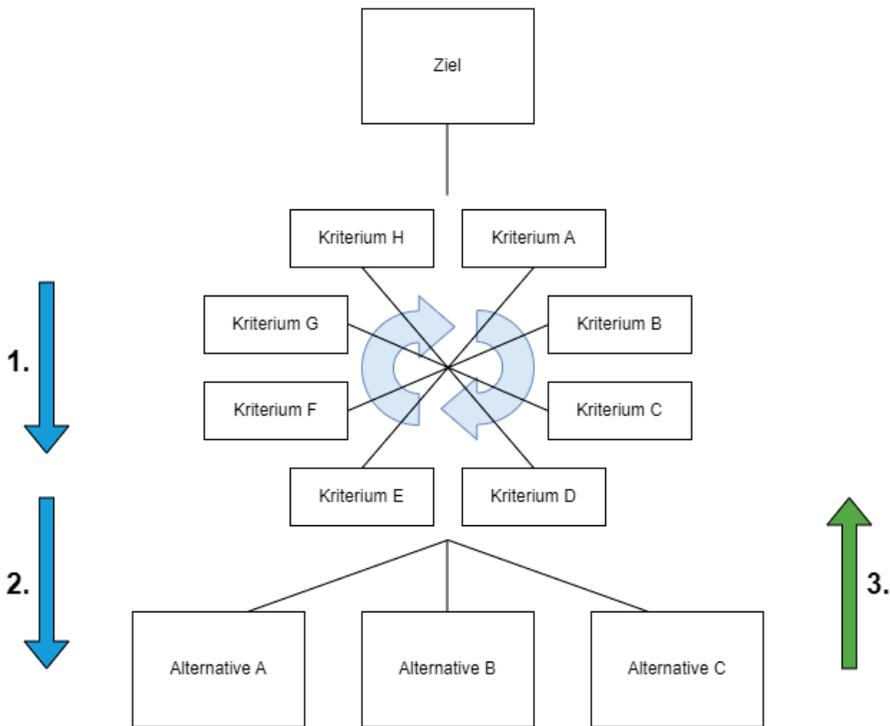
⁶⁹ Vgl. Peters, Zelewski, 2008, S. 481; Riedl, 2006, S. 116.

⁷⁰ Vgl. Saaty, 2001b, S. 83 ff.

⁷¹ Vgl. Saaty, 2009, S. 47.

⁷² Vgl. Saaty, Vargas, 2013, S. 7 f.

⁷³ Vgl. Saaty, 2009, S. 261 ff.

Abbildung 3: Aufbaustruktur des AHP und ANP

Quelle: in Anlehnung an Werani, 2004, S. 87

1. Kriterienbewertung und hierarchische Einordnung durch Paarvergleichsurteile (AHP)
2. Bewertung der verfügbaren Alternativen unter Zugrundelegung der Kriterien und deren Priorisierung (AHP)
3. Einfluss der verfügbaren Alternativen auf die Entscheidungssituationen und Kriterien (ANP)

Der dritte Schritt mündet in der Aufstellung einer Supermatrix, die alle paarweisen Beziehungen des Entscheidungsnetzwerkes abbildet, also auch die Einflüsse durch die verfügbaren Alternativen. Daraus lässt sich dann die so genannte Limitmatrix berechnen, die ausgehend von den einzeln getätigten Paarvergleichen, die Prioritäten in der gesamten Netzwerkstruktur ausgibt. In der Konsequenz wird

das Ergebnis des AHP durch den zusätzlichen Methodenschritt (Alternativeneinfluss) spezifiziert und bildet die Entscheidungswirklichkeit genauer ab. Der Kritikpunkt der linearen und somit einseitigen Herangehensweise des AHP kann mithilfe des ANP ausgeräumt werden.⁷⁴ Die allerdings ohnehin schon aufwendigen Anwendungsschritte des AHP verkomplizieren sich durch die Netzwerkstruktur und die Vervielfältigung der Konstellationen unter dem ANP erneut. In komplexen Problemstellungen ist dessen Anwendung daher nicht ohne einen Softwareeinsatz als Berechnungsgrundlage möglich.⁷⁵

3.3 Methodenvergleich und -auswahl

Nachdem im vorangegangenen Kapitel verschiedene Methoden und Analyseverfahren zur Lösung von Entscheidungs- und Bewertungssituationen dargelegt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit beleuchtet wurden, geht es nun darum, diese gegenüberzustellen und die für diese Untersuchung geeignetste Methode auszuwählen. Ziel ist es die Methode zu identifizieren, die die situationspezifische Qualität von Transportplanung möglichst aussagekräftig herausstellen kann.

Das Analysewerkzeug muss dabei an erster Stelle in der Lage sein, die vielseitigen Kriterien und Anforderungen, die auf die Transportplanung einwirken, angemessen zu berücksichtigen und zu bewerten. Die Kriterien müssen demnach in Relation zueinander gesetzt und ihre Bedeutung im Planungskonstrukt herausgestellt werden. Dieser Umstand gewinnt an Komplexität dadurch, dass sich die einzelnen Aspekte, die größtenteils Kennzahlen in der Branche darstellen, gegenseitig beeinflussen können. Durch die nähere Einordnung und Klassifizierung der Kriterien durch die Methodenanwendung ist dann ein erster Ansatz geschaffen, die Transportplanungsqualität anhand dessen bewerten zu können.

Neben der beschriebenen Einordnung der Planungskriterien gilt, dass die Methode im besten Fall auch in der Lage sein muss, die äußeren Umstände mit einzubeziehen, die ebenfalls einen eigenen Einfluss auf die Qualitätsbewertung haben können. Dadurch, dass die Prioritäten jedes Logistikstandortes und Unternehmens aufgrund gegebener Rahmenbedingungen abweichen können, werden die analytischen Ergebnisse hinsichtlich der Bewertung von Transportplanungsqualität erst damit aussagekräftig und machen das Konzept individuell anwendbar.

⁷⁴ Vgl. Peters, Zelewski, 2008, S. 478 zitiert nach Blockus, Bruhn, 2010, S. 180 f.; Saaty, 2009, S. 54.

⁷⁵ Vgl. Peters, Zelewski, 2008, S. 482.

Die zu wählende Methode soll von einer Vielzahl von Fachkundigen angewendet werden, um eine möglichst große Zahl an Daten zu generieren. Dadurch soll im Zuge der quantitativen Forschung ein möglichst aussagekräftiges und fundiertes Ergebnis hinsichtlich der formulierten Fragestellungen erzielt werden.⁷⁶ Eine aussagekräftige statistische Datenermittlung zeichnet sich durch einen hohen Grad an Validität, Reliabilität und Objektivität aus. Die Validität gibt an, ob die Methode geeignete Werte gegenüber der aufgeworfenen Fragestellung liefert, also ob sie auch tatsächlich den Sachverhalt untersucht, der zur Diskussion steht. Die Reliabilität ist gegeben, wenn die Methode zuverlässige und beständige Ergebnisse liefert, die von den gegebenen Umständen abgeleitet und reproduziert werden können. Bei der Objektivität wird darüber geurteilt, ob das herangezogene Analyseverfahren Ergebnisse liefert, die frei von äußeren Einflüssen oder Manipulationen sind. Es ist daher von elementarer Bedeutung, diese Gütekriterien in die Wahl einer geeigneten Analyseverfahren miteinfließen zu lassen und zu prüfen, inwiefern die vorgestellten Verfahren diese Aspekte abdecken.⁷⁷

Der nachfolgend dargestellte Vergleich basiert auf den gewonnenen Erkenntnissen hinsichtlich der Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden und stellt diese übersichtlich gegenüber. Dabei sind die vier beschriebenen Verfahren anhand der Anforderungen, die zur verlässlichen Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellung erfüllt sein müssen, eingeordnet worden (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: Methodengegenüberstellung und -vergleich

Anforderung Methode	Entscheidungsbaum	NWA	AHP	ANP
Übersichtlichkeit/ Visualisierung	●	●	●	●
Nachvollziehbarkeit/ Durchführungsaufwand	●	●	●	●
Kriterienvielfalt	●	●	●	●
Beachtung von Interdependenzen	●	●	●	●

⁷⁶ Vgl. Schwaiger, Zimmermann, 2011, S. 421; Raithe, 2008, S. 54 f. zitiert nach Friedrichs, 1990, S. 125.

⁷⁷ Vgl. Lienert, Raatz, 1998, S. 7 ff.; Girden, Kabacoff, 2011, S. 3 f.; Meyer, 2004, S. 17 f., 200 & 246 f.

Themenbezug (Validität)				
Ergebnisgenauigkeit (Reliabilität)				
Manipulationsresistenz (Objektivität)				
Übertragbarkeit/ Anpassungsfähigkeit				
 trifft kaum zu  trifft teilweise zu  trifft voll zu				

Der Methodenvergleich spiegelt wider, dass der Entscheidungsbaum, der sich vor allem durch eine Visualisierung des Entscheidungsprozesses auszeichnet, diese Stärke im konkreten Kontextzusammenhang nicht ausspielen kann. Es gibt zu viele Einflussfaktoren auf die Transportplanung, als dass diese und die Vielzahl möglicher Entscheidungsaktionen übersichtlich grafisch dargestellt werden könnten. Eine nachvollziehbare Visualisierung ist somit auch mit Blick auf andere Methoden nur eingeschränkt möglich. Die NWA, die bei Bewertungs- oder Entscheidungsprozessen in der Praxis besonders häufig herangezogen wird, kann sich durch ihre einfache Durchführbarkeit und systematische Nachvollziehbarkeit profilieren. Hier stellen sich auch die Schwächen der Methoden des OR heraus, die aufgrund ihrer stark mathematisch-statistischen Prägung einer tiefgreifenden thematischen Auseinandersetzung bedürfen. Dafür zeichnen sich der AHP und ANP dadurch aus, dass zahlreiche und verschiedenste Kriterien in den Analyseprozess mit einbezogen werden können. Außerdem respektieren sie die Beeinflussung der Kriterien untereinander. Der ANP schließt dabei sogar Rückschlüsse basierend auf den diskutierten Entscheidungsalternativen ein. Dies stellt im Vergleich zu den übrigen Methoden ein Alleinstellungsmerkmal dar, das speziell für die Qualitätsbemessung der verflochtenen Transportplanung von entscheidender Bedeutung ist.

Der AHP und ANP erfüllen zudem die Anforderungen an die Gütekriterien für Messungen bzw. Analyseverfahren hinreichend. Der AHP hat einen starken Themenbezug, der durch die wiederkehrenden Paarvergleiche gesichert ist. Dies wird durch den ANP noch weitergehend untermauert, indem auch die Einflüsse zwischen den Alternativen und Kriterien wechselseitig Beachtung finden und die

Methode somit valide an das natürliche Umfeld der individuellen Entscheidungssituation anknüpft. Die Netzwerkstruktur, die nur beim ANP vorliegt, sichert unter Einbezug aller Einflussfaktoren die Gültigkeit der Methode ab. Das macht die Methodenanwendung auch flexibel und übertragbar auf ähnliche Fragestellungen. Durch die individuelle Anpassung und Veränderung einzelner Parameter der Entscheidungssituation, können die Zusammenhänge neu bewertet und somit die Einflüsse auf das Ergebnis modifiziert werden. Die Ergebnisgenauigkeit ist sowohl in der NWA als auch im OR durch die ordinale bzw. kardinale Abstufung der Bewertungsverfahren gegeben. Zusätzlich erfolgt beim AHP noch die Konsistenzprüfung, die ein Garant für die Reliabilität der Ergebnisse ist. Durch die Konsistenz, also die Schlüssigkeit der Daten, wird weiterführend auch die Validität gesichert. Das eröffnet außerdem einen Sicherungsmechanismus gegen mögliche Manipulationen, wohingegen beim Entscheidungsbaum oder der NWA-Entscheidungen oder Bewertungen ausschließlich intuitiv und ohne einen dahinterstehenden Kontrollmechanismus gefällt werden.

Die Gegenüberstellung der Methoden zeigt, dass sich für die konkrete Fragestellung der AHP am besten eignet, um die Transportplanungsqualität messbar zu machen. Der AHP erfüllt die Anforderungen an die Gütekriterien und zeichnet sich elementar durch den Einbezug von quantitativen und qualitativen Kriterien aus, die im Rahmen der Transportplanung näher untersucht werden sollen. Daran anknüpfend wird dann der ANP durchgeführt, damit die Interdependenzen im Rahmen der Netzwerkstruktur aller Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Denn das Ziel ist, ein allgemeingültiges Konzept für die Messbarkeit von Transportplanung zu entwerfen, das auf ein beliebiges Geschäftsmodell in der Stahl- und Metallbranche übertragen werden kann und somit auch die individuellen Gegebenheiten vor Ort berücksichtigt.

Die Kombination aus dem AHP und ANP eröffnet eine hohe Aussagekraft und Ergebnisgenauigkeit, wobei der ANP die Erkenntnisse aus dem AHP untermauert und mit einem Fokus auf die einbezogenen Einflüsse der Alternativen weiterentwickelt. Die Qualität der Methodik und die mathematische Fundierung wird in Anbetracht des komplexen Themenfeldes über die Überschaubarkeit und Transparenz, die sich als Schwächen der Methodiken des OR herauskristallisierten, gestellt. Es ist daher von Nöten, den Befragten bei der Durchführung einen übersichtlichen und nachvollziehbaren Leitfaden aufzuzeigen und die verschiedenen Analyseschritte einleuchtend darzulegen, um an eine angemessene Datengrundlage zu gelangen.

4 Empirische Datenerhebung und methodische Analyse

Im folgenden Kapitel erfolgt die empirische Datenerhebung für die Messbarmachung von Transportplanungsqualität. Dafür werden der AHP bzw. der ANP herangezogen, die sich gemäß der Ausarbeitungen im vorangegangenen Kapitel besonders für den diskutierten Sachverhalt eignen und auf ein beispielhaftes Handelsunternehmen der Branche angewendet.

4.1 Durchführung des AHP zur Bewertung von Transportplanungskriterien

Nachfolgend wird zunächst die Methode des Analytic Hierarchy Process auf das Beispielunternehmen angewendet. Ziel ist es dabei, die Relevanz der einzelnen Parameter näher zu definieren, die letztendlich für die Transportplanungsqualität ausschlaggebend sind und somit als die wichtigsten Stellschrauben gelten. Dazu wird zunächst das Forschungsdesign und der Untersuchungsaufbau des AHP dargelegt, indem auf die Stichprobe, den Befragungsaufbau und die Fragestellungen Bezug genommen wird. Im Folgenden werden dann die Ergebnisse aus der empirischen Untersuchung aufbereitet und dargestellt.

4.1.1 Untersuchungsdesign

Im Rahmen der stattfindenden methodischen Analyse wurde der Versuch unternommen, die zuvor beschriebene Fragestellung mithilfe des Analytic Hierarchy Process anhand des beispielhaft untersuchten Unternehmens zu beantworten. In einer im Betrieb durchgeführten Umfrage haben die verantwortlichen Mitarbeitenden zunächst die verschiedenen Transportplanungskriterien hierarchisch eingeordnet, indem sie deren Relevanz für ihr jeweiliges Tagesgeschäft einschätzten. Befragt wurden alle Mitarbeitenden des Unternehmens, die mit dem Thema der Transportplanung in ihrer täglichen Arbeit konfrontiert sind, bzw. die Verantwortung für die Planungsergebnisse tragen. Dies umfasst in erster Linie die Transportplanerinnen und -planer bzw. Disponentinnen und Disponenten, die die Tourenplanung operativ durchführen und somit über das weitreichendste Know-how verfügen. Befragt wurden ebenfalls deren Vertreterinnen und Vertreter sowie Personen, die im Lagerbüro (Betrieb) tätig sind und sich neben weiteren Aufgaben auch mit der täglichen Tourenplanung und -abwicklung befassen und somit keine ausschließlichen Disponentinnen und Disponenten sind. Zusätzlich wurden auch die Betriebsleitenden und Mitarbeitenden in den Zentralbereichen der

Transportlogistik befragt. Diese führen zwar nicht selbstständig Tourenplanungen durch, verantworten jedoch die daraus resultierenden Ergebnisse und sind u. a. auch für die strategische Planung und Ausgestaltung von Transportkonzepten zuständig. Dieser Querschnitt durch die eingebundenen Personenkreise und deren Verantwortungsbereiche führt dazu, dass die Mitarbeitenden ihre unterschiedlichen Sichtweisen auf das Thema einbringen können und ein angemessener Querschnitt bei der Datenerhebung gegeben ist.

Aufgrund der verflochtenen Unternehmensstruktur wurde die Befragung im untersuchten Unternehmen in vier verschiedenen Landesgesellschaften (Deutschland, Österreich, Beneluxstaaten, Großbritannien) durchgeführt. So konnte sichergestellt werden, dass die anstehende Analyse auf einer möglichst breiten, länderübergreifenden Perspektive basiert, um darüber hinaus auch lokale Unterschiede abgreifen zu können.

Die Mitarbeitenden hatten für die Teilnahme drei Wochen Zeit und erhielten eine Anleitung, die sie durch die Befragung und den Methodenprozess des AHP führte. Darin wurden die Befragten gebeten, den Bewertungsprozess der Transportplanungskriterien in einer dafür bereitgestellten Tabellenvorlage in Microsoft Excel durchzuführen, und diese dann unter Angabe ihrer Landesgesellschaft und Position mithilfe eines Umfragelinks hochzuladen. Das Excel-Tableau fußt dabei auf einer Berechnungsvorlage von Klaus D. Goepel und wurde neben der deutschen auch in die englische und niederländische Sprache übersetzt, um die Bearbeitung in den einzelnen Landesgesellschaften ermöglichen zu können.⁷⁸ Zudem wurde auch eine telefonische Einweisung der Mitarbeitenden durchgeführt, in der die Hintergründe und das verfolgte Ziel der Befragung detailliert mitgeteilt wurden sowie offene Fragen geklärt werden konnten. Kurz vor Ablauf des Bearbeitungszeitraums erfolgte zudem eine Erinnerung der Mitarbeitenden, sofern bisher keine Beantwortung erfolgte, dies kurzfristig nachzuholen.

Insgesamt wurde die Umfrage an 69 Personen der Organisation gerichtet, um somit dem Anspruch an eine empirische, quantitative Untersuchung hinsichtlich der Anzahl der Befragten möglichst gerecht zu werden. Die Stichprobengröße fällt damit zwar etwas niedriger aus als die, mit der eine quantitative Umfrage laut der Literatur oftmals in Verbindung gesetzt wird. Dies hat jedoch den Hintergrund, dass in diesem Fall eine Quotenstichprobe (fachkundige Expertinnen und Experten) gewählt wurde, was die Anzahl an möglichen Umfrageteilnehmenden beschränkt. Die Reliabilität gewinnt dadurch an Geltung, dass die Umfrage direkt

⁷⁸ Vgl. Anhang 1: Vorlage zur Bewertung von Transportplanungskriterien (AHP).

an die involvierten Personengruppen aus einem der größten Unternehmen der Branche gerichtet wurde. Diese verwalten den Unternehmensbereich und sind für deren Erfolg maßgeblich verantwortlich, sodass mit einer hohen Aussagekraft der gegebenen Antworten zu rechnen ist.⁷⁹

4.1.2 Empirische Datenerhebung und Operationalisierung

Die Durchführung des AHP im Rahmen der Befragung hatte den Zweck, den in Kapitel 2.3 herausgearbeiteten acht wichtigsten Kennzahlen der Transportplanung eine quantifizierbare Bedeutung für ein in Summe effizientes Planungsergebnis zuzusprechen und sie in eine hierarchische Reihenfolge zu bringen. So wurden die Befragten zunächst dazu aufgefordert, sich zur eigenen Orientierung die Kriterien auf einem Blatt Papier in der Reihenfolge zu notieren, wie sie im konkreten Tagesgeschäft von Bedeutung sind bzw. als Richtgröße gelten. Diese Vorarbeit sollte als Hilfestellung für die anstehenden Paarvergleiche zwischen den einzelnen Kriterien im Zusammenhang mit dem AHP dienen, sodass sich ein stringentes Bewertungsvorgehen für die Befragten leichter umsetzen lässt.⁸⁰

Im Hauptteil der Untersuchung sollte nun die Bewertung der Kriterien im Rahmen des AHP in einer dafür eigens aufbereiteten Excel-Tabelle erfolgen. Dabei wurde jedes der acht Kriterien zu jedem jeweils anderen in einer direkten matrixartigen Gegenüberstellung in Relation gesetzt. Die Befragten sollten dann angeben, welches Kriterium ihnen im direkten Vergleich zueinander jeweils wichtiger sei. Zusätzlich konnte durch die Vergabe von Zahlenwerten von 1 bis 9 (1 = gleich wichtig; 9 = extrem wichtig) der Grad des Bedeutungsunterschiedes genauer definiert werden.⁸¹

Die Datei beinhaltete ebenfalls die für den AHP typische Konsistenzprüfung der Antworten mithilfe der Ausgabe des jeweiligen CR-Wertes zu den abgegebenen Einschätzungen. Sofern der Wert über 10 Prozent lag, was zuvor anhand der Literatur als akzeptabler Grenzwert für das Vorhandensein von Konsistenz festgelegt worden war, erhielten die Befragten eine Aufforderung, ihre Antworten zu überdenken und nachzujustieren. Dabei war die Datei so konzipiert, dass sie den Teilnehmenden kurzum darauf hinwies, welche Angaben für die Inkonsistenz verantwortlich sind und in welcher Weise sie anzupassen sind, um die Stringenz der

⁷⁹ Vgl. Döring, Bortz, 2016, S. 305 ff.; Lienert, Raatz, 1998, S. 174.

⁸⁰ Vgl. Anhang 1: Vorlage zur Bewertung von Transportplanungskriterien (AHP).

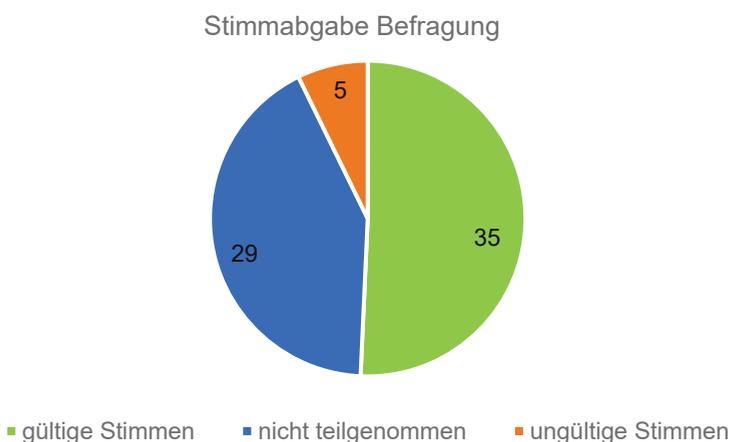
⁸¹ Ebd.

Werte zu erhöhen. Die zu Beginn durchgeführte ungefähre hierarchische Anordnung der Kriterien auf einem Notizblatt sollte in diesem Kontext für Orientierung sorgen.⁸²

Im dritten Schritt sollte die Datei unter einem Link hochgeladen werden. Hinter diesem verbarg sich ein kurzer Befragungsbogen (Microsoft Forms), unter dem die Befragten zunächst ihre Angehörigkeit zu einer Landesgesellschaft und ihre Position bzw. Aufgabenbereich auswiesen, sodass ein späterer Rückschluss von den Antworten auf die Landesgesellschaften und Tätigkeiten erfolgen konnte. Microsoft Forms ist dabei in der Lage, die beiden abgefragten Informationen zu den Teilnehmenden übersichtlich grafisch aufzubereiten. Mit dem darauf folgenden Hochladen der Datei am Ende des Befragungsbogens war die Teilnahme abgeschlossen.

Von den insgesamt 69 zu der Abstimmung Eingeladenen beteiligten sich insgesamt 40 Personen. Die Befragten konnte über den Umfragelink nur einmal abstimmen, sodass eine doppelte Teilnahme ausgeschlossen werden konnte. Von den 40 abgegebenen Antworten waren fünf Dokumente ungültig. Als Parameter für die Gültigkeit der Antworten galt dabei der ermittelte CR-Wert aus den paarweisen Vergleichen. Dokumente mit einem CR-Wert von >10 Prozent wurden für ungültig erklärt, um die Validität bzw. Reliabilität der Untersuchung nicht zu gefährden. In Summe wurde somit eine Beteiligung an der Umfrage von rund 50 Prozent gültiger Stimmabgaben europaweit erreicht (siehe Abbildung 4).

Abbildung 4: Beteiligung an der Umfrage



⁸² Ebd.

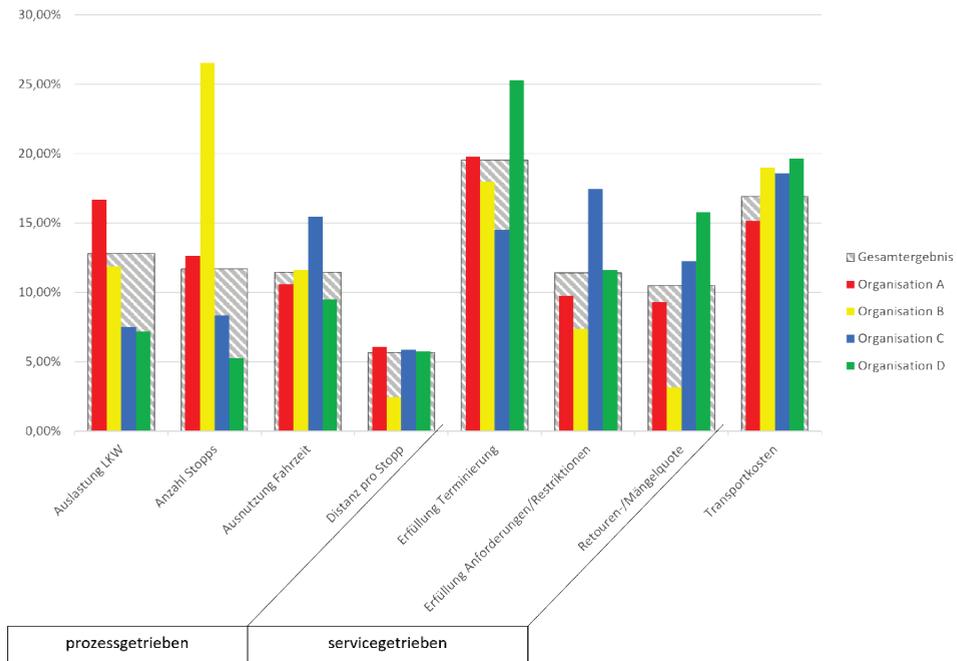
4.1.3 Ergebnisdarstellung aus der Bewertung von Transportplanungskriterien

Nach Abschluss der Umfrage unter den für den Transport verantwortlichen Personen bei dem Beispielunternehmen lassen sich die Einschätzungen hinsichtlich der Bedeutung der einzelnen Transportplanungskriterien ablesen. Dabei sind Differenzen hinsichtlich der Ansprüche an die Transportplanung zwischen den vier Ländern sowie der verschiedenen Unternehmensbereiche auszumachen. Darüber hinaus kann final aber auch eine gesamtheitliche Einschätzung generiert werden. Die Ergebnisse der Befragung schaffen die Grundlage dafür, Transportplanungsqualität messbar zu machen, indem den einzelnen Planungskriterien eine individuelle Relevanz zugesprochen wird und somit Prioritäten gesetzt werden können.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Bedeutungszumessung der Planungskriterien trotz der europaweit verknüpften Logistikstruktur je nach Landesgesellschaft unterscheidet (siehe Abbildung 5, Organisation A bis D). So wird die Erzielung einer möglichst hohen volumen- bzw. gewichtsbezogenen Auslastung der Fahrzeuge bei der Organisation A mit einem Anteil von fast 17 Prozent als fast doppelt so wichtig angesehen wie in Organisation C oder D. Auch die Bedeutung hinsichtlich der Abwicklung möglichst vieler Stopps bei Kundinnen und Kunden wird in Organisation A deutlich höher angegeben als in C oder D. Zu erwähnen ist hier außerdem die Organisation B, die diesem Kriterium einen Bedeutungsanteil von fast 27 Prozent zumisst, was einen deutlichen Ausreißer im Vergleich zu den übrigen Landesgesellschaften darstellt. Der Ausnutzung der Fahrzeit wird von allen Organisationen ein Relevanzwert zwischen etwa 10 und 15 Prozent beigegeben, sodass dieses Kriterium allgemein eine durchschnittliche Stellung einnimmt. Die Minimierung von Distanzen und Fahrstrecken wird von den Landesgesellschaften im Vergleich zu den restlichen sieben Transportplanungskriterien am wenigsten wichtig eingeschätzt und erhält somit nur Anteilswerte von unter 6 Prozent. Die Prämisse der Lieferterminerfüllung wird dagegen überall als hoch eingeschätzt. In Organisation D hat allein dieses Kriterium einen Einfluss von einem Viertel auf die gesamte Planung und auch in den anderen Ländern liegt der Wert zwischen überdurchschnittlichen 15 und 20 Prozent. Die Erfüllung von kundschafts- bzw. sendungsspezifischen Anforderungen und die Berücksichtigung von Restriktionen wird bei der Organisation C mit 17 Prozent Bedeutungsanteil als hoch angesehen, wohingegen der Wert in den übrigen Ländern nur zwischen 7 und 12 Prozent pendelt. Der Anspruch an eine möglichst geringe Retouren- und Mängelquote ist in Organisation C und D mit bis zu 16 Prozent besonders ausgeprägt, wohingegen er in B nur eine untergeordnete Rolle spielt.

Die konsequente Minderung von Transportkosten ist hingegen wieder in allen Ländern ein priorisiertes Ziel und erhält Relevanzwerte zwischen 15 und 20 Prozent in allen Organisationen.⁸³

Abbildung 5: Ergebnisdarstellung aus der Bewertung der Transportplankriterien



Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich bei der Abstimmung zwei Tendenzen herauskristallisieren: Bei der Organisation A und B wird ein deutlich größerer Fokus auf die transportspezifischen Optimierungskriterien (prozessgetrieben) gelegt, denen dort ein Bedeutungsanteil von 46 bzw. 53 Prozent zugeschrieben wird. Organisation C und D legen ihren Schwerpunkt auf die drei kundenschafts- bzw. sendungsspezifischen Kriterien (servicegetrieben), indem sie ihnen eine Relevanz von 44 bzw. 53 Prozent beimessen. Doch es lassen sich trotz der länderspezifischen Unterschiede bei einigen Kriterien auch internationale Trends erkennen. So gelten die Erfüllung der Liefertermine und die Reduktion von Transportkosten in allen Organisationen als entscheidende Faktoren, sodass sie in der

⁸³ Vgl. Anhang 2: Aufbereitung der Ergebnisse aus der Umfrage, Übersicht über die Länder.

Gesamtwertung als die beiden wichtigsten Kriterien für die Transportplanung herausstechen.⁸⁴

Schaut man sich die Ergebnisse noch tiefergehend auf Basis der Unternehmensbereiche und Positionen der befragten Mitarbeitenden an, gestaltet sich die Bewertung der einzelnen Kriterien abgesehen von einzelnen Ausreißern ähnlich wie oben beschrieben (siehe Anhang 3). In den Logistik-Zentralbereichen wird – ähnlich wie bei der Organisation A und B – mit 51 Prozent ein großer Wert auf eine prozessgetriebene Planungsfokussierung gelegt, wohingegen den servicegetriebenen Kriterien nur 31 Prozent zugesprochen werden. Die Betriebsleiter hingegen geben mit 46 Prozent Gewichtung den servicegetriebenen Kriterien den Vortritt und es entfallen nur 41 Prozent auf die transportbezogenen Kriterien. Die Rolle der Transportkosten wird mit 13 Prozent von den Betriebsleitenden deutlich geringer eingeschätzt als von den übrigen Personengruppen. Die in der Disposition Arbeitenden legen ebenfalls eine leicht höhere Priorisierung auf die servicegestützten Aspekte. Außerdem bewerten sie die Relevanz der Transportkosten mit bis zu 20 Prozent überdurchschnittlich hoch. Die Ergebnisse aus den Unternehmensbereichen legen somit offen, dass die Zentralbereiche und die Betriebsleitenden verschiedene Schwerpunkte setzen, obwohl beide Unternehmensbereiche den Erfolg der Transportplanung verantworten und für die Ausgestaltung langfristiger und strategischer Transportkonzepte verantwortlich sind. Dies könnte zu Differenzen oder Missverständnissen zwischen den verschiedenen Organisationsebenen führen, sofern Transportkonzepte bereichsübergreifend definiert und verfolgt werden.⁸⁵

Letztendlich stellen die Ergebnisse aus der Umfrage eine Basis für die Messbar-machung von Transportplanungsqualität und die weiterführende Entwicklung eines KI-gestützten Transportkonzepts dar. Die Zuweisung von Bedeutungswerten an die Transportplanungskriterien durch die Befragten, die als Expertinnen und Experten in der Transportplanung angesehen werden können, ermöglicht eine Bewertung der Transporteigenschaften und liefert Anhaltspunkte, auf die die Disposition oder ein Planungstool entsprechende Schwerpunkte legen muss.

⁸⁴ Ebd.

⁸⁵ Vgl. Anhang 3: Aufbereitung der Ergebnisse aus der Umfrage, Übersicht über die Bereiche.

4.2 Übertragung der Analyseergebnisse auf die Transportplanungsstruktur des untersuchten Unternehmens

Die zuvor herausgearbeitete Messbarmachung von Transportplanungsqualität durch die erfolgte Bewertung der einwirkenden Kriterien wird in diesem Kapitel praktisch demonstriert. Dazu werden die Sendungsstrukturen bzw. die geplanten Transporte aus dem Monat Juni 2021 von drei verschiedenen Unternehmensstandorten hinsichtlich der zuvor definierten und priorisierten Transportplanungskriterien bewertet und eingeordnet. Als Grundlage dafür wird das durchschnittliche Bewertungsergebnis über alle Landesorganisationen und Bereiche hinweg herangezogen (siehe Abbildung 5, Balken: Gesamtergebnis), trotz der zuvor herausgearbeiteten lokalen Bewertungsunterschiede zwischen den befragten Gruppen. Somit soll eine gleichwertige Betrachtung aller eingefangenen Einschätzungen (Querschnitt) sichergestellt sein, um letztendlich daraus ein allgemeingültiges Bewertungsverfahren für die Branche ausarbeiten zu können. Ziel ist es zunächst, die Transportplanungsqualität mit Unterstützung durch ein Punktescoring sichtbar und somit auch unternehmerisch nutzbar zu machen.

Dazu ist für den genannten Zeitraum ein Abzug der geplanten Transporte und der sich darin befindlichen Sendungen aus dem verwendeten Unternehmensinformationssystem „SAP“ durchgeführt worden. Die Daten wurden dann in Excel entsprechend aufbereitet und hinsichtlich der untersuchten Kennzahlen ausgewertet. Die Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der drei anonymisierten Standorte hinsichtlich der acht bewerteten Transportplanungskriterien im Durchschnitt über den Monat Juni 2021. Die für die Analyse herangezogenen Grunddaten sowie eine detailliertere Darstellung der abgebildeten kumulierten Werte ist der im Anhang befindlichen Microsoft Excel-Datei zu entnehmen und wird aus Gründen der Übersichtlichkeit in dieser Ergebnisdarstellung nicht tiefergehend thematisiert.

Tabelle 5: Standortbezogene Kennzahlen hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien (Juni 2021)

Kriterium Standort	Standort 2004	Standort 2048	Standort 2079
Auslastung LKW	58,69 %	82,17 %	91,22 %
Anzahl Stopps	4,1	7,0	8,9
Ausnutzung Fahrzeit	06:57 Std./Tag	09:05 Std./Tag	07:31 Std./Tag
Distanz pro Stopp	63,3 km	44,7 km	20,8 km
Erfüllung Terminierung	69,52 %	71,74 %	88,93 %
Erfüllung Anforderungen/ Restriktionen	68,00 %	66,00 %	84,00 %
Retouren-/Mängelquote	1,68 %	0,60 %	0,11 %
Transportkosten	54,05 EUR/To.	27,73 EUR/To.	36,08 EUR/To.

Quelle: Beispielunternehmen, 2021a o. S.

Die ermittelten Kennzahlen gilt es dann anhand definierter Zielgrößen zu beurteilen. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde ein Punktescoring durchgeführt, bei dem für die verschiedenen standortbezogenen Kennzahlen Punkte von 0–10 vergeben wurden. Anhaltspunkt für die Punktezuweisung waren die unternehmensseitig ermittelten KPI der verschiedenen Standorte aus dem Jahr 2020, die ebenfalls die Richtwerte für 2021 darstellen. Bei der Beurteilung stand die 10 auf der Punkteskala für einen vollkommen zufriedenstellenden oder unübertrefflichen Erreichungsgrad des Kriteriums und die 0 für einen sehr unzufriedenstellenden Wert bei dem beleuchteten Kriterium.⁸⁶ Die nachstehende Aufstellung gibt eine Übersicht über diese von dem Unternehmen ausgegebenen Richtwerte, auf deren Basis das Punktescoring für die betrachteten drei Standorte (2004, 2048, 2079) erfolgte (siehe Tabelle 6).⁸⁷

⁸⁶ Vgl. Schön, 2016, S. 63 f.; Diederichs, 2012, S. 97.

⁸⁷ Vgl. Anhang 4: Standortbezogene Richtwerte hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien.

Tabelle 6: Standortbezogene Richtwerte hinsichtlich der betrachteten Transportplankriterien

Transportkriterium	Richtwert 2021	Legende Punktevergabe
Auslastung LKW	2004: 70 % 2048: 82 % 2079: 90 %	Richtwert = 5 Punkte, +/- 5 Prozent entsprechen +/- 1 Punkt (gerundet)
Anzahl Stopps	2004: 5,4 2048: 6,5 2079: 9,2	Richtwert = 5 Punkte, +/- 5 Prozent entsprechen +/- 1 Punkt (gerundet)
Ausnutzung Fahrzeit	9 Stunden pro Tag (bei 5 Arbeitstagen pro Woche) ⁸⁸	Richtwert = 10 Punkte, - 5 Prozent entsprechen - 1 Punkt (gerundet)
Distanz pro Stopp	2004: 51,6 km 2048: 56,2 km 2079: 20,1 km	Richtwert = 5 Punkte, +/- 5 Prozent entsprechen +/- 1 Punkt (gerundet)
Erfüllung Terminierung	Termintreue von 100 %	Richtwert = 10 Punkte, - 5 Prozent entsprechen - 1 Punkt (gerundet)
Erfüllung Anforderungen/ Restriktionen	Einhaltung zu 100 %	Richtwert = 10 Punkte, - 5 Prozent entsprechen - 1 Punkt (gerundet)
Retouren-/Mängelquote	Retourenquote: 0,42 %	Richtwert = 5 Punkte, +/- 5 Prozent entsprechen +/- 1 Punkt (gerundet)
Transportkosten	2004: 53,61 EUR/To. 2048: 26,09 EUR/To. 2079: 36,47 EUR/To.	Richtwert = 5 Punkte, +/- 5 Prozent entsprechen +/- 1 Punkt (gerundet)

Die ermittelten Kennzahlen der exemplarisch herangezogenen Unternehmensstandorte aus Tabelle 5 werden nun in das Verhältnis zu den Richtwerten aus Tabelle 6 gesetzt und entsprechend der angegebenen Legende bepunktet. Die sich so ergebenden Scores werden dann in das Verhältnis zu der Bedeutung der

⁸⁸ Vgl. Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union, 2006, S. 6.

einzelnen Kriterien gesetzt, die mittels des AHP bestimmt wurden. In Summe ergibt sich dann für jeden untersuchten Standort ein Gesamtscore über alle acht Kriterien (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Standortbezogenes Punktescoring hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien

		Standort	Standort 2004		Standort 2048		Standort 2079	
		Gewichtung AHP	Scoring	Wert	Scoring	Wert	Scoring	Wert
		0-100%	0-10		0-10		0-10	
		Kriterium	G	N	GxN	N	GxN	N
prozessgetrieben	Auslastung LKW	12,81%	2	0,26	5	0,64	5	0,64
	Anzahl Stopps	11,70%	0	0,00	7	0,82	4	0,47
	Ausnutzung Fahrzeit	11,46%	5	0,57	10	1,15	7	0,80
	Distanz pro Stopp	5,67%	0	0,00	9	0,51	4	0,23
servicegetrieben	Erfüllung Terminierung	19,52%	4	0,78	4	0,78	8	1,56
	Erfüllung Anforderungen / Restriktionen	11,41%	4	0,46	3	0,34	7	0,80
	Retouren-/ Mängelquote	10,48%	0	0,00	0	0,00	10	1,05
	Transportkosten	16,94%	5	0,85	4	0,68	5	0,85
Summe			20	2,91	42	4,92	50	6,39

Die Tabelle zeigt auf, wie die ausgewählten Standorte hinsichtlich der betrachteten Kriterien performen. Durch das eingesetzte Punktesystem ist es zunächst möglich, die tatsächlich erzielten Kennzahlen angesichts der unternehmerischen Vorgaben bzw. Zielwerte einzuordnen. Die Kriteriengewichtung aus der AHP-Analyse ermöglicht es, die erzielten Scoring-Werte für eine erfolgreiche Transportplanung einzuordnen und zu priorisieren. Angesichts des hier gewählten Scoring-Schemas wird unter Zugrundelegung der beispielhaft betrachteten drei Standorte eine erste Feststellung der Transportplanungsqualität für die Branche ermöglicht. Es stellt sich dabei heraus, dass der Standort 2079 über die betrachteten Kriterien mit insgesamt 6,39 Punkten eindeutig am besten abschneidet und

der Standort 2004 mit einem Wert von 2,91 weit abgeschlagen ist. Es liegen in Summe lediglich 8 Scoringpunkte zwischen 2079 und dem zweitplatzierten Standort 2048 (4,92 Punkte). Der große Vorsprung von 2079 kommt dadurch zustande, dass der Standort im betrachteten Zeitraum in den relativ hoch gewichteten servicegetriebenen Kriterien signifikant besser abgeschnitten hat. 2048 steht bei den prozessgetriebenen Kriterien etwas besser dar, was den Vorsprung von 2079 jedoch nicht kompensieren kann. Es zeigt sich an diesem Beispiel, dass nicht allein das Abschneiden bei den einzelnen Kennzahlen, sondern die Fokussierung auf die bedeutsamen bzw. hoch gewichteten Faktoren letztendlich zu einem effizienten Ergebnis in der Tourenplanung führt. Die erzielten Summen der jeweiligen Standorte ermöglichen eine exakte quantitative bzw. qualitative Einordnung der Standortleistung, sodass das Konstrukt auch auf weitere praxisnahe Transportkonzepte übertragbar ist und eine Vergleichbarkeit untereinander herstellt.

Bezugnehmend auf den herangezogenen AHP und dessen kritikwürdige lineare Struktur bleibt jedoch noch die offene Frage nach dem Einfluss der jeweiligen Standortgegebenheiten auf die Beurteilung der Transportleistungsperformance. Diese Einflüsse, in Form von Rückkopplungsbeziehungen aus den untersuchten Transportstrukturen auf die Beurteilungssituation und Kriterienrelevanz, werden nachfolgend betrachtet und noch mit in die Bewertung einbezogen.

4.3 Einfluss der untersuchten Transportstrukturen auf die Bewertung von Transportplanungsqualität unter Anwendung des ANP

In den vorherigen Kapiteln wurde unter Zugrundelegung des AHP untersucht, wie groß der Einfluss der einzelnen relevanten Transportplanungskriterien in der Stahl- und Metalllogistik ist. Diese Kriterieneinordnung stützte sich wesentlich auf die Angaben von den verantwortlichen Mitarbeitenden aus den involvierten Unternehmensbereichen. Auf Basis dessen lassen sich die erreichten Kennzahlen einer jeden Sendungsstruktur gewichten und somit der Planungserfolg gesamtgesellschaftlich messbar machen. Dies eröffnet zwar eine qualifizierte Aussage über die Relevanz der einzelnen Aspekte und Einflussfaktoren auf den Erfolg der Transportplanung im Allgemeinen, greift aber für die jeweils betrachteten lokalen Einzelfälle zu kurz, um eine finale Aussage über die dortige Qualität der Planungsaktivitäten zu fällen. Ziel ist es, auch eine Betrachtung der örtlichen bzw. sendungsspezifischen Gegebenheiten vorzunehmen und mit in die Bewertung einfließen zu lassen, um den Analyseansatz übertragbar machen und die Ergebnisse fallbezogener herausarbeiten zu können.

Als Basis hierfür gilt der in Kapitel 3.2.4 herausgearbeitete Analytic Network Process, der den eindimensional ausgerichteten AHP zu einem Netzwerkgefüge weiterentwickelt und somit auch Rückkopplungseffekte zwischen Kriterien und Untersuchungsgegenständen einbezieht. So sollen im Rahmen des ANP auch die Aspekte angemessen berücksichtigt werden, die aufgrund individueller Gegebenheiten, Prozesse oder Dienstleistungsvereinbarungen besonders im Fokus der jeweiligen Beurteilung der Transportplanungsqualität stehen.

Die hier musterhaft gewählten Unternehmensstandorte bieten sich besonders dafür an, diese spezifischen Charakteristika und ihren Einfluss auf die Bewertung von Transportplanungsqualität individuell herauszustellen. Wie Anhang 5 zu entnehmen ist, sind an den drei untersuchten Standorten verschiedene Dienstleistungsunternehmen zu unterschiedlichen vertraglichen Konditionen im Einsatz, die die täglichen Touren und Materialzustellungen an die Kundinnen und Kunden ausführen. An jedem der Standorte erfolgt die Vergütung an die Dienstleistenden zu unterschiedlichen Tarifen und somit auch anhand unterschiedlicher Kennzahlen. Am Standort 2004 gilt eine Gewichts-Entfernungsmatrix als Basis. Das dienstleistende Unternehmen erhält pro Stopp einen Frachtsatz, der sich anhand der zurückgelegten Kilometer und dem Gewicht der transportierten Sendung zusammensetzt. Am Standort 2048 erfolgt eine Vergütung zum Tagessatz pro eingesetztem Fahrzeug, unabhängig von der transportierten Menge oder der Ausgestaltung der Tour. Am Standort 2079 gilt eine Vergütung nach Sendungsgewichten (Tonnensatz), sodass der Dienstleistende pro zugestellter Tonne Material einen fixen Frachtsatz erhält.⁸⁹

Die Erkenntnis aus diesen Rahmenbedingungen ist, dass das Verhältnis und die gegenseitigen Interdependenzen zwischen dem untersuchten Unternehmen und den eingesetzten Dienstleistungsunternehmen an jedem Standort unterschiedlich sind. Dies führt dazu, dass in der täglichen Transportplanung auch verschiedene Schwerpunkte auf die herausgearbeiteten Transportplanungskriterien gelegt werden. Die dienstleistungsbezogenen Konditionen an den betrachteten Standorten haben demnach einen zusätzlichen Einfluss auf den bisher untersuchten Beurteilungsprozess sowie dessen Kriterien. Aufgrund der gegenseitigen Einwirkungen und Kopplungseffekte besteht ein Beziehungsnetzwerk zwischen den Transportplanungskriterien und den betrachteten Sendungsdaten (Alternativen), aus dessen Untersuchung sich die tatsächliche individuelle Qualität der Transportplanung ablesen lässt. So wird als erstes – wie es im Kontext des

⁸⁹ Vgl. Anhang 5: Transportnetzwerk und Abrechnung des untersuchten Unternehmens.

ANP vorgesehen ist – festgelegt, welche Relevanzen die hier beispielhaft betrachteten Standorte angesichts ihrer lokalen Gegebenheiten auf die Kriterien-einordnung haben.

Grundsätzlich gilt, dass jedem der acht Planungskriterien eine anteilige Bedeutung von 12,5 Prozent zukommt, sofern die betrachteten Standorte beziehungsweise auf ihre lokale Transportstruktur keine spezifischen Prioritäten auf einzelne Kriterien setzen. Praktisch ist das jedoch selten der Fall, da beispielsweise wie im vorhandenen Fall unterschiedliche Tarife und Speditionsvereinbarungen gelten, sodass gewisse Kriterien einen überdurchschnittlichen Einfluss auf die Planungseffizienz haben. Betroffen davon sind in erster Linie die prozessgetriebenen Kriterien, also die Auslastung pro LKW, Anzahl der Stopps, Ausnutzung der Fahrzeit und die durchschnittliche Distanz (zwischen den Stopps). Am Standort 2004, an dem eine Gewichts-Entfernungsmatrix gilt, wird somit der zurückzulegenden Distanz sowie der Anzahl der Stopps eine höhere Relevanz für eine wirtschaftliche Planung beigemessen. Die Ausnutzung der Fahrzeit und auch die gewichts- und volumenseitige Auslastung des Fahrzeuges spielt eine untergeordnete Rolle. Das hat den Hintergrund, dass die Gewichts-Entfernungsmatrix einen Frachtsatz pro Stopp auf Basis der zurückzulegenden Distanz und des Sendungsgewichts berechnet. Somit ist die Konsolidierung von Stopps und das Zusammenfassen von Sendungen für das Unternehmen die wichtigste Stellenschraube, um am Standort 2004 effizient zu arbeiten. Die Ausnutzung der Fahrzeit sowie die Auslastung des Fahrzeuges liegt wiederum in der eigenen Verantwortung des Dienstleistungsunternehmens. Am Standort 2048 sind Fahrzeuge zu einem pauschalen Tagessatz eingesetzt, sodass alle Transportplanungskriterien in der betrieblichen Verantwortung liegen. Ziel ist es, aus dem eingekauften Fahrzeug das Maximum an Output zu generieren, sprich möglichst viele Sendungen an die Kundschaft zuzustellen. Beim Standort 2079 liegt das Risiko hingegen ausschließlich beim dienstleistenden Unternehmen, da hier eine Vergütung pro zugestellter Tonne (Tonnensatz) erfolgt. Wie die zustellenden Fahrzeuge geplant werden, ist daher für das Unternehmen nicht relevant. Der Anspruch einer schlanken Tourenplanung liegt hier beim Dienstleistungsunternehmen, das aufgrund dessen an diesem Standort auch selbstständig die Disposition für das auftragsgebende Unternehmen durchführt. Die gesamtheitliche Transportplanungsqualität zeichnet sich somit am Standort 2048 durch eine sehr hohe Bedeutung der prozessgetriebenen Planungskriterien aus, wohingegen sich der Standort 2079 stärker auf die servicegetriebenen Kriterien konzentrieren kann. Auf dieser Grundlage wird im Rahmen der hier beispielhaft durchgeführten Netzwerkana-

lyse des ANP für die gewählten Standorte die Annahme getroffen, dass das Prioritätenverhältnis von prozessgetriebenen zu servicegetriebenen Kriterien für den Standort 2048 auf 2 zu 1 und für den Standort 2079 auf 1 zu 2 einzuschätzen ist.

Tabelle 8: Standortbezogene Kriteriengewichtung als Vorbereitung für den ANP

Kriterium		Standort 2004	Standort 2048	Standort 2079
		Gewichtung ANP 0-100%		
		G	G	G
prozessgetrieben	Auslastung LKW	0,00%	14,58%	7,29%
	Anzahl Stopps	25,00%	14,58%	7,29%
	Ausnutzung Fahrzeit	0,00%	14,58%	7,29%
	Distanz pro Stopp	25,00%	14,58%	7,29%
servicegetrieben	Erfüllung Terminierung	12,50%	9,72%	19,44%
	Erfüllung Anforderungen/ Restriktionen	12,50%	9,72%	19,44%
	Retouren-/Mängelquote	12,50%	9,72%	19,44%
	Transportkosten	12,50%	12,50%	12,50%
Summe		100,00%	100,00%	100,00%

Die obige tabellarische Aufstellung zeigt ausgehend von den lokalen Standortkonditionen und den daraus abgeleiteten Annahmen, welche Bedeutung die einzelnen Planungskriterien auf die individuelle Transportplanungsqualität haben.

Schließlich bietet sich nun die Möglichkeit, den bisher hierarchisch strukturierten Analyseprozess im Kontext eines Netzwerkes zu betrachten, da die Beziehungen zwischen Zielsetzung, Kriterien und betrachteten Sendungsstrukturen umfangreich (beidseitig) definiert sind. Für die Durchführung des Analytic Network Process

wurde die Software „SuperDecisions“ herangezogen, mit deren Hilfe die jeweiligen Beziehungen abgebildet und die finale Bewertung der Sendungsstrukturen vorgenommen wurde.⁹⁰

Dabei wurden dem Programm als erstes die Bewertungsparameter (Ziel, Kriterien, Alternativen) sowie die Werte aus den jeweiligen Paarvergleichen zugeführt. Diese umfassten zunächst die beigemessene Relevanz jedes der acht Kriterien aus der durchgeführten Befragung unter Zugrundelegung des AHP (siehe Abbildung 5). Darauf folgen die Performancewerte, die den Standorten über die Punktevergabe entsprechend des Erfüllungsgrads pro Kriterium zugeteilt worden sind (siehe Tabelle 7). Zuletzt wurden auch die Prioritätenwerte der einzelnen Standorte rückbezüglich auf die Kriterien eingepflegt (siehe Tabelle 8). Daraus ergibt sich die gewichtete Supermatrix, die alle Werte sowie Beziehungen abbildet. Entscheidend dabei ist, dass alle Spalten in Summe 1 ergeben und somit auf einen gemeinsamen Nenner gebracht sind, was die Voraussetzung ist, um die darauffolgende finale Gewichtung durchführen zu können. Das ist auch der Hintergrund, warum die vergebenen Punkte von 0–10 aus dem Scoringverfahren hinsichtlich des Erfolgs der Standorte pro Kriterium in der Supermatrix als Dezimalzahlen (mit Summennormierung auf 1) dargestellt sind. Die Aussagekraft der Zahlenwerte bleibt dennoch erhalten, da weiterhin ableitbar ist, in welchem Verhältnis die Standorte bei den Kriterien im Verhältnis zueinander abschneiden.

⁹⁰ Vgl. Anhang 6: Softwaregestützte Beurteilung der standortbezogenen Transportplanungsqualität (SuperDecisions).

Tabelle 9: Gewichtete Supermatrix zur Beurteilung von Transportplanungsqualität

Cluster Node Labels	A			K								Z	
	Standort 2004	Standort 2048	Standort 2079	1 Auslastung LKW	2 Anzahl Stoppes	3 Ausnutzung Fahrzeit	4 Distanz pro Stopp	5 Erfüllung Terminierung	6 Erfüllung Anf./Restr.	7 Ressourcen-/ Mängelquote	8 Transportkost	Transportplan ungsqualität	
A	Standort 2004	0.000000	0.000000	0.000000	0.166667	0.000009	0.277273	0.000001	0.250000	0.285714	0.000001	0.357143	0.000000
	Standort 2048	0.000000	0.000000	0.000000	0.416667	0.637915	0.454545	0.692307	0.250000	0.214286	0.000001	0.285714	0.000000
	Standort 2079	0.000000	0.000000	0.000000	0.416667	0.362076	0.318182	0.307692	0.500000	0.500000	0.999998	0.357143	0.000000
K	1 Auslastung LKW	0.000010	0.145829	0.072915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.128113
	2 Anzahl Stoppes	0.249995	0.145829	0.072915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.117012
	3 Ausnutzung Fahrzeit	0.000010	0.145829	0.072915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.114611
	4 Distanz pro Stopp	0.249995	0.145829	0.072915	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.056706
	5 Erfüllung Terminierung	0.124998	0.097219	0.194439	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.195220
	6 Erfüllung Anf./Restr.	0.124998	0.097219	0.194439	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.114111
	7 Ressourcen-/ Mängelquote	0.124998	0.097219	0.194439	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.104810
	8 Transportkost	0.124998	0.125025	0.125025	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.169417
Z Transportplan ungsqualität	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	

Die gewichtete Supermatrix (siehe Tabelle 9) aus der herangezogenen Berechnungssoftware „SuperDecisions“ stellt die identifizierten Prioritäten übersichtlich dar. Anhand der eingezeichneten Rahmenbegrenzungen ist erkennbar, wie die Supermatrix die verschiedenen Schritte des Bewertungsprozesses des AHP und ANP entsprechend der theoretischen Darstellung in Abbildung 3 zusammenführt.

Im letzten Schritt wird mithilfe der Software aus der gewichteten Supermatrix eine Limitmatrix generiert. Die Limitmatrix gibt die finale netzwerkbasierte Bewertung der betrachteten Sendungsstrukturen unter Zugrundelegung des gesamten konstruierten Analysemodells aus. Dabei wird jedem untersuchten Standort ein resümierender Prioritätenwert zugeteilt, der eindeutig belegt, wie die Transportplanungsqualität der Standorte im Verhältnis zueinander zu beurteilen ist.

Tabelle 10: Limitmatrix zur Beurteilung von Transportplanungsqualität

Cluster Node Labels	A			K								Z
	Standort 2004	Standort 2048	Standort 2079	1 Auslastung LKW	2 Anzahl Stopp	3 Ausnutzung Fahrzeit	4 Distanz pro Stopp	5 Erfüllung Terminierung	6 Erfüllung Anf./Restr.	7 Retouren-/ Mängelquote	8 Transportkost	Transportplan ungsqualität
A	Standort 2004	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456	0,079456
	Standort 2048	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497	0,174497
	Standort 2079	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047	0,286047
K	1 Auslastung LKW	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388
	2 Anzahl Stopp	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251
	3 Ausnutzung Fahrzeit	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388	0,043388
	4 Distanz pro Stopp	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251	0,063251
	5 Erfüllung Terminierung	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737
	6 Erfüllung Anf./Restr.	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737
	7 Retouren-/ Mängelquote	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737	0,074737
	8 Transportkost	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510	0,062510
Z Transportplan ungsqualität	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000

Die obig dargestellte Limitmatrix aus der Software „SuperDecisions“ stellt diese ermittelten Werte innerhalb der gelben Einrahmung heraus (siehe Tabelle 10). Normiert man die dort aufgeführten Dezimalzahlen erneut auf 1, erhält der Standort 2004 eine Wertigkeit von 15,9 Prozent, der Standort 2048 kommt auf 34,9 Prozent und dem Standort 2079 werden 49,2 Prozent zugeteilt. Die Transportplanungsqualität zwischen den drei beispielhaft gewählten Unternehmensstandorten ist somit weiterhin sehr unterschiedlich ausgeprägt. Die Qualität am Standort 2079 ist eindeutig am höchsten, wohingegen im Vergleich die Performance am Standort 2004 unzufriedenstellend ist und auf einen notwendigen Handlungsbedarf hindeutet.

Auffällig ist, dass sich die ermittelten Standortprioritäten ähnlich gestalten wie schon bei dem zuvor durchgeführten Punktescoring (Tabelle 7). Zu diesem Zeitpunkt war jedoch nur eine hierarchische Beurteilungsanalyse gemäß des AHP durchgeführt worden, der die standortbezogene Kriteriengewichtung aufgrund der unterschiedlichen lokalen Konditionen und Transportvereinbarungen noch nicht berücksichtigte. Die dann erfolgte Analyseerweiterung hin zu einer Netzwerkstruktur im Rahmen des ANP hat in diesem vorliegenden Fall offenkundig zu keiner wesentlichen Verschiebung der Gewichtungen geführt.

5 Diskussion und Weiterentwicklung der gewonnenen Erkenntnisse

In den vorangegangenen Kapiteln wurde mithilfe von Methodiken des OR ein Modell entworfen, anhand dessen Transportplanungsqualität speziell in der Stahl- und Metalllogistik quantifizierbar und somit einheitlich bewertbar gemacht werden kann. Nachfolgend geht es darum, die daraus gewonnenen Erkenntnisse und deren praktische Anwendung bzw. Übertragbarkeit zu diskutieren sowie weiterzuentwickeln. Dabei wird letztendlich das Ziel verfolgt, die Bewertung von Transportplanungsqualität in ein KI-gestütztes Logistikkonzept einzubetten. Dadurch soll der Branche eine Option eröffnet werden, wie Transportplanung zukunftssträftig und softwaregestützt gestaltet werden könnte. Dies beinhaltet auch die Entwicklung von der bloßen Bemessung der Transportplanungsqualität hin zu einem darauf basierenden eigenverantwortlichen Optimierungstool.

5.1 Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse

Im Rahmen dieser Untersuchung ist festgestellt worden, dass bereits branchenspezifische Kennzahlen und Referenzparameter in der täglichen Planung bestehen. Die Herausforderung besteht darin, die vielfältigen Zielgrößen sowie Einflussfaktoren auf das Planungsergebnis zu strukturieren und Abhängigkeiten zu beleuchten. Dazu war es zunächst von Bedeutung, die einzelnen Einflusskriterien in ihrer hierarchischen Relevanz einzuordnen und dadurch planungsgerichtete Prioritäten zu setzen, was über die Befragung von verantwortlichen Mitarbeitenden unter Zugrundelegung des AHP geschah. Für die Aussagekraft der durchgeführten Erhebung spricht dabei, dass ausschließlich Personenkreise befragt worden sind, die sich täglich mit der Zusammensetzung von Touren beschäftigen und die Verantwortung für die dortige unternehmerische Effizienz tragen. Somit haben die Befragten auch ein unmittelbares Interesse an der analytischen Aufarbeitung und der Beantwortung der aufgeworfenen Fragestellung, um daraus neue Schlüsse für ihr Tagesgeschäft ziehen zu können. Auch wenn für die weiterführende Untersuchung der Durchschnitt über alle abgegebenen Stimmen des untersuchten Unternehmens herangezogen wurde, sind teilweise große Einschätzungsunterschiede zwischen den verschiedenen Landesorganisationen und Abteilungen aufgefallen. Hier würde es sich lohnen eine tiefgreifendere Detailanalyse durchzuführen, um die einzelnen Prioritätenabweichungen zwischen den befragten Gruppen herauszuarbeiten. Naheliegend ist es dabei auch, die Stichprobe noch einmal zu vergrößern, um ein breiter gefächertes Bild zu erhalten und damit die Antworten von einzelnen Befragten nicht allzu viel individuellen

Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Der Einbezug von Personen verschiedener branchentätiger Unternehmen würde zudem ein marktumfassenderes Meinungsbild einfangen. Allerdings könnte dies auch wieder zu einer ansteigenden Differenzierung bzw. zu einem Auseinanderdriften der Einschätzungen zwischen den Teilnehmenden aufgrund verschiedener Firmenkonzepte führen.

Trotz der potentiellen Möglichkeiten einer ausführlicheren Analyse sind die Umfrageergebnisse als verlässliche Informationsquellen anzuerkennen. Denn das untersuchte Unternehmen zeichnet sich aufgrund seiner länderübergreifenden Präsenz und spezifischen Standortkonstellationen durch ein breites Repertoire an lokalen Transportstrategien aus. Es kann also davon ausgegangen werden, dass ein breites Meinungsbild auf Basis verschiedener örtlicher Bedingungen eingefangen worden ist. Dem Differenzierungsaspekt ist auch dahingehend eine angemessene Berücksichtigung zugeschrieben worden, indem die Analyse durch den ANP ergänzt wurde. Dieser bezog explizit Einflüsse und Rückkopplungsaspekte von den Sendungsspezifika auf die jeweilige Kriterienrelevanz ein. Dadurch sind auch die aus der Kriterienbeurteilung herangezogenen Durchschnittswerte noch einmal in einen ortsgebundenen, realitätsgetreuen Bezug gesetzt worden.

Die Aussagekraft hinsichtlich der erbrachten Transportplanungsqualität unterscheidet sich jedoch beim AHP und ANP aufgrund ihrer metrischen Skalierung. Die hierarchische Einordnung der Planungskriterien und der Einbezug derer in das aufgezeigte Scoring-Modell führt aufgrund der Punktebewertung zu einem Ergebniswert zwischen 0 und 10. Diese Werteskala ist in Anbetracht der formulierten Richtwerte genau definiert und drückt somit nicht nur aus, in welchem Verhältnis die Transportplanungsqualität der betrachteten Sendungsstruktur im direkten Vergleich zu den übrigen abschneidet. Sie ermöglicht auch eine losgelöste Einschätzung der Wertigkeit und Güte, da von einer Verhältnisskala mit definiertem Nullpunkt gesprochen wird, die das höchste Messniveau aufweist. Der nachstehend vollzogene ANP bezieht zwar die komplexe Netzwerkstruktur der Entscheidungssituation mit ein, dessen Bewertungsergebnisse fußen aber auf einer Intervallskala. Die Zuweisung prozentualer Bedeutungswerte (Summennormierung auf 1) beschreibt zwar, wie die betrachteten Sendungsstrukturen in der direkten Gegenüberstellung zueinander abschneiden. Sie eröffnen aber keinen Blick darauf, auf welchem inhaltlichen Niveau sich diese Gegenüberstellungen bewegen.⁹¹

⁹¹ Vgl. Schumann, 2019, S. 21 f.; Backhaus et al., 2018, S. 10 ff.

Dies führt dazu, dass für eine Untersuchung der Transportplanungsqualität die Anwendung aller hier durchgeführten Analyseschritte (AHP- und ANP-Verfahren) zu empfehlen ist. Das Ergebnis aus dem AHP eröffnet eine Einschätzung über die hierarchische Bedeutung der Transportplanungskriterien sowie die Güte der bereits vollzogenen Planung auf Basis des Punktescoring. Der Fokus liegt hier also nicht auf einer Gegenüberstellung verschiedener Konzepte oder Transportkonstrukte, sondern in erster Linie auf einer qualitativen individuellen Beurteilung der vorliegenden (Planungs-)Situation. Es besteht somit die Möglichkeit der Lösung des „Vehicle Routing Problems“, wonach die Disposition einen Weg aufgezeigt bekommt, den vielfältigen Ansprüchen an eine effiziente und kundschaftsorientierte Tourenplanung möglichst gerecht zu werden. Der ANP ist vielmehr als Erweiterung dessen zu sehen, indem primär der Fokus auf den Beziehungen und dem direkten Vergleich unterschiedlicher betrachteter Planungsdaten (Alternativen) liegt. Sollen daher verschiedene Planungsdaten oder Standorte – wie in dem hier herangezogenen Beispiel – untersucht und gegenübergestellt werden, ist der aufgezeigte Analyseschritt unter Anwendung des ANP unbedingt empfehlenswert, da die verschiedenen Einflüsse auf die Beurteilungssituation genauer berücksichtigt werden.

Zu dem gesamten Analyseprozess aus Kapitel 4 kann festgehalten werden, dass er ebenfalls auf weitere Transportkonstellationen der Branche übertragbar ist. Die Bewertung der Transportplanungskriterien durch die Befragung verfolgte das Ziel, diese Prioritätensetzung als allgemeine Bewertungsbasis für das Tätigkeitsfeld heranziehen zu können. Den Analysemodellen sind somit lediglich die für die Berechnung erforderlichen Eckdaten, wie die unternehmensspezifischen KPI sowie die individuellen Rahmenbedingungen oder Prioritäten der Untersuchungsgegenstände, zuzuführen. Aufgrund dessen ist hiermit das Werkzeug geschaffen, Transportplanungsqualität individuell messbar zu machen. Nun gilt es nachfolgend dieses Analysemodell in die Tourenplanung zu etablieren und unter Anwendung der KI einen Mehrwert in Form von erhöhter Transportoptimierung zu erzielen.

5.2 Konzeptentwicklung zur Bewertung und Optimierung von Transportplanungsqualität im Kontext der KI

Nach erfolgter Ergebnisdarstellung und -diskussion geht es nun darum, ein KI-getriebenes Konzept zur Bewertung und Optimierung der Transportlogistik auszuarbeiten. Hierfür wird zunächst beschrieben, wie das Verfahren der Qualitätsbemessung in die softwaregestützte Disposition als Gütemaß einzubinden ist.

Dabei werden den potentiellen Planungstools Rahmenbedingungen und Anhaltspunkte vorgelegt, anhand derer die Gestaltung und Zusammensetzung von Touren dann auszurichten sind.

Speziell mit Blick auf die Forcierung KI-getriebener, autonomer Planungsprogramme in der Stahl- und Metalllogistik gilt es, die transportrelevanten Informationen zuzuführen, die dann im Prozess des Machine Learning weiterführend optimiert werden. Somit wird bei der Ausgestaltung des Konzepts ein spezieller Fokus auf den Informationsfluss und die Rolle der Datentransparenz gelegt. Ziel ist es dabei, konzeptionelle Möglichkeiten der Ausgestaltung dieses Automatisierungsprozesses aufzuzeigen sowie das Potenzial für die Tourenoptimierung herauszustellen. Dazu zählt auch eine softwaregestützte Weiterentwicklung der Logistikstrukturen und strategischer Entscheidungen.

5.2.1 Einbindung der Bemessung von Transportplanungsqualität in softwaregestützte Planungstools

Wie bereits im Kapitel 2 ausgeführt, finden sich im heutigen Tagesgeschäft bereits zahlreiche TMS in der Anwendung, die die Planung unterstützen und in Teilen digitalisiert haben. Diese TMS planen auf Basis vorgegebener Bedingungen und Restriktionen, die für die Zusammenstellung der Sendungen entscheidend sind. Die Planungssoftware ParCon easytrack® repräsentiert die Fähigkeiten derartiger in der Branche eingesetzter Systeme. Die Anwendung ist neben der Darstellung vielseitiger Informationen bereits in der Lage, eigene Tourenvorschläge auf Basis der zugeführten Sendungen zu generieren. Dabei stützt sich ParCon easytrack® u. a. auch auf die acht herausgearbeiteten Transportplanungskriterien. Die servicegetriebenen Vorgaben, z. B. Liefertermine oder spezifische Anforderungen der Kundinnen und Kunden erhält das Planungsprogramm über die Auftragseingabe bzw. über die Stammdaten der Kundschaft und diese stellen somit die Rahmenbedingungen für die darauf folgende Planung dar. Den prozessgetriebenen Zielgrößen, wie eine hohe Auslastung der Fahrzeuge oder Ausnutzung der Fahrzeit, versucht das System dann unter Zugrundelegung der servicegetriebenen Aspekte nachzukommen. Das Tool respektiert auch die branchenspezifischen Eigenschaften der Transportgüter im Stahl- und Metallbereich, indem es diese mit der Beschaffenheit der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge abgleicht. So teilt es je nach Abmessung oder Gewicht der Sendungen ein Fahrzeug mit passenden Kapazitäten aus dem Fuhrparkbestand zu.⁹²

⁹² Vgl. ParCon Consulting GmbH, o. J., S. 2 f.

Doch auch bei dem hier beschriebenen Prozess fehlt bisher ein Konzept, das die verschiedenen Anhaltspunkte und Kriterien in einen Bezug zueinander setzt und die Wichtigkeit der Erfüllung dieser definiert. Folglich nimmt das Tool keine Rücksicht auf unternehmensspezifische oder lokale Konditionen sowie Prioritäten. Stattdessen verfolgt das Programm bei der Planung lediglich die triviale Prämisse, verfügbare Ressourcen auf Basis der vorgegebenen sendungs- oder kundenschaftsspezifischen Parameter und Vorgaben zu bestücken. Daher sieht das im Rahmen dieser Untersuchung zu entwerfende Transportkonzept vor, den erarbeiteten Prozess der Kriterienbewertung sowie Qualitätsbestimmung von Tourenplanung in ein Transportplanungsprogramm, wie z. B. ParCon easytrack®, zu integrieren. Damit kann eine Abstufung der Relevanzen der verschiedenen einwirkenden Planungsfaktoren erzielt und somit dem Planungsprogramm detailliertere Informationen zu den betrieblichen Anforderungen zugeführt werden. Die Software wäre dann dazu angehalten, insbesondere mit Rücksicht auf Kriterien mit hoher hierarchischer Bedeutung zu optimieren und ggf. zweitrangige Aspekte hintenanzustellen, anstatt ohne jegliche Prioritätensetzung zu arbeiten. Dies entfaltet besonders dann seine Wirkung, wenn Transportplanungskriterien im Widerspruch zueinanderstehen oder sich gegenseitig negativ beeinflussen. Die folgende Übersicht stellt anhand der untersuchten acht Planungskriterien dar, an welchen Stellen Zielkonflikte entstehen könnten und welche Vorzüge die Transportsoftware im Falle konkurrierender Kriterien tätigen müsste (siehe Tabelle 11).

Tabelle 11: Vorlage zur Vorrangigkeit konkurrierender Transportplanungskriterien für die Planungssoftware

		Auslastung LKW	Anzahl Stopps	Ausnutzung Fahrzeit	Distanz pro Stopp	Erfüllung Terminierung	Erfüllung Anford./ Restrikt.	Retouren-/ Mängelquote	Transportkosten
		12,81%	11,70%	11,46%	5,67%	19,52%	11,41%	10,48%	16,94%
Auslastung LKW	12,81%		←	x	←	↑	←	←	↑
Anzahl Stopps	11,70%			x	←	↑	←	←	↑
Ausnutzung Fahrzeit	11,46%				x	x	x	x	↑
Distanz pro Stopp	5,67%					↑	↑	↑	x
Erfüllung Terminierung	19,52%						←	x	←
Erfüllung Anforderungen/ Restriktionen	11,41%							x	↑
Retouren-/Mängelquote	10,48%								x
Transportkosten	16,94%								

  leichter bis starker Vorzug Kriterium y-Achse
  leichter bis starker Vorzug Kriterium x-Achse
 keine bzw. keine negative Beeinflussung identifizierbar

Ziel der effizienten Transportplanung ist es, Sendungen so in Touren zusammenzufassen, dass sie im Durchschnitt über alle Anforderungen und Bedingungen hinweg die bestmögliche Performance erzielen. Sofern es also bei der automatischen Tourenplanung zu Konflikten zwischen einzelnen oder mehreren Zielgrößen kommt, wäre das Planungsprogramm damit in der Lage die Prioritäten so zu setzen, dass dieses Ziel konsequent verfolgt wird.

Für die konzeptionelle Weiterentwicklung softwaregestützter Planungsprogramme ist aufbauend darauf eine Implementierung des durchgeführten Scoring-Modells in die automatische Tourenplanung angedacht. So soll das Planungsprogramm zu jeder Zeit in der Lage sein, den Score – also die Qualität – der konzipierten Touren transparent abzubilden. Dafür müssen dem Planungstool vorbereitend die unternehmensspezifischen Richtwerte (KPI) entsprechend der Ausführung in Tabelle 6, die den Idealzustand der Kriterienerfüllung beschreiben, systemisch zugeführt werden. Aus der Kombination von diesen Informationen und der Kriterienpriorisierung ist das Tool dann in der Lage, die Scores verschiedener generierter Tourenvorschläge und -entwürfe im Hintergrund zu berechnen und deren Effizienz zu quantifizieren. Die Vorgabe, die an das Programm während der Verplanung des Sendungsaufkommens gestellt werden muss, lautet, den Punktescore über alle berechneten Touren hinweg zu maximieren. Dazu muss die Rechenleistung der Planungs- bzw. Optimierungssoftware in der Lage sein, die möglichen Planungskonstellationen auf Basis des vorhandenen Sendungsaufkommens durchzukalkulieren.

5.2.2 Schnittstellenkommunikation und Informationstransfer

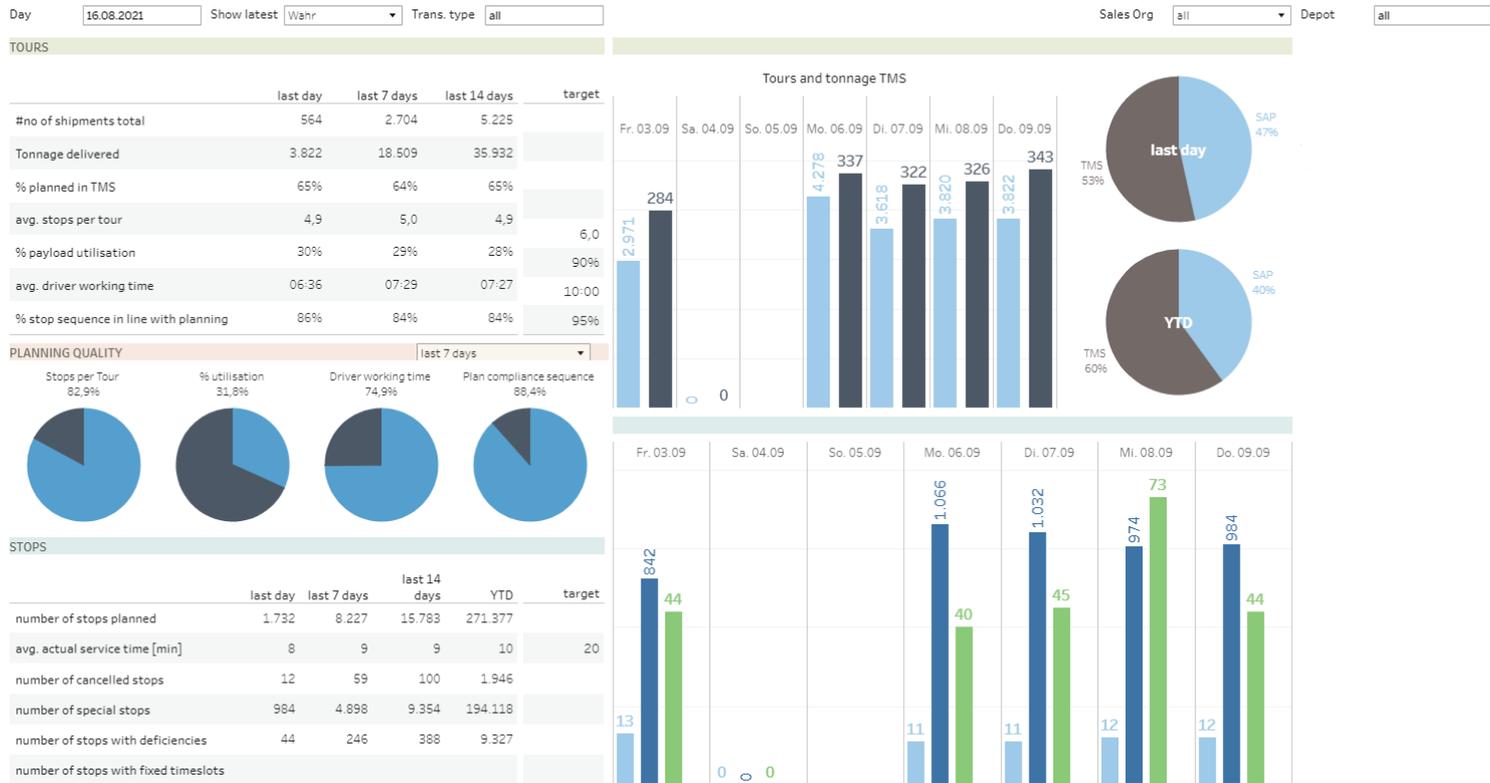
Nach erfolgter Implementierung der Bemessung von Transportplanungsqualität in das Planungstool geht es nun im ersten Schritt darum, die daraus resultierenden Informationen nach außen zu kommunizieren und KI-gestützt systemseitig nutzbar zu machen.⁹³ Dabei ist es im Rahmen des zu entwerfenden Konzepts vorgesehen, die ermittelte Leistungsperformance an die entsprechenden Stellen in einem Dashboard aufbereitet zu melden. Ein Dashboard bereitet Performancekennzahlen zweckbezogen und in regelmäßigen Turnussen transparent auf und übermittelt sie an die relevanten Empfängerinnen und Empfänger.⁹⁴ Das umfasst sowohl die Disposition als führende Hand im operativen Geschäft als auch das (Betriebs-)Management, um strategische und konzeptionelle Entscheidungen

⁹³ Vgl. Wöhe, Döring, 2013, S. 202.

⁹⁴ Vgl. BITKOM, 2014, S. 26; Wack, 2021, o. S.

darauf aufbauen zu können. Das Reporting soll die Transportplanung anhand der spezifischen KPI und deren jeweiliger Erfüllung sowie die Bewertungen der durch das Planungstool ermittelten Touren widerspiegeln. So soll die individuelle Transportperformance übersichtlich einsehbar werden, aber auch detailliertere Analysen hinsichtlich einzelner Aspekte und Anforderungen abrufbar sein. Ein erster Entwurf für die Ausgestaltung eines derartigen Dashboards, das die systemseitige Planungsperformance darstellt, ist nachfolgend für das untersuchte Unternehmen abgebildet (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Entwurf für ein Dashboard zum Reporten von Transportplanungsqualität



Quelle: in Anlehnung an Beispielunternehmen, 2021c, o. S.

Das abgebildete Dashboard verfügt über mehrere Filtermöglichkeiten auf Kopfebene, um die genauen Daten für die jeweilige Landesorganisation, die Region oder den Standort auswählen zu können. Außerdem ist es möglich, sowohl vergangene Zeiträume als auch die tagesaktuellen Daten aufzurufen und somit eine Live-Einsicht auf die aktuelle Planungssituation zu erhalten. Das Dashboard hat den Sinn, Transparenz in der Transportlogistik und gegenüber den Aktivitäten des eingesetzten Planungstools zu schaffen. Es ermöglicht einerseits einen oberflächlichen (hier dargestellt) und andererseits auch einen tiefergehenden Einblick in die Planung und den Erfüllungsgrad an die gesetzten Ansprüche. Denn es ist möglich von der Übersicht in dem Dashboard in die Detailanalyse und Grunddaten abzuspringen, um z. B. eventuelle Treiber auszumachen. Der Informationsfluss entlang der Supply Chain ist dadurch gesichert, dass sich jeder Agierende – ob Disposition, Betriebsleitung oder Verkauf – die Darstellung individuell nach seinem Interessenschwerpunkt aufbereiten kann. In einer weiteren Ausbaustufe des Dashboards sollte noch der ermittelte Scoring-Wert je Kriterium aus der Kombination von ermittelter Kennzahl und gesetztem Zielwert eingebaut werden, was vor allem für die Disposition hinsichtlich der Planungsqualität von Interesse sein dürfte.

Im zweiten Schritt geht es bei der Aufbereitung der Transportplanungsergebnisse bzw. -qualität darum, die ermittelten Informationen dem Planungstool auch wieder zuzuführen. Der Gedanke dahinter ist ein Informationskreislauf, in dem die ausgegebenen Planungsergebnisse auch wieder systemseitig eingelesen werden und sich das Planungstool aufbauend darauf selbstständig verbessert. Das Machine Learning, ein zentraler Baustein der KI, verfolgt genau diesen Ansatz, bei dem sich Optimierungssoftwares selbstständig über ein zeitliches Intervall hinweg über das Sammeln von Erfahrung stetig optimieren. Dazu muss der KI die Möglichkeit gegeben werden, Gesetzmäßigkeiten und wiederkehrende (Sendungs-)Anforderungen zu erkennen. Dieser Prozess, der auf der Erschließung bzw. Weiterentwicklung künstlicher Netzwerke und komplexer Zusammenhänge fußt, wird auch als Deep Learning bezeichnet.⁹⁵ Genau dafür bietet das ausgearbeitete Instrument zur Bemessung von Transportplanungsqualität die Grundlage. Denn erst mit Festlegung der Bedeutungen der einwirkenden Kriterien sowie deren Beziehungen untereinander und zu den unternehmerischen Ansprüchen, kann einer KI-gestützten Planungssoftware die Qualität der erbrachten Leistung überhaupt erst aufgezeigt werden.

Auf Grundlage des zurückfließenden Feedbacks entsteht ein sich unendlich häufig wiederholender Vorgang bzw. Kreislauf, der auch als Rekursion bezeichnet

⁹⁵ Vgl. Cawsey, 2003, S. 175 ff.; Goodfellow et al., 2016, S. 5 f.

wird. Dabei ist vorgesehen, dass das Programm aufgrund der gesetzten Prioritäten und der Rückmeldungen hinsichtlich seiner bereits erbrachten Planungsperformance zunehmend erfolgreicher optimiert. Die Problemstellung aus dem „Vehicle Routing Problem“ kann also durch wiederholendes Prozessdurchführen immer besser bewältigt werden.⁹⁶

Darüber hinaus sollte das KI-gestützte Konzept auch einen Beitrag dazu leisten, die Vorhersehbarkeit von Sendungsaufkommen zu verbessern. Aufgrund des Herausarbeitens der Transportplanungsqualität und dem verstärkten Fokus auf die Zusammensetzung der Touren, erkennt die KI wiederkehrende Muster und Regelmäßigkeiten. Dies können beispielsweise Bestellzyklen verschiedener Kundinnen und Kunden oder prognostizierte Materialmengen für die einzelnen Lieferregionen sein. Der resultierende Vorteil aus dieser technischen Möglichkeit ist es, Touren bereits für einen langfristigeren Zeitraum, sprich einige Tage im Voraus, planen zu können. Dabei gilt es, mit den bereits vorhandenen Lieferungen (z. B. Kontraktabrufe), die erst in den folgenden Tagen zugestellt werden müssen, ein Grundgerüst für den entsprechenden Tourentag zu kreieren. Das Programm ist aufgrund seines Hintergrundwissens und seiner Planungserfahrungen dann in der Lage zu prognostizieren, mit welchem Sendungsaufkommen noch für den jeweiligen Tourentag zu rechnen ist.

Diese zukunftsgerichtete Planung sollte dann über Schnittstellen an die verantwortlichen Unternehmensbereiche kommuniziert werden. Da wäre zunächst die Disposition zu nennen, die auf Grundlage dessen planen könnte, welche Anzahl und Typen von Fahrzeugen für die kommenden Tage vorzuhalten oder ggf. zu beschaffen sind. Das eröffnet dem Betrieb die Möglichkeit einer frühzeitigen Ablauforganisation und minimiert das Risiko, dass erforderliche Transportleistungen wegen Ressourcenknappheit nicht bewältigt werden können. Außerdem ist in einem KI-getriebenen Planungstool auch eine Schnittstelle an den Vertrieb und somit an das Sprachrohr für die Kundschaft zu forcieren. Durch den Einblick des Vertriebs in die Transportplanungsmaske bzw. das Dashboard und der Erkennung von Bestellmustern wird auch dieser zum Handeln aufgefordert. Die Verkaufenden können somit proaktiv an Kundinnen und Kunden herantreten und die Einhaltung bzw. Ausrichtung von identifizierten Bestellmustern positiv beeinflussen. Auch unter dem geografischen Aspekt zahlt sich diese Schnittstelle aus, sofern für gewisse Lieferregionen/Zustell Touren noch keine vollständige Ressourcenauslastung erfolgt ist. Die Agierenden sind dann dazu angehalten, frühzeitig

⁹⁶ Vgl. Luger, 2001, S. 186.

offene Kapazitäten auszufüllen und somit nur Fahrzeuge mit hervorragenden Qualitätsmerkmalen abfahren zu lassen.

In einer weiterführenden Ausbaustufe kann auch die Möglichkeit diskutiert werden, die Kundinnen und Kunden direkt anhand des zukunftsgerichteten Planungstools über eine Informationsschnittstelle anzukoppeln. Die KI könnte dann auf Basis offener Kapazitäten und den durchleuchteten Bestellmustern eine systemseitige Abfrage bei den Kundinnen und Kunden initiieren. Erwähnung findet dieser Ansatz im Bereich Efficient Consumer Response unter dem Begriff des Efficient Replenishment. Dabei werden bei den Kundinnen und Kunden Out-of-stock-Situationen vermieden, indem frühzeitige Bestellanforderungen automatisch angestoßen werden. Voraussetzung dafür ist die Verknüpfung des Warenwirtschaftssystems der Kundinnen und Kunden mit den Supply-Chain-Prozessen der Lieferantinnen und Lieferanten.⁹⁷ Es ist festzuhalten, dass sich über eine direkte Verbindung zwischen dem Planungstool und den Kundinnen und Kunden die Kommunikationswege entscheidend verkürzen. Es findet ein direkter Austausch aus erster Hand statt, was Informationsbrüche oder zeitliche Verzögerungen ausschließt. Das KI-gestützte Planungstool erhält dadurch Informationen über mittel- oder sogar langfristig abgerufene Mengen und kann dadurch frühzeitig und anforderungsgerecht planen sowie Sendungen kombinieren. Auch der Prozess des Deep Learning wird durch diese Datenzuführung beschleunigt und mit größeren Datenmengen angelernt, was zu einer steigenden Vorhersehbarkeit des Sendungsaufkommens beiträgt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Messbarmachung von Transportplanungsqualität für erhöhte Transparenz entlang der Lieferkette und ihren verschiedenen Schnittstellen sorgt. Prozesse können somit frühzeitiger und anhand eindeutig definierter Faktoren eingeleitet werden. Im Rahmen des hier auszuarbeitenden Konzepts, stellt dies die Basis für eine KI-basierte Planungssoftware dar, die somit alle relevanten Informationen zugeführt bekommt, um die Optimierung im Transport zusehends voranzutreiben.

5.2.3 Bereitstellung realitätsbezogener Grunddaten

Für die KI-gestützte Planung ist es von elementarer Bedeutung, dass die herangezogenen Daten für die Tourenberechnung auch tatsächlich der Realität entsprechen. Nur so ist eine theoretisch geplante Tour auch praktisch umsetzbar. Um dies zu gewährleisten, ist der beschriebene Informationsrückfluss im Zuge

⁹⁷ Vgl. Eßig et al., 2013, S. 59 ff.; von der Heydt, 1999, S. 6.

des Machine Learning an das Planungstool durch Daten aus der praktischen Tourenabwicklung zu ergänzen. Es genügt nicht, das ML lediglich auf die softwareseitig geplanten Touren, zu stützen (Soll-Daten), sondern vorrangig auf die praktische Umsetzung zu fokussieren (Ist-Daten). Dies ermöglicht es erst, Planungsfehler oder Fehleinschätzungen identifizieren und daraus entsprechende Schlüsse für die Zukunft ziehen zu können.⁹⁸

Im Zentrum dieser Bereitstellung von Daten steht vor allem der Faktor Zeit bei der Tourenabwicklung. So muss die Frage geklärt werden, wie viel Zeit das Planungstool für die jeweiligen Strecken und Stopps bei Kundinnen und Kunden veranschlagen muss, um die praktische Umsetzung realistisch abzubilden. Dies ist zunächst unter dem Gesichtspunkt der prozessgetriebenen Planungskriterien von Bedeutung, sodass sicher davon ausgegangen werden kann, dass der LKW seine vorgegebene Tour und die Anzahl der Sendungen auch bewältigen kann. Zudem ist die Thematik auch unter dem Serviceaspekt von Belangen, speziell wenn eine direkte Anbindung der Kundinnen und Kunden an die Transportprozesse geplant ist. Die Aussagen hinsichtlich Terminversprechen müssen praktisch haltbar sein, damit der zuvor beschriebene Informationstransfer und das Schnittstellenmanagement funktionieren können und Akzeptanz finden. Dies verringert auch das Risiko der Warenannahmeverweigerungen und somit der Notwendigkeiten von Retouren oder Nachlieferungen.

Wie hoch die Leistungsfähigkeit der verfügbaren Ressourcen in Anbetracht der zuzustellenden Sendungen ist, kann ein Planungstool nur anhand langfristiger Planungserfahrung und einem ständigen Soll-Ist-Vergleich ausmachen. Die Rückführung dieser Informationen aus den tatsächlich abgewickelten Touren liefert hierzu den höchsten Grad an realistischer Aussagekraft und kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Zum einen gibt es die Möglichkeit, die Fahrzeuge mit GPS-Geräten auszustatten, die den Live-Standort der Fahrzeuge in regelmäßigen zeitlichen Intervallen übermitteln. Diese Möglichkeit bieten die meisten Telematik-Anbieter bereits, die dann die Zeitdaten archivieren und auch in Übersichten für weiterführende Analysen aufbereiten. Anhand dieser geht genau hervor, wie viel Fahrzeit ein Fahrzeug für einen bestimmten Streckenabschnitt benötigt und wie lange es an einer bestimmten Stelle verweilt hat. Die Ortsbestimmung ist dabei durch das GPS-Tracking sichergestellt.⁹⁹ Allerdings basiert die Zeitaufzeichnung von Telematik oftmals auf der Einschaltung der Zündung am Fahrzeug. Dies kann zu einer

⁹⁸ Vgl. Flügge, 2016, S. 163 f.

⁹⁹ Vgl. Röhling et al., 2016, S. 32 f.

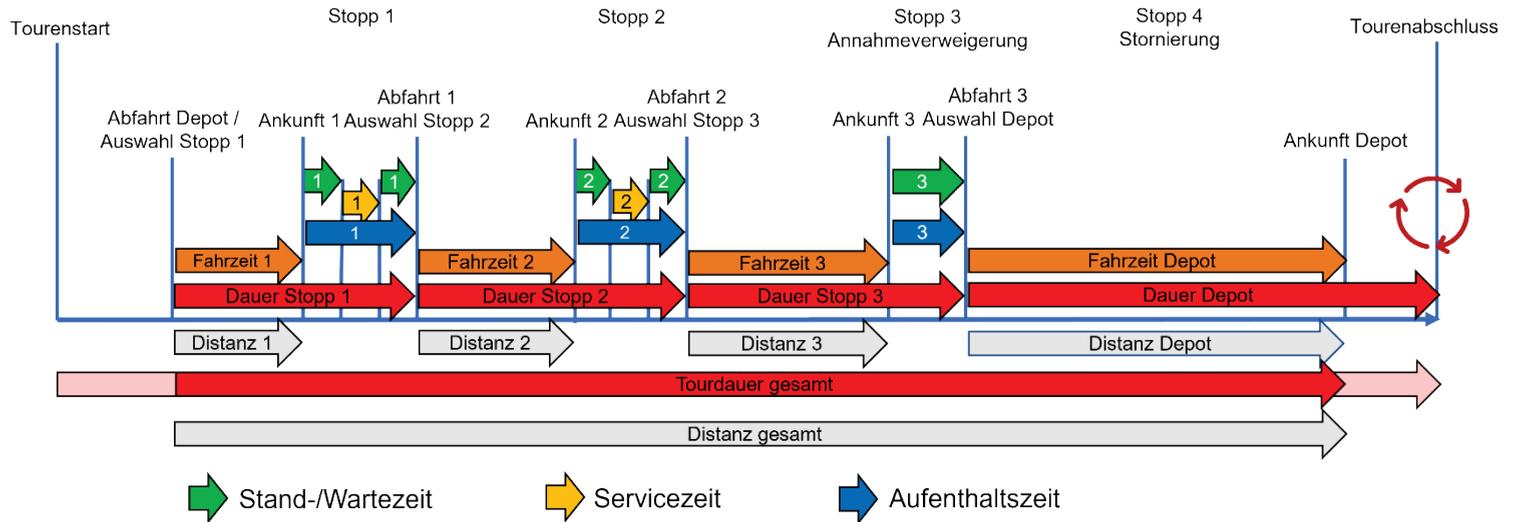
Ergebnisverzerrung führen, wenn zwischen Fahrzeit und Stand- bzw. Servicezeit bei den Kundinnen und Kunden vor Ort unterschieden werden soll. Es ist demnach nicht klar unterscheidbar, ob sich das Fahrzeug während der Aufzeichnung ausschließlich auf der Straße befindet oder parallel auch einen Stopp absolviert hat, bei dem das Fahrzeug bzw. die Zündung angeschaltet blieb. Aufschluss darüber könnte lediglich die GPS-gestützte Lokalisierung geben, die neben den zeitlichen Daten auch den aktuellen Standort übermittelt. Doch auch hier kann es zu Ungenauigkeiten kommen, da keine direkte Anbindung an die genutzten Logistik- oder Vertriebsprogramme besteht. So ist es nicht immer auf den ersten Blick ersichtlich, ob das Fahrzeug auf der Tour zu den Kundinnen und Kunden, an einer Tankstelle oder einem Parkplatz Halt gemacht hat. Zudem muss mit einer gewissen Ortungsungenauigkeit gerechnet werden, sodass die Telematik im Zweifel eine abweichende Adresse ausgibt, als die Kundinnen und Kunden eigentlich besitzen (z. B. bei nahegelegenen Straßenkreuzungen). So könnte sich eine systemische Auslese und Zuordnung der Zeit- und Streckendaten aus der Telematik als herausfordernd gestalten, da es hier immer wieder zu Einzelfallprüfungen aufgrund von Ungenauigkeiten kommen kann.¹⁰⁰

Eine Alternative für die Beschaffung verlässlicher Ist-Daten bietet die Ausstattung der LKW mit digitalen Endgeräten, wie es in zahlreichen Speditionsunternehmen bereits für die Zustelldokumentation zu beobachten ist. Dort werden Geräte genutzt, um einen regelmäßigen Austausch zwischen den Fahrzeugführenden und dem Depot sicherzustellen und um auf Veränderungen spontan reagieren zu können.¹⁰¹ Das Konzept im Rahmen dieser Untersuchung legt aber den Fokus auf die transportspezifische Gewinnung von Big Data, sodass die Fahrzeugführenden ihre gesamte Tour auf dem Endgerät dokumentieren und direkt an das Transportplanungstool über eine Schnittstelle zurückspielen. Dabei ist es erforderlich, das Endgerät mit einem Programm zu belegen, das mit dem Planungstool verknüpft ist und den Fahrzeugführenden die zuvor geplante Tour anzeigt. Gleichzeitig muss es die Möglichkeit bieten, dass die aufgezeichneten Daten aus dem LKW zurück überstellt werden können. Auf dem Gerät melden die Fahrzeugführenden dann während der Abwicklung, wann sie eine Tour starten und beenden sowie wann sie bei den Kundinnen und Kunden eintreffen und wieder abfahren bzw. die Be-/Entladung vornehmen. Die folgende Abbildung 7 zeigt, wie die Aufzeichnung eines Tourenprofils beispielhaft aussehen und an das Planungstool übergeben werden könnte.

¹⁰⁰ Vgl. Anhang 7: Analyse der Telematikdaten (Fahrzeug XXX, Januar 2021).

¹⁰¹ Vgl. Gruhn, Schöpe, 2003, S. 120 f.; Schöpker, 2015, S. 56 f.

Abbildung 7: Datenaufzeichnung eines beispielhaften Tourenprofils



Bei der hier beschriebenen Tourendokumentation durch die Fahrzeugführenden an einem Digitalgerät müsste mit einem ggf. etwas längeren zeitlichen Aufwand gerechnet werden, was der Übermittlung des Status geschuldet sein könnte. Diesem Kritikpunkt steht jedoch der exklusive Datengewinn auf der anderen Seite entgegen, was einen eventuellen Mehraufwand rechtfertigen könnte. Zudem könnten in das Übermittlungsprogramm auch weitere Funktionalitäten integriert werden, z. B. die Dokumentation der Materialübergabe (Unterschrift der Kundinnen und Kunden) oder die Erfassung von Beanstandungen. So würden die Lieferdokumente digitalisiert und die Lieferanweisungen der Kundinnen und Kunden aus erster Hand an das Planungstool übergeben werden. Gleichzeitig eröffnet sich hier auch die Möglichkeit der im vorigen Kapitel angesprochenen Anbindung der Kundinnen und Kunden, denen dadurch vorab detailliert mitgeteilt werden könnte, wann sie mit der Ankunft der Ware zu rechnen haben. Diese Benachrichtigung könnte automatisch ausgelöst werden, wenn sich der LKW in einer bestimmten Entfernung zu den Kundinnen und Kunden befindet. In dem Zusammenhang besteht das Potenzial, die Standzeiten bei den Kundinnen und Kunden auf ein Minimum zu reduzieren, da diese die Abwicklung des eintreffenden Fahrzeugs bereits vorbereiten können, indem sie beispielsweise Entlademittel für die oftmals sperrigen Güter bereitstellen.

Für die Akquirierung realitätsbezogener Tourendaten für die Weiterentwicklung des KI-gestützten Planungstools im Zusammenhang mit dem ML bietet sich daher die Ausstattung der LKW mit digitalen Endgeräten aus den zuvor genannten Gründen besonders an. Über die digitale Erfassung der Tourenabwicklung wird dem Planungstool die beste Möglichkeit geboten, anhand qualitativ hochwertiger Ist-Daten Gegebenheiten aufzufassen und im Zuge des Deep Learning entsprechende Konsequenzen in der Transportoptimierung zu ziehen. Daraus eröffnet sich das Potenzial, die Erfüllung der Transportplanungskriterien langfristig noch effizienter zu gestalten.

5.2.4 Weiterentwicklung und Optimierung der Transportstruktur

Anschließend daran sieht das KI-gestützte Transportkonzept vor, das Planungstool auch für die Optimierung der generellen Logistikstruktur des Unternehmens einzusetzen. Das Programm soll also in der Lage sein, die taktische und strategische Ausrichtung des Transports mitzugestalten, indem es sich auf seine gesammelten Erfahrungen und sich abzeichnende Trends aus der täglichen Planung stützt. Voraussetzung hierfür muss sein, dass sich das Tool bereits einige

Zeit im Einsatz befindet und somit die Möglichkeit gehabt hat, über das ML genügend Informationen zu dem vorhandenen Logistikkonzept auszuwerten und Optimierungspotenziale herausarbeiten zu können. Von Interesse ist dieser Ansatz besonders für Logistikunternehmen, die ein verzweigtes Standortnetz mit verschiedenen Liefergebieten, Tourenplänen und eingesetzten Dienstleistungsunternehmen haben. Dies führt zu einer verflochtenen Ausgangslage, die schon am untersuchten Unternehmen im Kontext des ANP beleuchtet wurde. Die Prioritäten liegen dann in jeder Region bzw. an jedem Standort etwas anders gewichtet, auch wenn es natürlich einige universelle Ansprüche gibt. Die metrische Bemessung der Transportplanungsqualität durch das Planungstool ermöglicht eine Darstellung, inwieweit die lokalen Anforderungen erfüllt werden.

Zum Einsatz kommt das KI-gestützte Tool dann, wenn die Planungsqualität zwischen den einzelnen Logistikregionen stark abweicht, so wie es auch bei dem durchgeführten Standortvergleich der Fall war. Das KI-gestützte Tool soll dann anhand der dortigen Sendungsstruktur erkennen, ob eine Anpassung von Tourenplänen oder Liefergebieten die Transportleistung verbessern könnte.

So schneidet der Standort 2004 beispielsweise beim Kriterium „Anzahl Stopps“ sehr unbefriedigend ab, obwohl das Kriterium aufgrund der vertraglichen Konditionen mit dem eingesetzten Dienstleistungsunternehmen als sehr wichtig eingestuft wird. Am Standort 2079 ist die Performance bei dem Kriterium hingegen zufriedenstellender, obwohl die prozessgetriebenen Kriterien dort allgemein eine geringe Relevanz aufweisen. Dies lässt den Schluss zu, dass die Eigenschaften der Logistikregion am Standort 2079 (z. B. aufgrund der Strukturen der Kundinnen und Kunden) eine höhere Anzahl an Stopps pro Tageseinsatz ermöglicht, was sich an der geringeren durchschnittlichen Distanz zwischen den Stopps auch begründen ließe. Im Kontext des KI-Einsatzes sollte das Tool nun den Vorschlag unterbreiten, stoppreiche benachbarte Gebiete des Standortes 2079 an den Standort 2004 zu übergeben, da hier ein signifikanter Mehrwert für die Transportplanungsqualität erzielt werden könnte und sich die ggf. negativen Auswirkungen für den Standort 2079 eher in Grenzen halten. Im Idealfall wäre die Konstellation so, dass ein Gebietstausch zwischen zwei Standorten dazu führen würde, dass jeweils bedeutsame Kriterien an beiden Lokalisationen dadurch verbessert werden könnten und sich eine Win-win-Situation ergibt. Ob eine Gebiets- oder Zuständigkeitsverschiebung letztendlich wirklich sinnvoll ist, muss natürlich eine Nutzenrechnung unter Einbezug aller Faktoren bestimmen. Das Tool ist dazu allerdings selbstständig in der Lage, da im Zuge der Bemessung der Transportplanungsqualität alle vorhandenen Beziehungen sowie Transporteigenschaften auch über längere Zeiträume analysiert werden. Das Konzept sieht vor, dass

eine letztendliche Änderung der Logistikstruktur und der Verantwortlichkeiten nur dann erfolgt, wenn eine Verbesserung der Transportleistung insgesamt (überregional) zu erwarten ist. Die Anpassungen müssen dann natürlich noch intern kommuniziert und ggf. notwendige Änderungen an den zugeführten Parametern der methodisch gestützten Qualitätsbemessung vorgenommen werden.

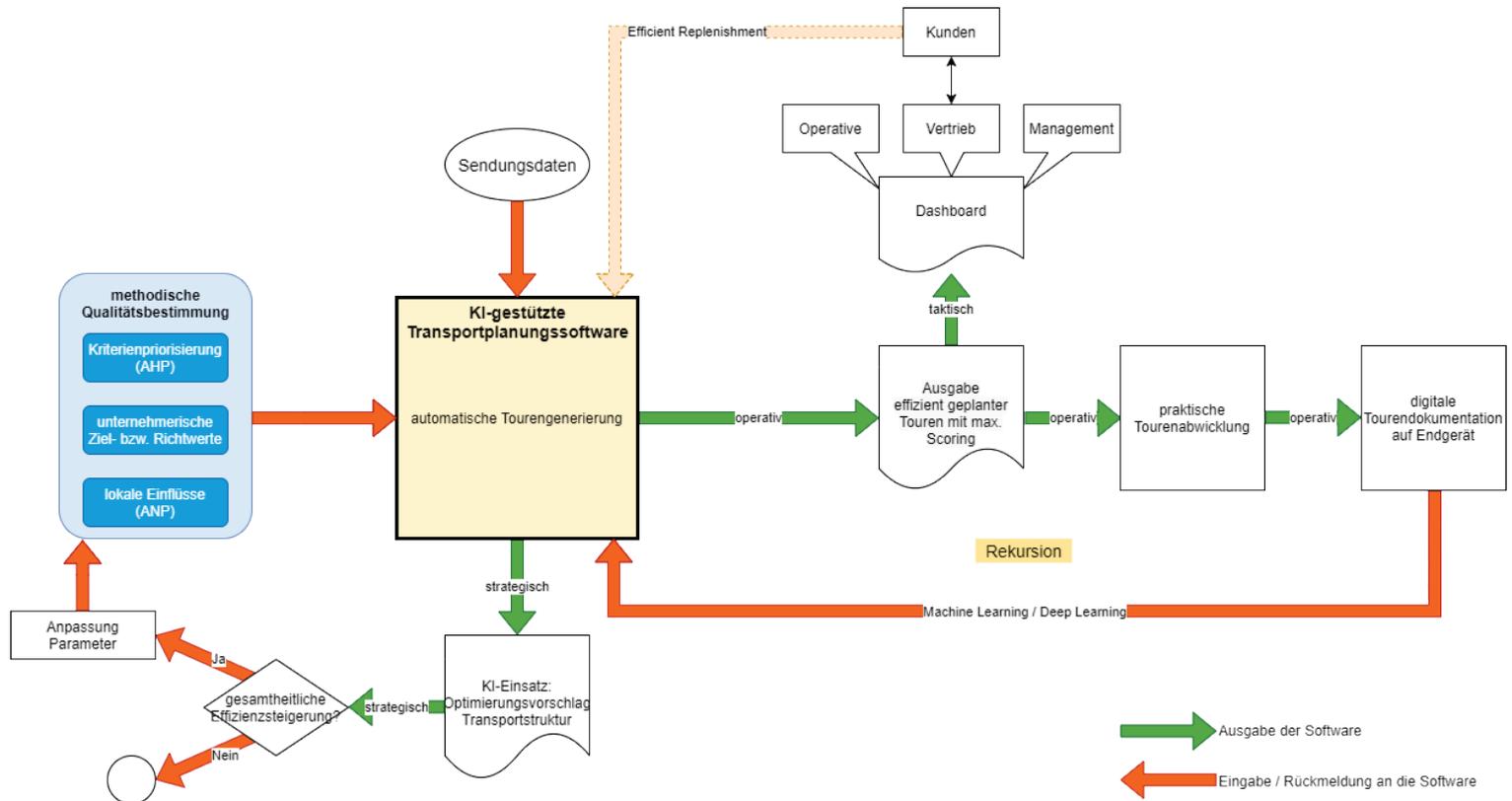
Mit der strategischen Optimierung der Logistikstruktur ist im Rahmen des auszuarbeitenden KI-getriebenen Transportkonzepts die höchste Ebene erreicht, bei der sich das eingesetzte Planungstool unterstützend und optimierend hervortun kann. Durch die Formulierung fundierter Rahmenbedingungen und Qualitätsmerkmale hat das Planungstool langfristig durchaus das Potenzial, unternehmensstrategische Fragestellungen und Ausrichtungen aktiv mitzugestalten oder umzusetzen.

5.3 Skizzierung des ergebnisumfassenden Transportkonzepts

Im Rahmen dieses Kapitels wird der ganzheitliche Entwurf für ein KI-gestütztes Konzept für die Optimierung der Transportplanungsqualität dargelegt.

Das aufgezeigte Konzept bezieht die einzusetzenden Programme und Methodiken zielgerichtet an den vorgesehenen Prozessstellen ein. Es beschreibt außerdem den Daten- und Informationsfluss und stellt die Ziele heraus, die unter Einsatz der KI verfolgt werden (siehe Abbildung 8).

Abbildung 8: Skizzierung des ergebnisumfassenden Transportkonzepts



Das Konzept zur Optimierung des Transports in der Stahl- und Metalllogistik stellt die KI-gestützte Transportplanungssoftware in den Mittelpunkt aller Aktivitäten, die von ihr ausgehen bzw. auf sie einwirken. Ihr werden zu Beginn die Sendungsdaten des Unternehmens zugeführt. Die funktionelle Grundlage des Tools ist die methodisch untermauerte Bestimmung von Transportplanungsqualität, deren Prozess im Rahmen dieser Untersuchung erarbeitet worden ist. Sie stellt das zentrale Element für die Zusammenstellung und Generierung von effizienten Touren dar und ermöglicht eine Messbarmachung der Planungsleistung. Das Programm ermittelt ausgehend davon die täglichen Touren für die Fahrzeuge mit dem Ziel, eine möglichst hohe Planungsqualität bzw. ein möglichst hohes Scoring unter Berücksichtigung der einzuhaltenden Vorgaben über alle Touren hinweg zu erzielen.

Die Planungsperformance wird über ein Live-Dashboard aufgezeichnet und an die entsprechenden Stellen gespiegelt. In einer späteren Ausbaustufe wäre in dem Zusammenhang auch eine Tourenplanung unter direktem Einbezug der Kundinnen und Kunden im Rahmen des Efficient Replenishment denkbar. Parallel erfolgt die operative Durchführung der Touren durch die Fahrzeugführenden, die mit digitalen Endgeräten ausgestattet sind, anhand derer die komplette Tour dokumentiert wird. Die so generierten Tourenprofile werden an die KI-basierte Planungssoftware über eine Schnittstelle zurückgespielt, die die Erkenntnisse aus der praktischen Tourenumsetzung unter Einsatz des Machine Learning verarbeitet. Dieser Kreislauf von der Tourenplanung, deren Ausführung sowie Dokumentation bis hin zur Rücksendung der Daten wiederholt sich rekursiv. Im Laufe der Zeit sammelt das Tool somit an Erfahrung in der praktischen Tourenabwicklung und erkennt im Zuge des Deep Learning vielschichtige Zusammenhänge individueller Einflüsse und Gegebenheiten. Die Tourenplanung gewinnt somit über längere Zeit an praktischer Aussagekraft und Effizienz in der Sendungszusammenstellung.

Ein zweiter Ansatz des Tools zur Optimierung des Transports ist auf höchster Ebene das strategische Entwerfen von Anpassungsempfehlungen für die Transportstruktur (z. B. Gebiets- oder Zuständigkeitsverschiebungen). Sofern diese Empfehlungen Umsetzung finden sollen, da hier ein erhöhter Gesamtnutzen für den Transport erzielt werden kann, müssen ggf. die Parameter für die Qualitätsbestimmung daran angepasst werden.

6 Fazit und Ausblick

Ausgangspunkt für die Anfertigung der Untersuchung war die Fragestellung, wie Transportplanungsqualität speziell für die Stahl- und Metallogistik bewertbar gemacht werden kann. Es wurde das Ziel verfolgt, ein KI-gestütztes Konzept zu entwerfen, das die Optimierung und das Ausschöpfen von Potenzialen in diesem Unternehmensbereich vorantreibt.

Zunächst wurde festgestellt, dass bereits zahlreiche Planungstools in der Anwendung sind, die bei der Disposition unterstützen bzw. automatisch generierte Tourenvorschläge unterbreiten können. In dem Zusammenhang wurde herausgearbeitet, dass sich diese softwaregetriebene Disposition aber oftmals nur auf einzelne definierte Vorgaben konzentriert, die die Programme versuchen einzuhalten. Es fehlt jedoch eine grundsätzliche Formulierung dessen, was einen effizient geplanten Transport im Detail und in Anbetracht der individuellen Rahmenbedingungen auszeichnet. So wurde unter Beleuchtung verschiedener in Frage kommender Methoden der Versuch unternommen, die zuvor herausgearbeiteten wichtigsten Transportplanungskriterien einzuordnen und ihnen individuelle Bedeutungen beizumessen. Nach Maßgabe der Umfrage zur Bedeutungszumessung der Kriterien durch die verantwortlichen Mitarbeitenden verschiedener Landesgesellschaften des herangezogenen Beispielunternehmens, fand der AHP Anwendung. Das Ergebnis war eine aussagekräftige hierarchische Anordnung sowie Zuteilung von Relevanzen gegenüber den prozess- und servicegetriebenen Planungskriterien, die auch die Materialspezifika der Branche einschließt. Bei der Anwendung dieses Beurteilungsverfahrens auf drei beispielhaft gewählte Unternehmensstandorte stellte sich heraus, dass die Performance sehr unterschiedlich zu bewerten ist und somit erste Defizite beispielhaft aufgezeigt werden konnten. Es wurde daraufhin aber festgestellt, dass eine reine Bewertung nach den definierten Kriterien und deren Prioritäten die Transportplanungsqualität insofern nicht vollumfänglich beschreibt, als dass die lokalen Gegebenheiten hierbei keine Berücksichtigung finden. Mit dem ANP wurde daraufhin eine Methode angewendet, die alle Einflussfaktoren auf die Transportplanung, sowohl Kriterien als auch standort-/sendungsspezifische Prioritäten, angemessen berücksichtigt. Dadurch wurde eine Möglichkeit gefunden, Transportplanungsqualität unter Anwendung dieser beiden aufeinander aufbauenden Analyseverfahren vollumfänglich bewertbar zu machen und verschiedene Sendungsstrukturen auch zueinander in ein Verhältnis zu setzen.

Die fallbezogene Messbarmachung von Transportplanungsqualität bildet das Fundament für alle Optimierungsansätze in der Disposition. Speziell für den Einsatz von Softwares und KI in der automatischen Planung gilt es, diese Programme anzulernen und ihnen Rahmenbedingungen sowie methodische Verfahren für deren Planungsaktivität an die Hand zu geben. In dem Zusammenhang wurde deshalb das Machine Learning als besonders entscheidendes Werkzeug für die Ausarbeitung eines KI-gestützten Konzepts herausgestellt. ML ist das Mittel der KI, mit dem die nun identifizierbare Transportplanungsqualität stetig verbessert und somit die Effizienz der Logistik gesteigert werden kann.

Dabei sind mehrere Faktoren als besonders bedeutsam für den Erfolg hervorzuheben. Von Bedeutung ist zunächst der Informationsfluss entlang der Schnittstellen zwischen Planungstool und den Agierenden. Das Tool muss seine Planungsergebnisse transparent und in Echtzeit nach außen kommunizieren, damit operativ, aber auch taktisch auf Veränderungen und Sendungsentwicklungen reagiert werden kann. Vorgesehen ist dafür ein interaktives Dashboard zur Darstellung der geplanten Transportleistung, um Kommunikationswege nicht nur schneller, sondern auch verkürzt sowie die Informationen zweckbezogen aufbereiten zu können. Durch die so geschaffene abteilungsübergreifende Transparenz ist sichergestellt, dass alle Anforderungen erfüllt und offene Kapazitäten geschlossen werden können. Dies hat schlussendlich wieder einen positiven Effekt auf die prozess- und servicegetriebenen Transportkriterien und die daraus resultierende Bewertung.

Ein weiterer Aspekt ist das Zurückgeben von Touren-Daten an das Planungstool, anhand derer eine Weiterentwicklung der Leistungsfähigkeit durch das ML ermöglicht wird. Dem KI-getriebenen Tool wird somit eine Möglichkeit geschaffen, die geplanten Soll-Daten mit der tatsächlichen Abwicklung (Ist-Daten) abzugleichen. Im Rahmen des ausgearbeiteten Konzepts wird der Einsatz von digitalen Endgeräten in den Fahrzeugen vorgeschlagen, die die detaillierte Aufzeichnung des tatsächlichen Tourenprofils ermöglichen und über die ggf. weitere Aktionen digital ausgeführt und überstellt werden können (z. B. Ablieferbelege oder Lieferanweisungen). Es besteht damit das Potenzial, die Planungsgenauigkeit sowie die Parameter für die Beurteilung von Transportplanungsqualität zu schärfen und somit eine bessere Performance im Tagesgeschäft zu bewirken.

Das in dieser Untersuchung ausgearbeitete methodisch gestützte Transportkonzept verfolgt das finale Ziel, die gesamte unternehmerische Transportstruktur stetig zu überprüfen, neue Synergien auszumachen und dadurch die Leistungsfähigkeit

higkeit zu erhöhen. Durch die systematische und permanente Analyse der vielschichtigen Zielvorgaben und Einflussfaktoren gerät das Tool langfristig in die Phase des Deep Learning, indem es verknüpfte Prozessnetzwerke definiert. So werden KI-getriebene Transportplanungstools auf Dauer selbstständig in der Lage sein, strategische Managemententscheidungen über die jeweiligen Logistikprozesse zu treffen und entsprechend umzusetzen. Das Konzept stellt somit eine Vorbereitung darauf dar, dass Unternehmensstrategien und Optimierungsmaßnahmen künftig vollkommen eigenverantwortlich durch die KI ermittelt und implementiert werden können. Das gilt vor allem dann, wenn die Komplexität der Planungsparameter die menschliche Auffassungsgabe überschreitet. Die beiden wichtigsten Säulen hierfür stellen Messbarkeit und Informationstransparenz dar, zu deren Erreichung und Integration diese Untersuchung das individuell auf einzelne Branchenunternehmen übertragbare entsprechende Konzept vorlegt.

Anhang

Anhang 1: Vorlage zur Bewertung von Transportplankriterien (AHP), Quelle: in Anlehnung an Goepel, 2018, o. S.

Anleitung zur Bearbeitung:
Schritt 1: Bitte nehmen Sie sich als Vorbereitung ein Notizblatt zur Hand und ordnen Sie die folgenden 8 Transportplankriterien entsprechend Ihrer Relevanz in Ihrem konkreten Tagesgeschäft in eine Reihenfolge :
1. Max. Auslastung: Bezeichnet die maximale Beanspruchung der Nutzlast (Tonnage) sowie der Kapazität des Laderaums (Volumen)
2. Max. Anzahl Stopps: Bezeichnet die Bewältigung einer möglichst hohen Anzahl von Kundenstopps
3. Max. Ausnutzung Fahrzeit: Bezeichnet die Inanspruchnahme eines möglichst großen Umfangs der verfügbaren Fahrzeit
4. Min. Distanz pro Tour: Bezeichnet die Wahl der minimalen Fahrtstrecke auf den Touren und zwischen den Stopps
5. Erfüllung Terminierung: Bezeichnet die Einhaltung der Liefertermine und Anlieferzeiten beim Kunden
6. Erfüllung Anforderungen/Restriktionen: Bezeichnet die Einhaltung von Sendungsspezifika (z. B. Kranfrzg., kurzer LKW, vereinbarte Entladestelle)
7. Minimierung Retouren-/Mängelquote: Bezeichnet die Minimierung von Sendungsrückholungen und nicht zugestellter Sendungen (Doppelvertourung)
8. Minimierung Transportkosten: Bezeichnet die Minimierung der anfallenden Transportkosten (ggf. auch im Verhältnis zum Rohertrag)
Schritt 2: Bitte vergleichen Sie nun die Transportplankriterien in der direkten Gegenüberstellung in nebenstehender Tabelle miteinander und befüllen Sie die grünen Felder wie folgt:
<ul style="list-style-type: none"> • Spalte "A oder B": Welches der jeweils gegenübergestellten Kriterien ist im direkten Vergleich zueinander für Sie wichtiger? Legen sie sich als Gedächtnisstütze ihr Notizblatt daneben. • Spalte "1 - 9": Wie stark ist das entsprechende Kriterium wichtiger als das andere (Abstufung von 1-9 möglich)? <ul style="list-style-type: none"> 1 - Gleich wichtig (dann ist es irrelevant ob Sie A oder B ausgewählt haben) 3 - Kriterium ist geringfügig wichtiger als das andere 5 - Kriterium wichtiger als das andere 7 - Kriterium ist deutlich wichtiger als das andere 9 - Kriterium ist extrem wichtiger als das andere (Mit den Werten 2, 4, 6, 8 können sie ihre Wahl verfeinern)
Schritt 3: Bitte prüfen Sie den Konsistenzwert in Spalte P & Q:
Der Konsistenzwert (P17) sollte in Summe nicht über 10% liegen. Er gibt an, ob die Bewertungen in sich logisch und stringent sind und dienen Ihnen somit auch als Gegenkontrolle für Ihre Bewertungseinordnung.
Sofern nach Befüllung aller Felder der CR-Wert über 10% liegt, erscheinen in der Spalte Q Vorschläge zur Anpassung der getätigten Bewertungen.
Wenn sie diese übernehmen, sinkt der CR-Wert auf unter 10% und die inhaltlichen Zusammenhänge ihrer Bewertungen gewinnen an Aussagekraft.
Schritt 4: Bitte sichern Sie die Datei und laden sie diese anschließend beim Öffnen des Umfragelinks unter Frage 3 hoch.

Bewertungsbogen:						
					α : 0,1	CR: 0%
					Konsistenzwert	
		Kriterien		Bewertung:	Einordn	
i	j	A	B	A oder B	1-9	
1	2	Max. Auslastung	Max. Anzahl Stopps			
1	3		Max. Ausnutzung Fahrzeit			
1	4		Min. Distanz pro Tour			
1	5		Erfüllung Terminierung			
1	6		Erfüllung Anforderungen/Restriktionen			
1	7		Minimierung Retouren-/Mängelquote			
1	8		Minimierung Transportkosten			
2	3		Max. Anzahl Stopps	Max. Ausnutzung Fahrzeit		
2	4	Min. Distanz pro Tour				
2	5	Erfüllung Terminierung				
2	6	Erfüllung Anforderungen/Restriktionen				
2	7	Minimierung Retouren-/Mängelquote				
2	8	Minimierung Transportkosten				
3	4	Max. Ausnutzung Fahrzeit	Min. Distanz pro Tour			
3	5		Erfüllung Terminierung			
3	6		Erfüllung Anforderungen/Restriktionen			
3	7		Minimierung Retouren-/Mängelquote			
3	8		Minimierung Transportkosten			
4	5	Min. Distanz pro Tour	Erfüllung Terminierung			
4	6		Erfüllung Anforderungen/Restriktionen			
4	7		Minimierung Retouren-/Mängelquote			
4	8		Minimierung Transportkosten			
5	6	Erfüllung Terminierung	Erfüllung Anforderungen/Restriktionen			
5	7		Minimierung Retouren-/Mängelquote			
5	8		Minimierung Transportkosten			
6	7	Erfüllung Anforderungen/Restriktionen	Minimierung Retouren-/Mängelquote			
6	8		Minimierung Transportkosten			
7	8	Minimierung Retouren-/Mängelquote	Minimierung Transportkosten			

Anhang 2: Aufbereitung der Ergebnisse aus der Umfrage im untersuchten Unternehmen, Übersicht über die Länder

Transportplankriterien:	Landesgesellschaften				
	Organisation A	Organisation B	Organisation C	Organisation D	Gesamtergebnis
Max. Auslastung:	16,69%	11,87%	7,51%	7,18%	12,81%
Max. Anzahl Stopp:	12,64%	26,55%	8,34%	5,24%	11,70%
Max. Ausnutzung Fahrzeit:	10,58%	11,63%	15,46%	9,49%	11,46%
Min. Distanz pro Tour:	6,09%	2,47%	5,86%	5,74%	5,67%
Erfüllung Terminierung:	19,80%	17,95%	14,51%	25,28%	19,52%
Erfüllung Anforderungen/Restriktionen:	9,74%	7,36%	17,48%	11,64%	11,41%
Minimierung Retouren-/ Mängelquote:	9,31%	3,16%	12,26%	15,77%	10,48%
Minimierung Transportkosten:	15,14%	19,01%	18,59%	19,65%	16,94%

Anhang 3: Aufbereitung der Ergebnisse aus der Umfrage im untersuchten Unternehmen, Übersicht über die Bereiche

Transportplankriterien:	Unternehmensbereiche				
	Betrieb	Betriebsleitung	Disposition	Zentralbereich	Gesamtergebnis
Max. Auslastung:	10,01%	11,49%	13,46%	14,82%	12,81%
Max. Anzahl Stopp:	3,86%	12,80%	11,23%	17,37%	11,70%
Max. Ausnutzung Fahrzeit:	18,10%	11,43%	10,33%	11,94%	11,46%
Min. Distanz pro Tour:	6,63%	4,92%	5,55%	7,24%	5,67%
Erfüllung Terminierung:	3,91%	23,99%	20,51%	16,50%	19,52%
Erfüllung Anforderungen/Restriktionen:	21,41%	12,45%	9,83%	9,07%	11,41%
Minimierung Retouren-/ Mängelquote:	16,05%	9,94%	10,82%	5,89%	10,48%
Minimierung Transportkosten:	20,03%	12,97%	18,28%	17,18%	16,94%

Anhang 4: Standortbezogene Richtwerte hinsichtlich der betrachteten Transportplankriterien, Quelle: Beispielunternehmen, 2020, o. S.

Übersicht Kennzahlen Transport 2020 - Richtwerte 2021					
Standort	Auslastung LKW	Anzahl Stopps/LKW	Distanz pro Stopp*	Retourenquote²	Transportkosten/To.³
2033	26,56%	1,0	655,6	0,42%	€ 52,66
2037	72,21%	5,2	68,9	0,42%	€ 47,87
2041	57,75%	5,3	65,2	0,42%	€ 47,51
2043 (2004)	69,64%	5,4	51,6	0,42%	€ 53,61
2048	82,05%	6,5	56,2	0,42%	€ 26,09
2061	67,28%	4,7	74,4	0,42%	€ 43,28
2071	73,82%	6,5	39,1	0,42%	€ 42,87
2072	76,94%	7,0	49,4	0,42%	€ 41,17
2073	87,34%	7,9	36,9	0,42%	€ 41,85
2079	90,29%	9,2	20,1	0,42%	€ 36,47
Gesamtergebnis	74,29%	6,3	49,9	0,42%	€ 43,90

*: Erhoben erst ab Mai 2020

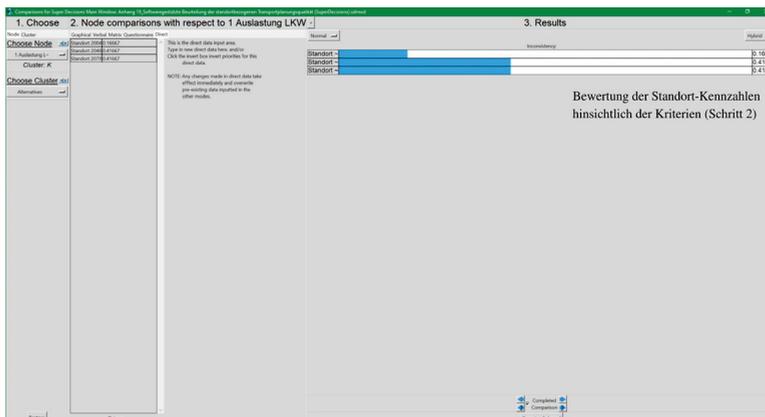
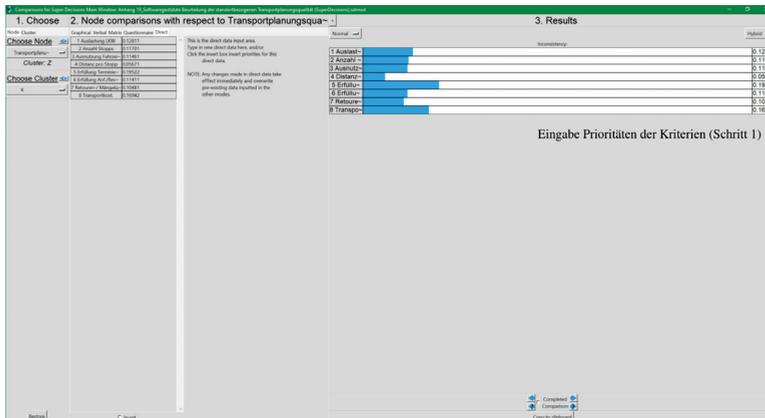
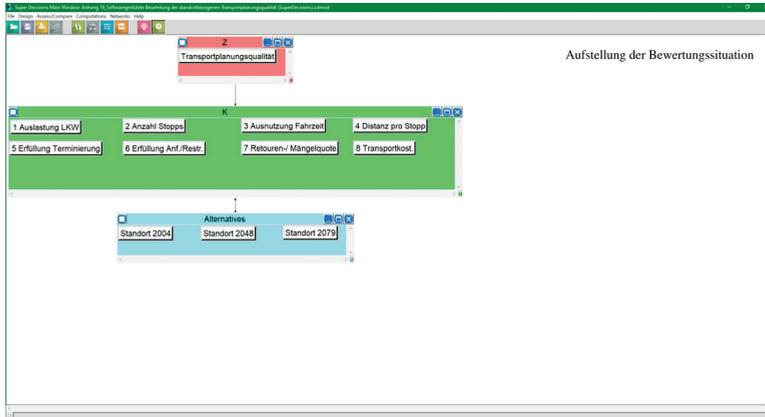
²: Standortübergreifend ermittelt durch Betriebslogistik

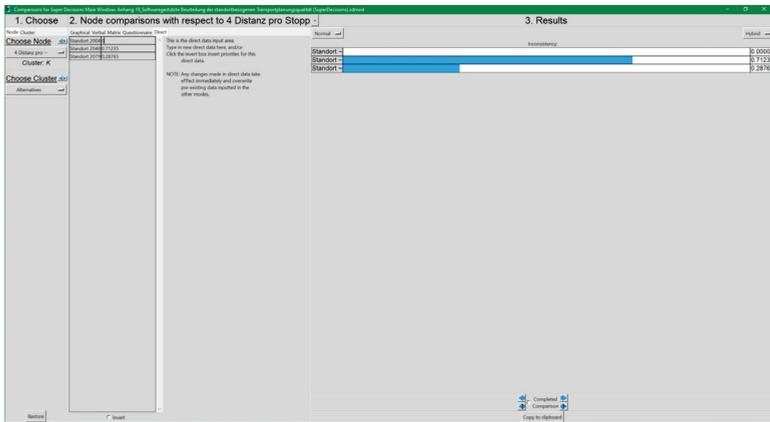
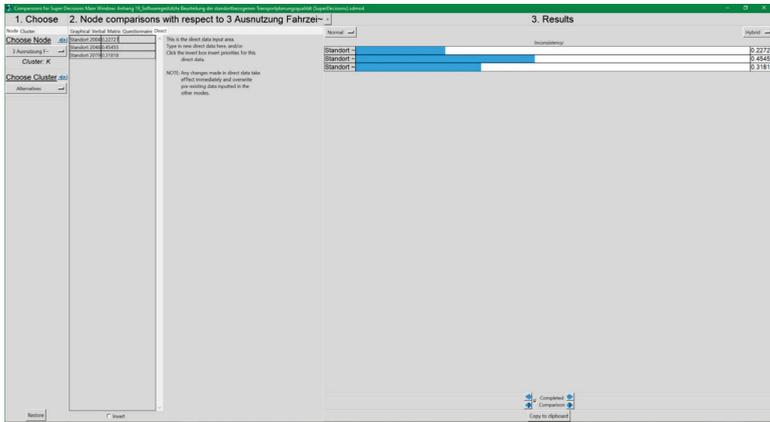
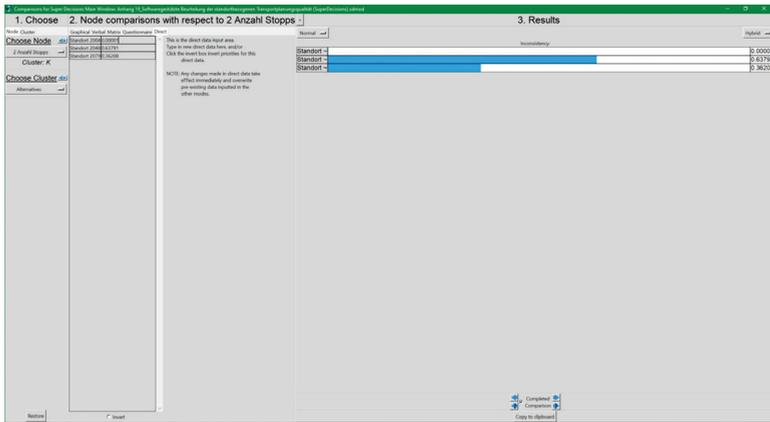
³: Ermittelt durch Controlling

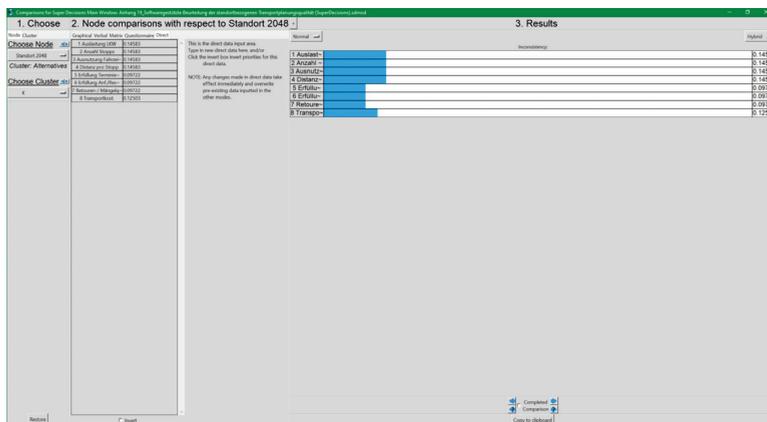
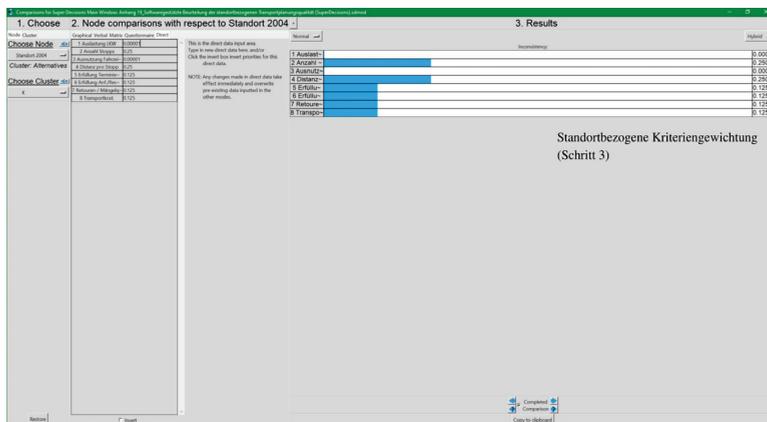
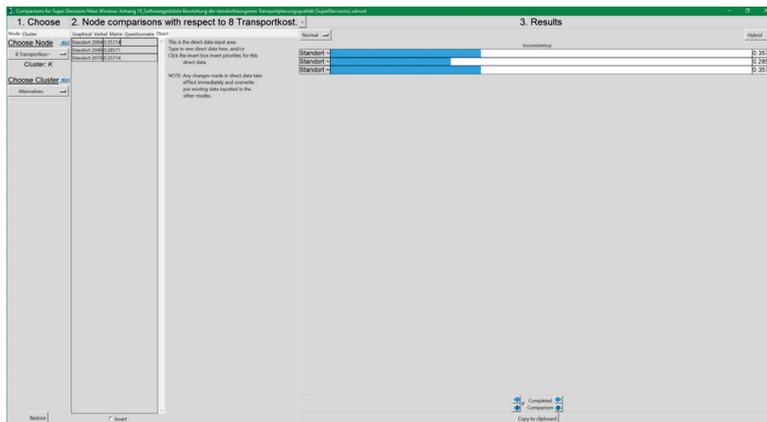
Anhang 5: Transportnetzwerk und Abrechnung des untersuchten Unternehmens im Juli 2021, Quelle: Beispielunternehmen, 2021b, o. S.

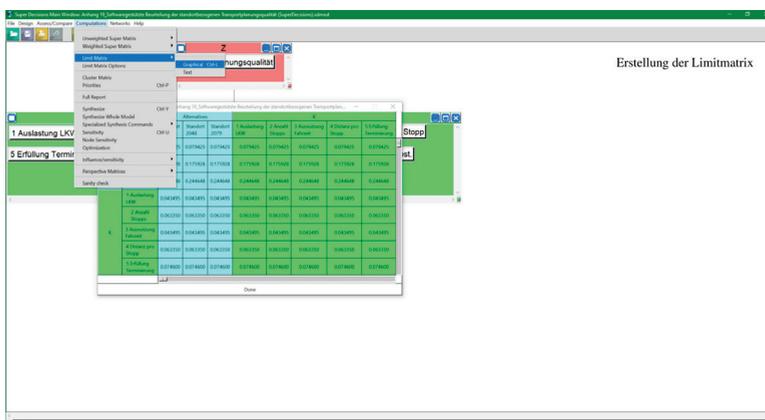
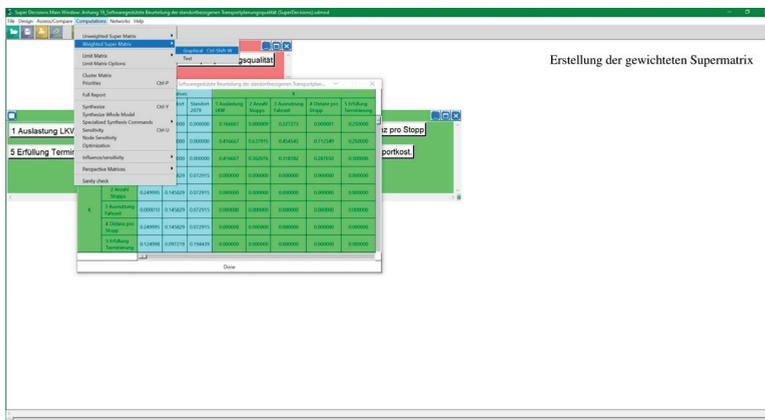
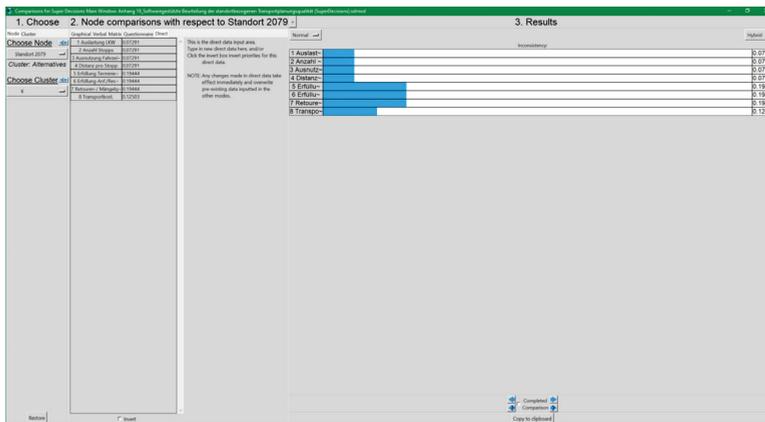
Transportnetzwerk und Abrechnung							Stand: Juli 2021
2004							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif	Tarifbeschreibung	Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 290 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			A	TOKM-Matrix		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			A	TOKM-Matrix		
HUB 2005							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif	Tarifbeschreibung	Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC10	Abholung Zulaufe Lieferant			D	Pauschale		
2021							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif	Tarifbeschreibung	Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2041							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif	Tarifbeschreibung	Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 290 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			A	TOKM-Matrix		
2048							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif	Tarifbeschreibung	Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			A	TOKM-Matrix		
2032							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2033							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			A	lo-Satz Haus-Haus		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2037							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 352 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			A	lo-Satz Haus-Haus		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			A	lo-Satz Haus-Haus		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2079							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 352 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 535 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2096							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2061							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 290 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			A	TOKM-Matrix		
2071							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 275 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 280 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 290 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 535 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr						
YC01/YC10	Eigene Ausrollung/Fuhrpark						
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2072							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 280 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung/Fuhrpark						
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		
2073							
Transporte/Bezeichnung	Speditur	Frequenz	Beschreibung	Tarif		Bemerkung:	abgerechnet durch:
YC02/YC12	Sternverkehr			B	lo-Satz Haus-Haus		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 275 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC02/YC12	Sternverkehr			C	Pauschale 220 EUR		
YC01/YC10	Eigene Ausrollung/Fuhrpark						
YC01/YC10	Eigene Ausrollung			C	Pauschale		
YC01/YC10	Direktausrollung "ZD"			C	Pauschale		

Anhang 6: Softwaregestützte Beurteilung der standortbezogenen Transportplanungsqualität (SuperDecisions), Quelle: in Anlehnung an Adams, Rokou, 2019, o. S.









**Anhang 7: Analyse der Telematikdaten (Fahrzeug XXX, Januar 2021),
Quelle: Beispielunternehmen, 2021d, o. S.**

Analyse der Telematikdaten (Fahrzeug XXX, Januar 2021)							
Datum	Telematikdaten IST		Telematikdaten bereinigt		Differenz		
	Fahrstrecke km	Fahrzeit	Fahrstrecke km	Fahrzeit	Fahrstrecke km	Fahrzeit	Fahrzeit in %
05.01.2021	518	08:54:48	518	08:26:50	0	00:27:58	5,52%
08.01.2021	297	07:28:46	294	05:28:56	3	01:59:50	36,43%
11.01.2021	328	09:06:45	325	06:03:45	3	03:03:00	50,31%
12.01.2021	248	08:04:00	245	04:51:39	3	03:12:21	65,95%
13.01.2021	327	09:34:33	323	06:25:52	4	03:08:41	48,90%
14.01.2021	251	03:50:38	246	03:29:45	5	00:20:53	9,96%
15.01.2021	303	09:05:42	301	07:11:19	2	01:54:23	26,52%
18.01.2021	389	08:28:14	388	07:37:09	1	00:51:05	11,17%
19.01.2021	149	05:05:26	147	04:48:10	2	00:17:16	5,99%
20.01.2021	536	09:25:55	536	09:06:55	0	00:19:00	3,47%
21.01.2021	525	08:41:19	525	08:15:29	0	00:25:50	5,21%
25.01.2021	297	09:11:06	295	05:59:20	2	03:11:46	53,37%
26.01.2021	456	08:11:23	456	08:01:45	0	00:09:38	2,00%
27.01.2021	319	10:33:13	315	05:47:46	4	04:45:27	82,08%
28.01.2021	453	10:02:44	450	07:55:38	3	02:07:06	26,72%
29.01.2021	414	09:06:51	410	08:28:47	4	00:38:04	7,48%

Literaturverzeichnis

- Arndt, Holger (2013): Supply Chain Management – Optimierung logistischer Prozesse, 6. Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2013.
- Arndt, Holger (2015): Logistikmanagement, Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.) (2008): Handbuch Logistik, 3. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- Backhaus, Klaus, Erichson, Bernd, Plinke, Wulff, Weiber, Rolf (2018): Multivariate Analysemethoden – Eine anwendungsorientierte Einführung, 15. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2018.
- Baumgarten, Helmut (2003): Verankerung der Logistik in der strategischen Unternehmensführung, in: Merkel, Helmut, Bjelicic, Borislav (Hrsg.), Logistik und Verkehrswirtschaft im Wandel – Unternehmensübergreifende Versorgungsnetze verändern die Wirtschaft – Festschrift für Gösta B. Ihde, 2003, S. 21-36.
- Baumgarten, Helmut, Darkow, Inga-Lena, Zadek, Hartmut (Hrsg.) (2004): Supply Chain Steuerung und Services – Logistik-Dienstleister managen globale Netzwerke – Best Practices, Berlin, Heidelberg: Springer, 2004.
- Bektaş, Tolga (2017): Freight Transport and Distribution – Concepts and Optimization Models, Boca Raton: CRC Press, 2017.
- Berger, Roland (2016): Logistikbranche in der Zwickmühle – zwischen Digitalisierungsdruck und Verlust der Datenhoheit, in: Industrie 4.0 (i40-magazin), o. Jg. (2016), Nr. 8, S. 15.
- Bhushan, Navneet, Rai, Kanwal (2004): Strategic Decision Making – Applying the Analytic Hierarchy Process, London: Springer, 2004.
- BITKOM (2014): Big-Data-Technologien – Wissen für Entscheider – Leitfaden, 2014, S. 26.
- Blockus, Marc-Oliver, Bruhn, Manfred (Hrsg.) (2010): Komplexität in Dienstleistungsunternehmen – Komplexitätsformen, Kosten- und Nutzenwirkungen, empirische Befunde und Managementimplikationen, Wiesbaden: Gabler, 2010.

- Bollinger, Klaus, Grohmann, Manfred, Feldmann, Markus, Giebeler, Georg, Pfanner, Daniel, Zeumer, Martin (Hrsg.) (2011): Atlas moderner Stahlbau – Material, Tragwerksentwurf, Nachhaltigkeit, München: DETAIL, 2011.
- Briskorn, Dirk (2020): Operations Research – Eine (möglichst) natürlichsprachige und detaillierte Einführung in Modelle und Verfahren, Berlin: Springer Gabler, 2020.
- Brunelli, Matteo (2015): Introduction to the Analytic Hierarchy Process, Cham (CH), Heidelberg, New York u. a.: Springer, 2015.
- Buchholz, Jonas, Clausen, Uwe, Vastag, Alex (Hrsg.) (1998): Handbuch der Verkehrslogistik, Berlin, Heidelberg: Springer, 1998.
- Buxmann, Peter, Schmidt, Holger (Hrsg.) (2021): Künstliche Intelligenz – Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg, Berlin: Springer Gabler, 2021.
- Cardeneo, Andreas (2008): Kurier-, Express- und Paketdienste, in: Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.), Handbuch Logistik, 2008, S. 782-788.
- Cawsey, Alison (2003): Künstliche Intelligenz im Klartext, München: Pearson Studium, 2003.
- Clausen, Uwe (2013): Einführung und Begriffe, in: Clausen, Uwe, Geiger, Christiane (Hrsg.), Verkehrs- und Transportlogistik, 2013, S. 3-6.
- Clausen, Uwe, Geiger, Christiane (Hrsg.) (2013): Verkehrs- und Transportlogistik, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2013.
- Corsten, Hans, Gössinger, Ralf, Spengler, Thomas S. (Hrsg.) (2018): Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken, Berlin: Walter de Gruyter Oldenbourg, 2018.
- Delfmann, Werner, Dangelmaier, Wilhelm, Günthner, Willibald A., Klaus, Peter, Overmeyer, Ludger, Rothengatter, Werner, Weber, Jürgen, Zentes, Joachim (2011): Positionspapier zum Grundverständnis der Logistik als wissenschaftliche Disziplin, in: Wimmer, Thomas, Grosche, Tino (Hrsg.), 28. Deutscher Logistik-Kongress – Flexibel – sicher – nachhaltig, 2011, S. 262-274.
- Diederichs, Marc (2012): Risikomanagement und Risikocontrolling, 3. Aufl., München: Vahlen, 2012.

- Döring, Nicola, Bortz, Jürgen (2016): *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*, 5. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2016.
- Domschke, Wolfgang, Drexl, Andreas (2011): *Einführung in Operations Research*, 8. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2011.
- Domschke, Wolfgang, Scholl, Armin (2010): *Logistik: Rundreisen und Touren*, 5. Aufl., München: Oldenbourg, 2010.
- DVZ-Redaktion (2020a): *Transparente Transporte – Baustoffhändler stellt Tourenplanung auf integriertes Leitstand- und Telematiksystem um*, in: *Deutsche Verkehrs-Zeitung*, 74 (2020), Nr. 18, S. 6.
- DVZ-Redaktion (2020b): *Potenziale durch Integration – Eine enge Verzahnung von Transportmanagementsystem und Warehousemanagement kann die Basis für zahlreiche Prozessverbesserungen bilden*, in: *Deutsche Verkehrs-Zeitung*, 74 (2020), Nr. 38, Themenheft: *Transport Management Systeme*, S. 3.
- Engelbrecht, Adrian, Pumplun, Luisa, Bauer, Cordula, Vida, Karina (2021): *Potenziale und Anwendungsfälle der KI im Enterprise Service Management*, in: *Buxmann, Peter, Schmidt, Holger (Hrsg.), Künstliche Intelligenz – Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg*, 2021, S. 150 f.
- Europäisches Parlament und der Rat der Europäischen Union (2006): *Verordnung (EG) Nr. 561/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. März 2006 zur Harmonisierung bestimmter Sozialvorschriften im Straßengüterverkehr und zur Änderung der Verordnungen (EWG) Nr. 3821/85 und (EG) Nr. 2135/98 des Rates sowie zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 3820/85 des Rates*, 2006, S. 6 (Kapitel II, Artikel 6).
- ERTRAC (2020): *European Partnership under Horizon Europe – Connected, Cooperative and Automated Mobility (CCAM)*, Arbeitsdokument, 2020, S. 3–5.
- Eßig, Michael, Hofmann, Erik, Stölzle, Wolfgang (2013): *Supply Chain Management*, München: Vahlen, 2013.
- Evas, Tatjana, Heflich, Aleksandra (2021): *Artificial intelligence in road transport – Cost of non-Europe report*, Brüssel: European Added Value Unit, 2021.
- Fink, Kerstin, Ploder, Christian (Hrsg.) (2006): *Wirtschaftsinformatik als Schlüssel zum Unternehmenserfolg*, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2006.

- Fleischmann, Bernhard (2008a): Systeme der Transportlogistik, in: Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.), Handbuch Logistik, 2008, S. 12–18.
- Fleischmann, Bernhard (2008b): Begriffliche Grundlagen, in: Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.), Handbuch Logistik, 2008, S. 3–12.
- Flügge, Barbara (2016): Bausteine Intelligenter Mobilität, in: Flügge, Barbara (Hrsg.), Smart Mobility – Trends, Konzepte, Best Practices für die intelligente Mobilität, 2016, S. 155–168.
- Flügge, Barbara (Hrsg.) (2016): Smart Mobility – Trends, Konzepte, Best Practices für die intelligente Mobilität, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.
- Francis, Peter M., Smilowitz, Karen R., Tzur, Michal (2008): The Period Vehicle Routing Problem and its Extensions, in: Golden, Bruce, Raghavan, S., Wasil, Edward (Hrsg.), The Vehicle Routing Problem – Latest Advances and New Challenges, 2008, S. 73–102.
- Friedrichs, Jürgen (1990): Methoden empirischer Sozialforschung, 14. Aufl., Opladen: Westdeutscher Verlag, 1990.
- Furmans, Kai, Kilger, Christoph (Hrsg.) (2018): Infrastruktur und Controlling der Logistik, Berlin: Springer Vieweg, 2018.
- Gandibleux, Xavier, Sevaux, Marc, Sörensen, Kenneth, T'kindt, Vincent (Hrsg.) (2004): Metaheuristics for Multiobjective Optimisation, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2004.
- Gietz, Martin (2008): Transport- und Tourenplanung, in: Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.), Handbuch Logistik, 2008, S. 137–153.
- Girden, Ellen R., Kabacoff, R. (2011): Evaluating Research Articles – From Start to Finish, 3. Aufl., Los Angeles, London, Neu-Delhi: Sage, 2011.
- Gleißner, Harald, Femerling, J. Christian (2012): Logistik – Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2012.
- Gleißner, Harald, Femerling, J. Christian (2016): Kompakt Edition: Transport – Elemente – Management – Märkte, Wiesbaden: Springer Gabler, 2016.
- Golden, Bruce, Raghavan, S., Wasil, Edward (Hrsg.) (2008): The Vehicle Routing Problem – Latest Advances and New Challenges, New York: Springer, 2008.

- Goodfellow, Ian, Bengio, Yoshua, Courville, Aaron (2016): Deep Learning, Cambridge (Massachusetts): The MIT Press, 2016.
- Graf, Hans-Werner (1998): Tourenplanungssysteme, in: Buchholz, Jonas, Clausen, Uwe, Vastag, Alex (Hrsg.), Handbuch der Verkehrslogistik, 1998, S. 236–240.
- Grosse-Ruyken, Pan T., Jönke, Ruben, Wagner, Stephan M., Franklin, J. Rod (2011): Der Einfluss zukünftiger makroökonomischer Entwicklungen auf die Logistik, in: Industrie-Management, 27 (2011), Nr. 2, S. 27–33.
- Grünert, Tore (2003): Flexible Transportplanung für die Praxis – Vorteile der ressourcenorientierten Planung und deren Berücksichtigung in computerunterstützten Planungssystemen, in: Hossner, Rüdiger (Hrsg.), Logistik Jahrbuch, 2003, S. 112–116.
- Grünert, Tore, Irnich, Stefan (2005): Optimierung im Transport – Band 1: Grundlagen, Aachen: Shaker, 2005.
- Gruhn, Volker, Schöpe, Lothar (2003): Ein Kommunikationssystem zur Unterstützung der mobilen Kommunikation in der Speditionslogistik, in: Uhr, Wolfgang, Esswein, Werner, Schoop, Eric (Hrsg.), Wirtschaftsinformatik 2003/Band I – Medien – Märkte – Mobilität, 2003, S. 119–140.
- Gudehus, Timm (2010): Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen, 4. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- Hahn, Dietger, Hungenberg, Harald (2001): PuK – Planung und Kontrolle – Planungs- und Kontrollsysteme – Planungs- und Kontrollrechnung – Wertorientierte Controllingkonzepte, 6. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2001.
- Hartenstein, Martin, Billing, Fabian, Schawel, Christian, Grein, Michael (2008): Karriere machen – Der Weg in die Unternehmensberatung 2008 | 2009 – Consulting Case Studies erfolgreich bearbeiten, 7. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2008.
- Heistermann, Frauke (2004): Management globaler Logistikketten über neutrale Plattformen, in: Baumgarten, Helmut, Darkow, Inga-Lena, Zadek, Hartmut (Hrsg.), Supply Chain Steuerung und Services – Logistik-Dienstleistungsmagnete globale Netzwerke – Best Practices, 2004, S. 217–225.

- von der Heydt, Andreas (1999): Efficient Consumer Response – So einfach und doch so schwer, in: von der Heydt, Andreas (Hrsg.), Handbuch Efficient Consumer Response – Konzepte, Erfahrungen, Herausforderungen, 1999, S. 3–23.
- von der Heydt, Andreas (Hrsg.) (1999): Handbuch Efficient Consumer Response – Konzepte, Erfahrungen, Herausforderungen, München: Vahlen, 1999.
- Hossner, Rüdiger (Hrsg.) (2003): Logistik Jahrbuch, Düsseldorf: Handelsblatt Fachverlag, 2003.
- Ihde, Göste B. (2001): Transport, Verkehr, Logistik – Gesamtwirtschaftliche Aspekte und einzelwirtschaftliche Handhabung, 3. Aufl., München: Vahlen, 2001.
- Irnich, Stefan, Toth, Paolo, Vigo, Daniele (2014): The Family of Vehicle Routing Problems, in: Toth, Paolo, Vigo, Daniele (Hrsg.), Vehicle Routing – Problems, Methods, and Applications, 2014, S. 1–34.
- Joshi, Ameet V. (2020): Machine Learning and Artificial Intelligence, Cham (CH): Springer, 2020.
- Kaplan, Jerry (2017): Künstliche Intelligenz – Eine Einführung, Frechen: mitp-Verlag, 2017.
- Klößner Stahl- und Metallhandel GmbH (2008): Konstruktionshandbuch, 4. Aufl., Essen: Vulkan-Verlag, 2008.
- Krause, Hans-Ulrich, Arora, Dayanand (2008): Controlling-Kennzahlen – Zweisprachiges Handbuch Deutsch/Englisch = Key Performance Indicators – Bilingual Compendium German/English, München: Oldenbourg, 2008.
- Krohn, Jon, Beyleveld, Grant, Bassens, Aglaé (2020): Deep Learning illustriert – Eine anschauliche Einführung in Machine Vision, Natural Language Processing und Bilderzeugung für Programmierer und Datenanalysten, Heidelberg: dpunkt.verlag, 2020.
- Kruschwitz, Lutz (2009): Investitionsrechnung, 12. Aufl., München: Oldenbourg, 2009.
- Kühnapfel, Jörg B. (2014): essentials – Nutzwertanalysen in Marketing und Vertrieb, Wiesbaden: Springer Gabler, 2014.

- Kummer, Sebastian (2018): Transportsysteme und Infrastruktur, in: Corsten, Hans, Gössinger, Ralf, Spengler, Thomas S. (Hrsg.), Handbuch Produktions- und Logistikmanagement in Wertschöpfungsnetzwerken, 2018, S. 358–368.
- Lienert, Gustav A., Raatz, Ulrich (1998): Testaufbau und Testanalyse, 6. Aufl., Weinheim: Beltz Psychologie-Verlags-Union, 1998.
- Luger, George F. (2001): Künstliche Intelligenz – Strategien zur Lösung komplexer Probleme, 4. Aufl., München: Pearson Studium, 2001.
- Martin, Heinrich (2016): Transport- und Lagerlogistik – Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit, 10. Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016.
- Meier, Thomas (2013): Neue Ansätze zur Logistiko Optimierung. Unterstützung durch moderne Softwareprogramme zur Optimierung von Logistikkernprozessen am Beispiel von ALOA, in: Obladen, Hans-Peter, Meetz, Michael (Hrsg.), Betriebswirtschaftliche Strategien für die Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, 2013, S. 85–92.
- Meier, Andreas, Kaufmann, Michael (2016): SQL- & NoSQL-Datenbanken, 8. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2016.
- Merkel, Helmut, Bjelicic, Borislav (Hrsg.) (2003): Logistik und Verkehrswirtschaft im Wandel – Unternehmensübergreifende Versorgungsnetze verändern die Wirtschaft – Festschrift für Gösta B. Ihde, München: Vahlen, 2003.
- Meyer, Harald (2004): Theorie und Qualitätsbeurteilung psychometrischer Tests, Stuttgart: Kohlhammer, 2004.
- Mühling, Monja (2020): Niedrige Hürden, viel Entlastung – Die Digitalisierung der Transportprozesse ist ein dankbares Spielfeld für junge Unternehmen – vor allem wenn man die richtigen Zielgruppen anspricht. Die Erfolgsgeheimnisse des Berliner Start-ups Impargo sowie der Münchner Firma Smartlane, in: Verkehrsrundschau, 74 (2020), Nr. 45, S. 11–13.
- Müller-Stewens, Günter, Lechner, Christoph (2016): Strategisches Management – Wie strategische Initiativen zum Wandel führen, 5. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2016.
- Murphy, Kevin P. (2012): Machine Learning – A Probabilistic Perspective, Cambridge (Massachusetts): The MIT Press, 2012.
- Nagel, Michael, Mieke, Christian, Teuber, Stephan (2020): Methodenhandbuch der Betriebswirtschaft, 2. Aufl., München: UVK Verlag, 2020.

- Nöllke, Matthias (2015): Entscheidungen treffen – Schnell, sicher, richtig, 6. Aufl., Freiburg: Haufe-Lexware, 2015.
- Obladen, Hans-Peter, Meetz, Michael (Hrsg.) (2013): Betriebswirtschaftliche Strategien für die Abfallwirtschaft und Stadtreinigung, Kassel: University Press, 2013.
- Pankratius, Victor, Tichy, Walter F. (2011): Truck Scheduling on Multicore – Scheduling von Transportern auf Mehrkernrechnern, in: Information Technology, 53 (2011), Nr. 2, S. 60.
- ParCon Consulting GmbH (o. J.): Optimale Touren & Transporte – Transportplanung & Disposition, o. J., S. 2 f.
- Partsch, Helmuth (1998): Requirements-Engineering systematisch – Modellbildung für softwaregestützte Systeme, Berlin, Heidelberg: Springer, 1998.
- Peters, Malte L., Zelewski, Stephan (2008): Der Analytic Network Process (ANP) als Technik zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Kriterien, in: Das Wirtschaftsstudium, 37 (2008), Nr. 9, S. 475–482.
- Pflaum, Alexander, Schwemmer, Martin, Gundelfinger, Christine, Naumann, Victor (2017): Transportlogistik 4.0, Stuttgart: Fraunhofer, 2017.
- Poggensee, Kay (2015): Investitionsrechnung – Grundlagen – Aufgaben – Lösungen, 3. Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- Raithel, Jürgen (2008): Quantitative Forschung – Ein Praxiskurs, 2. Aufl., Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2008.
- Reichel, Alexander, Schnell, Gerald (2011): Stahl – Herstellung und Produkte, in: Bollinger, Klaus, Grohmann, Manfred, Feldmann, Markus, Giebeler, Georg, Pfanner, Daniel, Zeumer, Martin (Hrsg.), Atlas moderner Stahlbau – Material, Tragwerksentwurf, Nachhaltigkeit, 2011, S. 66–91.
- Riedl, René (2006): Analytischer Hierarchieprozess vs. Nutzwertanalyse: Eine vergleichende Gegenüberstellung zweier multiattributiver Auswahlverfahren am Beispiel Application Service Providing, in: Fink, Kerstin, Ploder, Christian (Hrsg.), Wirtschaftsinformatik als Schlüssel zum Unternehmenserfolg, 2006, S. 99–128.
- Rodrigue, Jean-Paul, Comtois, Claude, Slack, Brian (2013): The Geography of Transport Systems, 3. Aufl., Abingdon, New York: Routledge, 2013.

- Röhling, Wolfgang, Burg, Robert, Bernecker, Tobias, Boysen, Jens (2016): Status quo des Güterverkehrssystems in Deutschland – eine Metastudie unter besonderer Betrachtung der Vernetzung des Verkehrs, 2016, S. 32 f.
- Rudolph, Thomas (2013): Modernes Handelsmanagement – Eine Einführung in die Handelslehre, 3. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2013.
- Saaty, Thomas L. (1994): How to Make a Decision, in: Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (Hrsg.), Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the Analytic Hierarchy Process, 1994, S. 1–26.
- Saaty, Thomas L. (2000): Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, 2. Aufl., Pittsburgh: RWS Publications, 2000.
- Saaty, Thomas L. (2001a): How to Make a Decision, in: Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (Hrsg.), Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, 2001, S. 1–26.
- Saaty, Thomas L. (2001b): Decision Making with Dependence and Feedback – The Analytic Network Process, 2. Aufl., Pittsburgh: RWS Publications, 2001.
- Saaty, Thomas L. (2009): Theory and Applications of the Analytic Network Process – Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, 2. Aufl., Pittsburgh: RWS Publications, 2009.
- Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (Hrsg.) (1994): Decision Making in Economic, Political, Social and Technological Environments with the Analytic Hierarchy Process, Pittsburgh: RWS Publications, 1994.
- Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (Hrsg.) (2001): Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process, Boston, Dordrecht, London: Kluwer, 2001.
- Saaty, Thomas L., Vargas, Luis G. (2013): Decision Making with the Analytic Network Process – Economic, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks, 2. Aufl., New York: Springer, 2013.
- Schawel, Christian, Billing, Fabian (2014): Top 100 Management Tools – Das wichtigste Buch eines Managers Von ABC-Analyse bis Zielvereinbarung, 5. Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2014.
- Schön, Dietmar (2016): Planung und Reporting – Grundlagen, Business Intelligence, Mobile BI und Big-Data-Analytics, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer Gabler, 2016.

- Schöpker, Ulrich (2015): Fracht und Trailer in Echtzeit – volle Transparenz in der Supply Chain, in: Voß, Peter H. (Hrsg.), Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt – Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0, 2015, S. 55–62.
- Schulte, Christof (2017): Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain, 7. Aufl., München: Vahlen, 2017.
- Schumann, Siegfried (2019): Repräsentative Umfrage – Praxisorientierte Einführung in empirische Methoden und statistische Analyseverfahren, 7. Aufl., Berlin, Boston: Walter de Gruyter Oldenbourg, 2019.
- Schwaiger, Manfred, Meyer, Anton (Hrsg.) (2011): Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft – Handbuch für Wissenschaftler und Studierende, 2. Aufl., München: Vahlen, 2011.
- Schwaiger, Manfred, Zimmermann, Lorenz (2011): Quantitative Forschung: Ein Überblick, in: Schwaiger, Manfred, Meyer, Anton (Hrsg.), Theorien und Methoden der Betriebswirtschaft – Handbuch für Wissenschaftler und Studierende, 2011, S. 419–438.
- ten Hompel, Michael (2021): Blick in die Gegenwart der Zukunft, in: Silicon Economist, 1 (2021), Nr. 1, S. 6 f.
- ten Hompel, Michael, Schmidt, Thorsten (2010): Warehouse Management – Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen, 4. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- thyssenkrupp AG (2020): Prognose-, Chancen- und Risikobericht – Prognose 2020 / 2021, in: thyssenkrupp AG (Hrsg.), Geschäftsbericht 2019 / 2020, Essen, 2020, S. 96–101.
- thyssenkrupp AG (Hrsg.) (2020): Geschäftsbericht 2019 / 2020, Essen, 2020.
- Toth, Paolo, Vigo, Daniele (2014): Vehicle Routing – Problems, Methods, and Applications, 2. Aufl., Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics & Mathematical Optimization Society, 2014.
- Tuytens, Daniel, Teghem, Jacques, El-Sherbeny, Nasser (2004): A Particular Multiobjective Vehicle Routing Problem Solved by Simulated Annealing, in: Gandibleux, Xavier, Sevaux, Marc, Sörensen, Kenneth, T'kindt, Vincent (Hrsg.), Metaheuristics for Multiobjective Optimisation, 2004, S. 133–152.

- Uhr, Wolfgang, Esswein, Werner, Schoop, Eric (Hrsg.) (2003): Wirtschaftsinformatik 2003/Band I – Medien – Märkte – Mobilität, Berlin, Heidelberg: Springer, 2003.
- Vahs, Dietmar (2015): Organisation – Ein Lehr- und Managementbuch, 9. Aufl., Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2015.
- Vastag, Alex (1998): Distributionslogistik, in: Buchholz, Jonas, Clausen, Uwe, Vastag, Alex (Hrsg.), Handbuch der Verkehrslogistik, 1998, S. 11–16.
- Vastag, Alex (2008): Beschreibung und Abgrenzung der Distribution, in: Arnold, Dieter, Isermann, Heinz, Kuhn, Axel, Tempelmeier, Horst, Furmans, Kai (Hrsg.), Handbuch Logistik, 2008, S. 405–412.
- Vahrenkamp, Richard, Kotzab, Herbert, Siepermann, Christoph (2017): Logistikwissen kompakt, 8. Aufl., Berlin: Walter de Gruyter Oldenbourg, 2017.
- VR-Redaktion (2019): Mit KI gegen Verspätung – Die verlässliche Vorhersage der Ankunftszeit ist das Herzstück transparenter Lieferketten. Wie künstliche Intelligenz (KI) ETA-Prognosen verbessert und wo noch Herausforderungen bestehen, in: Verkehrsrundschau, 73 (2019), Nr. 44, S. 30 f.
- VR-Redaktion (2021): Leichter Aufschwung – Der Aufwärtstrend bei den Lkw-Frachtraten aus dem dritten Quartal 2020 hat sich fortgesetzt. Aber der VR-Index ist im vierten Quartal 2020 mit 0,65 Prozent nur moderat gestiegen, in: Verkehrsrundschau, 75 (2021), Nr. 2, S. 14–17.
- Voß, Peter H. (Hrsg.) (2015): Logistik – eine Industrie, die (sich) bewegt – Strategien und Lösungen entlang der Supply Chain 4.0, Wiesbaden: Springer Gabler, 2015.
- Walter, Marcus (2020): Viel digitalisieren mit wenig Schnittstellen – Die Spedition Bode digitalisiert ihre Prozesse mit Softwarelösungen der MHP Solution Group. Die Bandbreite reicht vom Transportmanagement über die Archivierung bis hin zu Telematik, Webdiensten, Verzollung und Versand., in: Deutsche Verkehrs-Zeitung, 74 (2020), Nr. 34, Themenheft: Software in der Logistik, S. 2.
- Weber, Jürgen (2018): Logistik als flussbezogene Koordination innerhalb gegebener unternehmensinterner Strukturen, in: Furmans, Kai, Kilger, Christoph (Hrsg.), Infrastruktur und Controlling der Logistik, 2018, S. 22.

- Wendt, Oliver, König, Wolfgang, Stockheim, Tim, Lanninger, Volker, Weiß, Kilian (2006): *Transportplanung der Zukunft – Prozess- und Kostenanalyse, Optimierungspotenziale und Outsourcing*, Norderstedt: Books on Demand, 2006.
- Werani, Thomas (2004): *Bewertung von Kundenbindungsstrategien in B-to-B-Märkten – Methodik und praktische Anwendung*, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2004.
- Willnauer, Elmar (2016): *Die richtigen Entscheidungen treffen! – 60 Methoden und Techniken für den Berufsalltag*, Weinheim: Beltz, 2016.
- Wimmer, Thomas, Grosche, Tino (Hrsg.) (2011): *28. Deutscher Logistik-Kongress - Flexibel – sicher – nachhaltig*, Hamburg: DVV Media Group GmbH, 2011.
- Wöhe, Günter, Döring, Ulrich (2013): *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*, 25. Aufl., München: Vahlen, 2013.
- Zäpfel, Günther (2001): *Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement*, 2. Aufl., München, Wien: Oldenbourg, 2001.
- Zelewski, Stephan, Peters, Malte L. (2006): *Multikriterielle Wirtschaftlichkeitsanalysen mithilfe des Analytic Hierarchy Process*, in: *Das Wirtschaftsstudium*, 35 (2006), Nr. 8–9, S. 1069–1075.
- Zimmermann, Werner, Stache, Ulrich (2001): *Operations Research – Quantitative Methoden zur Entscheidungsvorbereitung*, 10. Aufl., München, Wien: Oldenbourg, 2001.

Internetquellen:

- Adams, Bill, Rokou, Elena (2019): SuperDecisions, <http://www.superdecisions.com/downloads/index.php?section=win2_X> (Version Windows 2.10.0, 2019-01-14) [Zugriff 2021-08-14].
- Allianz pro Schiene e. V. (2020): Die Marktanteile der Verkehrsträger im Güterverkehr, <<https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/gueterverkehr/marktanteile/>> (November 2020) [Zugriff 2021-04-01].
- Anschütz, Stefan (2020): Transportmanagement – Die 3 Stufen der Automatisierung der Disposition, <<https://www.initions.com/transport-digital/die-3-stufen-der-automatisierung-der-disposition/>> (2020) [Zugriff 2021-05-12].
- Ertl, Andrea (2019): DSLV-Index meldet Kostenanstieg um 6,3 Prozent – Stückgutlogistik wegen Personal und Maut teurer, <<https://www.eurotransport.de/artikel/dslv-index-meldet-kostenanstieg-um-6-3-prozent-stueckgutlogistik-wegen-personal-und-maut-teurer-10885894.html>> (2019-09-10) [Zugriff 2021-01-15].
- Goepel, Klaus D. (2018): Business Performance Management Singapore - AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs), unter CC BY-NC 3.0 Singapore Lizenz (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/sg/>) auf <<https://bpmsg.com/>> (2018-09-15) [Zugriff 2021-06-23].
- io-DigitalSolutions GmbH (2021): Schneller am Ziel mit maßgeschneiderter Optimierung – Intelligente Transportplanung und Disposition mit SAP, <<https://de.io-digitalsolutions.com/sap-solutions-technology/sap-loesungserweiterungen/transportplanung-disposition>> (2021) [Zugriff 2021-06-17].
- Niklas, Cornelia (2016): Nutzwertanalyse, <<https://www.projektmagazin.de/methoden/nutzwertanalyse>> (2016-03-13) [Zugriff 2021-06-14].
- Stroff Metalltechnik (2018): Kontaktkorrosion bei Aluminium und Stahl – Aluminium und Stahl: Kontaktkorrosion, <<https://www.stroff.at/kontaktkorrosion/>> (2018) [Zugriff 2021-07-12].
- TIMOCOM GmbH (2019): TIMOCOM: Starkes Schlussquartal für die Transportbranche, <<https://www.pressebox.de/pressemitteilung/timocom-gmbh/TIMOCOM-Starkes-Schlussquartal-fuer-die-Transportbranche/boxid/938564>> (2019-01-17) [Zugriff 2021-01-15].

- Verband der Automobilindustrie e. V. (o. J.): Verkehr – Das Auto steht in Deutschland für über 80 Prozent des Personenverkehrs und ist damit Verkehrsmittel Nummer 1, <<https://www.vda.de/de/themen/wirtschaftspolitik-und-infrastruktur/verkehr/gueterverkehr.html>>, Kapitel: Straßengüterverkehr (o. J.) [Zugriff 2021-04-01].
- Wack, Melanie (2021): LogiMAT.digital: Neues Dashboard für Lagerprozesse – Unitechnik präsentiert das neue Tool zur Echtzeit-Visualisierung von Kennzahlen, <<https://logistik-heute.de/news/logimat-digital-neues-dashboard-fuer-lagerprozesse-33872.html>> (2021-06-04) [Zugriff 2021-09-01].
- Wirtschaftsvereinigung Stahl (2020): Aktuelle Konjunkturinformationen – Konjunkturelle Lage der Stahlindustrie in Deutschland im Oktober 2020, <<https://www.stahl-online.de/index.php/themen/wirtschaft/konjunktur/>> (2020-11-23) [Zugriff 2021-01-15].
- World Steel Association (2021): Welt-Rohstahlproduktionen nach Regionen, <<https://www.stahl-online.de/startseite/stahl-in-deutschland/zahlen-und-fakten/>> (2021) [Zugriff 2023-02-13].

Quellenverzeichnis (interne Unternehmensquellen)

Beispielunternehmen (2020): Standortbezogene Richtwerte hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien, 2020 (Auszug Transport-KPI in Microsoft Excel).

Beispielunternehmen (2021a): Standortbezogene Kennzahlen hinsichtlich der betrachteten Transportplanungskriterien, 2021 (Auszug Unternehmensinformationssystem „SAP“ in Microsoft Excel).

Beispielunternehmen (2021b): Transportnetzwerk und Abrechnung, 2021 (Handout zur internen Kommunikation).

Beispielunternehmen (2021c): Logistics Report: TRANSPORTS-Webreporting, 2021 (Auszug Transport-Dashboard).

Beispielunternehmen (2021d): Analyse der Telematikdaten (Fahrzeug XXX, Januar 2021), 2021 (Auszug Telematikdaten in Microsoft Excel).

Die Publikationsreihe

Schriftenreihe Logistikforschung / Research Paperseries Logistics

In der Schriftenreihe Logistikforschung des Institutes für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM werden fortlaufend aktuelle Fragestellungen rund um die Entwicklung der Logistikbranche aufgegriffen. Sowohl aus der Perspektive der Logistikdienstleister als auch der verladenden Wirtschaft aus Industrie und Handel werden innovative Konzepte und praxisbezogene Instrumente des Logistikmanagements vorgestellt.

The series research paper logistics by the Institute for Logistics and Service Management at FOM University of Applied Sciences addresses management topics within the logistics industry. The research perspectives include logistics service providers as well as industry and commerce concerned with logistics research questions. The research documents support an open discussion about logistics concepts and benchmarks.

- | | |
|---------|--|
| Band 1 | Klumpp, M., Bovie, F.: Personalmanagement in der Logistikwirtschaft |
| Band 2 | Jasper, A., Klumpp, M.: Handelslogistik und E-Commerce |
| Band 3 | Klumpp, M.: Logistikanforderungen globaler Wertschöpfungsketten |
| Band 4 | Matheus, D., Klumpp, M.: Radio Frequency Identification (RFID) in der Logistik |
| Band 5 | Bioly, S., Klumpp, M.: RFID und Dokumentenlogistik |
| Band 6 | Klumpp, M.: Logistiktrends und Logistikausbildung 2020 |
| Band 7 | Klumpp, M., Koppers, C.: Integrated Business Development |
| Band 8 | Gusik, V., Westphal, C.: GPS in Beschaffungs- und Handelslogistik |
| Band 9 | Koppers, L., Klumpp, M.: Kooperationskonzepte in der Logistik |
| Band 10 | Koppers, L.: Preisdifferenzierung im Supply Chain Management |

- Band 11 Klumpp, M.: Logistiktrends 2010
- Band 12 Keuschen, T., Klumpp, M.: Logistikstudienangebote und Logistiktrends
- Band 13 Bioly, S., Klumpp, M.: Modulare Qualifizierungskonzeption RFID in der Logistik
- Band 14 Klumpp, M.: Qualitätsmanagement der Hochschullehre Logistik
- Band 15 Klumpp, M., Krol, B.: Das Untersuchungskonzept Berufswertigkeit in der Logistikbranche
- Band 16 Keuschen, T., Klumpp, M.: Green Logistics Qualifikation in der Logistikpraxis
- Band 17 Kandel, C., Klumpp, M.: E-Learning in der Logistik
- Band 18 Abidi, H., Zinnert, S., Klumpp, M.: Humanitäre Logistik – Status quo und wissenschaftliche Systematisierung
- Band 19 Backhaus, O., Döther, H., Heupel, T.: Elektroauto – Milliardengrab oder Erfolgsstory?
- Band 20 Hesen, M.-A., Klumpp, M.: Zukunftstrends in der Chemielogistik
- Band 21 Große-Brockhoff, M., Klumpp, M., Krome, D.: Logistics capacity management – A theoretical review and applications to outbound logistics
- Band 22 Helmold, M., Klumpp, M.: Schlanke Prinzipien im Lieferantenmanagement
- Band 23 Gusik, V., Klumpp, M., Westphal, C.: International Comparison of Dangerous Goods Transport and Training Schemes
- Band 24 Bioly, S., Kuchshaus, V., Klumpp, M.: Elektromobilität und Ladesäulenstandortbestimmung – Eine exemplarische Analyse mit dem Beispiel der Stadt Duisburg
- Band 25 Sain, S., Keuschen, T., Klumpp, M.: Demographic Change and its Effect on Urban Transportation Systems: A View from India
- Band 26 Abidi, H., Klumpp, M.: Konzepte der Beschaffungslogistik in Katastrophenhilfe und humanitärer Logistik
- Band 27 Froelian, E., Sandhaus, G.: Conception of Implementing a Service Oriented Architecture (SOA) in a Legacy Environment

- Band 28 Albrecht, L., Klumpp, M., Keuschen, T.: DEA-Effizienzvergleich Deutscher Verkehrsflughäfen in den Bereichen Passage/Fracht
- Band 29 Meyer, A., Witte, C., Klumpp, M.: Arbeitgeberwahl und Mitarbeitermotivation in der Logistikbranche
- Band 30 Keuschen, T., Klumpp, M.: Einsatz von Wikis in der Logistikpraxis
- Band 31 Abidi, H., Klumpp, M.: Industrie-Qualifikationsrahmen in der Logistik
- Band 32 Kaiser, S., Abidi, H., Klumpp, M.: Gemeinnützige Kontraktlogistik in der humanitären Hilfe
- Band 33 Abidi, H., Klumpp, M., Bölsche, D.: Kompetenzen in der humanitären Logistik
- Band 34 Just, J., Klumpp, M., Bioly, S.: Mitarbeitermotivation bei Berufskraftfahrern – Eine empirische Erhebung auf der Basis der AHP-Methode
- Band 35 Keinhörster, M., Sandhaus, G.: Maschinelles Lernen zur Erkennung von SMS-Spam
- Band 36 Kutlu, C., Bioly, S., Klumpp, M.: Demographic change in the CEP sector
- Band 37 Witte, C., Klumpp, M.: Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen – eine AHP-Expertenbefragung
- Band 38 Keuschen, T., Klumpp, M.: Lebenslanges Lernen in der Logistikbranche – Einsatz von ergänzenden Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Band 39 Bioly, S., Klumpp, M.: Statusanalyse der Rahmenbedingungen für Fahrberufe in Logistik und Verkehr.
- Band 40 Abidi, H., Klumpp, M.: Demografischer Wandel und Industrie-Qualifikationsrahmen Logistik
- Band 41 Bayer, F., Bioly, S.: Supply Chain Risk Management in der Industrie – am Beispiel der Metall- und Elektroindustrie
- Band 42 Bioly, S., Sandhaus, G., Klumpp, M.: Wertorientierte Maßnahmen für eine Gestaltung des demografischen Wandels in Logistik und Verkehr

- Band 43 Steltemeier, B., Bioly, S.: Real-time Tracking and Tracing bei Überseetransporten – technische Realisierung und wirtschaftliche Auswirkungen der Implementierung
- Band 44 Keuschen, T., Marner, T., Bioly, S.: Nachhaltige Mobilitätskonzepte in der Pharmalogistik
- Band 45 Abidi, H., Marner, T., Schwarz, D.: Last Mile-Distribution im Großhandel
- Band 46 Witte, C., Marner, T., Klumpp, M.: Elektronutzfahrzeuge in der Entsorgungslogistik
- Band 47 Berg, A., Abidi, H.: Humanitäre Logistiknetzwerke
- Band 48 Richter, N., Keuschen, T.: Merkmale und Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Logistik unter den Aspekten Erwartungshaltung und Zahlungsbereitschaft der Konsumenten
- Band 49 Dorten, E., Marner, T.: Ausschreibung versus Direktvergabe von ÖPNV-Leistungen
- Band 50 Marner, T., Zelewski, S., Gries, S., Münchow-Küster, A., Klumpp, M.: Elektromobilität in der Logistikzukunft - Analysen zur Wirtschaftlichkeit und zu möglichen Einsatzfeldern
- Band 51 Klumpp, M., Neukirchen, T., Jäger, S.: Logistikqualifikation und Gamification – Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA
- Band 52 Neukirchen, T., Jäger, S., Paulus, J., Klumpp, M.: Sicherheit und Compliance in der Logistikqualifikation - Konzepte für Gamification-Anwendungen
- Band 53 Peretzke, J., Sandhaus, G.: Einsatzpotentiale von Cognitive Computing zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Supply Chain Management
- Band 54 Meier, C., Mönning, M., Koop, W., Kleffmann, M., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Logistikqualifikation und Gamification – Softwareentwicklung und Pilotierung der MARTINA-App
- Band 55 Metzloff, P., Jäger, S., Neukirchen, T.: Praxistests der MARTINA-App
- Band 56 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Jäger, S., Klumpp, M.: Evaluation von mobilen Trainingsanwendungen in der Logistik: Nutzerfeedback der MARTINA-App

- Band 57 Loske, D.: Hält Fairtrade was es verspricht? Eine wertschöpfungsorientierte Analyse der Fairtrade Kaffee Supply Chain
- Band 58 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Gels, A., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Das Beispiel Routen-Planung
- Band 59 Abidi, H., Klumpp, M., Lehr, T., Jäger, S.: Zukunftsthemen in der Logistikweiterbildung – Ergebnisse einer Expertenbefragung mit dem Analytic Hierarchy Process
- Band 60 Loske, D.: Entwicklung eines Konzepts zur Deckung des streckenbezogenen LKW- Parkbedarfs in Süddeutschland mittels GAMS
- Band 61 Gruchmann, T., Klumpp, M., Hanke, T., Nestler, K.: Innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik – der fachliche Ansatz des Forschungsprojektes ADINA
- Band 62 Koop, W., Kleffmann, M., Gels, A., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Generalisierbarkeit und Zertifizierung
- Band 63 Gruchmann, T., Nestler, K., Brauckmann, A., Schneider, J., Fischer, C., Hecht, A.: Hürden und Treiber für die Umsetzung innovativer Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung der Intralogistik
- Band 64 Hoene, A., Jawale, M., Neukirchen, T., Bednorz, N., Schulz, H., Hauser, S.: Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik
- Band 65 Zaborek, J.: Effizienzmessung als Bewertungskriterium für das Produktionskonzept In-Line mit Hilfe einer Data Envelopment Analysis
- Band 66 Schulz, H., Bednorz, N., Lückmann, P., Hauser, S.: Anwendung von passiven Exoskeletten in der Intralogistik – Ergebnisse und Tendenzen aus ersten Piloteinsätzen
- Band 67 Huber, I.: Wirtschaftliche Untersuchungen von Jurier-, Express-, und Paketdienstleistungen im suburbanen Raum
- Band 68 Terre, P.: Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen Distributionslogistik
- Band 69 März-Schellenberger, O.: Entwicklung von Algorithmen zur Lagerbestandsoptimierung und effizienten Bedarfsplanung



Forschungsstark und praxisnah:

Deutschlands Hochschule für Berufstätige

Raphaela Schmaltz studiert den
berufsbegleitenden Master-Studiengang
Taxation am FOM Hochschulzentrum Köln.

Die FOM ist Deutschlands Hochschule für Berufstätige. Sie bietet über 40 Bachelor- und Master-Studiengänge, die im Tages- oder Abendstudium berufsbegleitend absolviert werden können und Studierende auf aktuelle und künftige Anforderungen der Arbeitswelt vorbereiten.

In einem großen Forschungsbereich mit hochschuleigenen Instituten und KompetenzCentren forschen Lehrende – auch mit ihren Studierenden – in den unterschiedlichen Themenfeldern der Hochschule, wie zum Beispiel Wirtschaft & Management, Wirtschaftspsychologie, IT-Management oder Gesundheit & Soziales. Sie entwickeln im Rahmen nationaler und internationaler Projekte gemeinsam mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft Lösungen für Problemstellungen der betrieblichen Praxis.

Damit ist die FOM eine der forschungsstärksten privaten Hochschulen Deutschlands. Mit ihren insgesamt über 2.000 Lehrenden bietet die FOM mit mehr als 50.000 Studierenden ein berufsbegleitendes Präsenzstudium im Hörsaal an einem der 36 FOM Hochschulzentren und ein digitales Live-Studium mit Vorlesungen aus den hochmodernen FOM Studios.

Alle Institute und KompetenzCentren unter
[fom.de/forschung](https://www.fom.de/forschung)

Die Hochschule.
Für Berufstätige.



FOM

ISBN (Print) 978-3-89275-312-4

ISSN (Print) 1866-0304

ISBN (eBook) 978-3-89275-313-1

ISSN (eBook) 2569-5355



Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences

FOM Hochschule

ild

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Mit über 50.000 Studierenden ist die FOM eine der größten Hochschulen Europas und führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenzCentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom.de

Das Ziel des ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement ist der konstruktive Austausch zwischen anwendungsorientierter Forschung und Betriebspraxis. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts untersuchen nachhaltige und innovative Logistik- und Dienstleistungskonzepte unterschiedlicher Bereiche, initiieren fachbezogene Managementdiskurse und sorgen zudem für einen anwendungs- und wirtschaftsorientierten Transfer ihrer Forschungsergebnisse in die Unternehmen. So werden die wesentlichen Erkenntnisse der verschiedenen Projekte und Forschungen unter anderem in dieser Schriftenreihe Logistikforschung herausgegeben.

Darüber hinaus erfolgen weitergehende Veröffentlichungen bei nationalen und internationalen Fachkonferenzen sowie in Fachpublikationen.

Weitere Informationen finden Sie unter fom-ild.de



Der Wissenschaftsblog der FOM Hochschule bietet Einblicke in die vielfältigen Themen, zu denen an der FOM geforscht wird: fom-blog.de