

Terre, Paul

Research Report

Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen Distributionslogistik

ild Schriftenreihe der FOM, No. 68

Provided in Cooperation with:

ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement, FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Suggested Citation: Terre, Paul (2021) : Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen Distributionslogistik, ild Schriftenreihe der FOM, No. 68, ISBN 978-3-89275-179-3, MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/249701>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

*Band
68*

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

*Logistikdeterminierte Standortwahl
einer zentralen Distributionslogistik*

~
Paul Terre

ild Schriftenreihe

FOM
Hochschule

ild

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

Paul Terre

Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen Distributionslogistik

ild Schriftenreihe der FOM, Band 68

Essen 2021

ISBN (Print) 978-3-89275-178-6 ISSN (Print) 1866-0304

ISBN (eBook) 978-3-89275-179-3 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.

© 2021 by



**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.

Paul Terre

***Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen
Distributionslogistik***

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

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|------|
| Abkürzungsverzeichnis..... | IV |
| Abbildungsverzeichnis..... | VI |
| Tabellenverzeichnis..... | VIII |
| 1 Einführung in die Thematik..... | 1 |
| 1.1 Problemstellung..... | 2 |
| 1.2 Zielsetzung des Forschungsbeitrags..... | 3 |
| 1.3 Gang der Untersuchung..... | 4 |
| 2 Standorttheoretischer Bezugsrahmen..... | 8 |
| 2.1 Begriffliche Abgrenzungen und Definitionen..... | 9 |
| 2.2 Deterministische Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands..... | 12 |
| 2.3 Wesentliche Methoden zur Standortbestimmung..... | 17 |
| 2.3.1 Geografische Mittelpunktbestimmung..... | 19 |
| 2.3.2 Das Konzept der 1-Center-Methode..... | 22 |
| 2.3.3 Das Konzept der 1-Center-Methode..... | 26 |
| 2.3.4 Lineare Zentrallager- Bestimmung mittels der Software LINGO | 36 |
| 2.3.5 Zielsetzung der Nutzwertanalyse..... | 45 |
| 3 Erfolgskritische Standortfaktoren zentraler Distributionslogistik..... | 50 |
| 3.1 Operative Standortfaktoren..... | 52 |
| 3.1.1 Variable Kosten..... | 53 |
| 3.1.2 Fixe Kosten..... | 56 |
| 3.1.3 Logistische Infrastruktur..... | 57 |
| 3.2 Funktionale Standortfaktoren..... | 60 |
| 3.2.1 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen..... | 61 |
| 3.2.2 Steuer- und zollrechtliche Rahmenbedingungen..... | 63 |
| 3.2.3 Umweltrelevante Rahmenbedingungen..... | 67 |
| 4 Konzeption des Modells zur zentralen Standortbestimmung..... | 70 |
| 4.1 Bewertung und Priorisierung der Methoden zur Standortbestimmung..... | 70 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------|-----|
| 4.2 | Erkenntnisse aus den Standortfaktoren und Gewichtung | 73 |
| 4.3 | Grundprinzipien des zu entwickelnden Entscheidungsmodells..... | 77 |
| 4.3.1 | Anforderungen an das Standortbestimmungsmodell..... | 78 |
| 4.3.2 | Integrativer Top-Down und- Bottom-Up-Ansatz..... | 80 |
| 4.4 | Finales Modell..... | 82 |
| 5 | Praxisanwendung an einem Fallbeispiel..... | 86 |
| 5.1 | Die Ausgangssituation | 86 |
| 5.2 | Standortbestimmung anhand des konzipierten Modells..... | 88 |
| 5.2.1 | Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung | 90 |
| 5.2.2 | Anwendung der 1-Center Methode..... | 93 |
| 5.2.3 | Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung | 95 |
| 5.2.4 | Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung | 97 |
| 5.2.5 | Untersuchung und Anwendung der K.O. Kriterien..... | 99 |
| 5.2.6 | Abschließende Nutzwertanalyse- Einbezug der Standortfaktoren | 103 |
| 5.2.7 | Ergebnis und Interpretation | 112 |
| 6 | Schlussbetrachtung..... | 116 |
| 6.1 | Resümee und Handlungsempfehlung | 116 |
| 6.2 | Fazit | 120 |
| | Literaturverzeichnis | 148 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------|-------------------------------------------------|
| § | Paragraf |
| ∞ | in Verbindung mit, kombiniert mit, zusammen mit |
| ∩ | Schnittmenge |
| n | Knoten |
| ∈ | Element aus |
| Σ | Summe aus |
| ≐ | entspricht |
| Art. | Artikel im jeweiligen Gesetzestext |
| BRD | Bundesrepublik Deutschland |
| BRS | Business Risk Service |
| BVL | Bundesvereinigung Logistik |
| DZ | Distributionszentrum |
| DVZ | Deutsche Verkehrs- Zeitung |
| EDV | elektronische Datenverarbeitung |
| EU | Europäische Union |
| Fa. | Firma |
| gem. | gemäß |
| geogr. | geographisch |
| gew. | gewichtet |
| GewStG | Gewerbsteuergesetz |
| GG | Grundgesetz |

| | |
|----------------|-----------------------------------------------------------------|
| GMC | Geographic Midpoint Calculator |
| GrStG | Grundsteuergesetz |
| ICRG | International Country Risk Guide |
| KMU | Klein- und mittelständische Unternehmen |
| KNA | Kosten- Nutzen- Analyse |
| Koord. | Koordinaten |
| LZ | Logistikzentrum |
| m ² | Quadratmeter |
| MA | Mitarbeiter |
| Mtl. | Monatlich |
| NWA | Nutzwertanalyse |
| OECD | Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung |
| ORI | Operational- Risk- Index |
| PRI | Political- Risk- Index |
| SC | Supply Chain |
| SF | Standortfaktor |
| sog. | so genannt |
| WSP | Warehouse Site Planner |
| ZL | Zentrallager |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: Aufbau der Untersuchung..... | 5 |
| Abbildung 2: Funktionale Abgrenzung der Distributionslogistik. | 10 |
| Abbildung 3: Determiniertes Transportnetzwerk. | 17 |
| Abbildung 4: Beispiel- Geografisches Zentrum zwischen 4 Standorten. | 20 |
| Abbildung 5: Fiktives Beispiel in einem physischen Netzwerk. | 24 |
| Abbildung 6: Anordnung fiktiver Standorte in einem X-Y-Koordinatensystem. . | 28 |
| Abbildung 7: Übertragung der X-Y-Koordinaten ins Koordinatensystem. | 31 |
| Abbildung 8: Erfassung der Entfernungen zwischen Z und den Standorten..... | 32 |
| Abbildung 9: Nachfrage- und Beschaffungslager in einer Ebene. | 39 |
| Abbildung 10: LINGO-Modelleingabe..... | 41 |
| Abbildung 11: LINGO-Ergebnisausgabe. | 42 |
| Abbildung 12: Lokalisierung des Zentrallagers mittels der XY-Koordinaten. | 43 |
| Abbildung 13: Erfolgsentscheidende Standortfaktore der Distributionslogistik. | 51 |
| Abbildung 14: Unterschiede- Lohnnebenkosten in EU-Ländern | 55 |
| Abbildung 15: Klassifizierung von Steuerarten - am Beispiel Deutschland..... | 64 |
| Abbildung 16: Ausgewiesene steuerpflichtige Gewinne in % der Lohnsumme. | 66 |
| Abbildung 17: Priorisierung der anzuwendenden Methoden. | 72 |
| Abbildung 18: Eigenschaften des zu entwickelnden Modells..... | 79 |
| Abbildung 19: Integrativer Top- Down und- Bottom- Up- Ansatz. | 81 |
| Abbildung 20: Ablaufplan des zentralen Standort-Bestimmungsmodells..... | 83 |
| Abbildung 21: Darstellung der Standorte auf der Europa-Landkarte. | 89 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|
| Abbildung 22: Ergebnis zentraler geographischer Standort- GMC..... | 92 |
| Abbildung 23: Vorhandene Standorte mit km-Angabe an den Kanten. | 93 |
| Abbildung 24: Ergebnis des zentralen Punktes im X-, Y-Koordinatensystem. . | 96 |
| Abbildung 25: Ergebnis aus der Berechnung in dem Programm LINGO..... | 98 |
| Abbildung 26: Gewichtungs-Profil dargestellt in einem Netzdiagramm. | 113 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1: Routenplanung | 13 |
| Tabelle 2: Modellarten von Entscheidungsmodellen..... | 14 |
| Tabelle 3: Typ des Netzwerkmodells..... | 15 |
| Tabelle 4: Typ des Netzwerkmodells..... | 18 |
| Tabelle 5: Fiktives Beispiel aus vier vorgegebenen Standortkoordinaten..... | 20 |
| Tabelle 6: Breiten- und Längengrade des Centers | 21 |
| Tabelle 7: Zusammenfassung von Pro & Kontra, Geografischer Mittelpunkt ... | 22 |
| Tabelle 8: Zusammenfassung von Pro & Kontra, Das 1- Center- Problem | 26 |
| Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der benötigten Werte | 27 |
| Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der ermittelten Ergebnisse..... | 34 |
| Tabelle 11: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Das Median- Problem | 35 |
| Tabelle 12: Datentabelle- LINGO. | 37 |
| Tabelle 13: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Das Median- Problem.... | 45 |
| Tabelle 14: Beispielhafte Darstellung einer Nutzwertanalyse | 47 |
| Tabelle 15: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Nutzwertanalyse | 49 |
| Tabelle 16: Beispielhafte Darstellung variabler Kosten..... | 54 |
| Tabelle 17: Standortfaktoren- Katalog..... | 74 |
| Tabelle 18: Gewichtungssystematik mit drei Kategorien..... | 75 |
| Tabelle 19: Gewichtung operativer Standortfaktoren | 76 |
| Tabelle 20: Gewichtung funktionaler Standortfaktoren | 77 |
| Tabelle 21: Vorhandene Lagerstandorte | 87 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabelle 22: Ermittelte Breiten- und Längengrade der gegebenen Standorte ... | 90 |
| Tabelle 23: Vorhandene Lagerstandorte..... | 92 |
| Tabelle 24: Vorhandene Lagerstandorte..... | 95 |
| Tabelle 25: Ergebnis S_4 für den zentralen Standort (Median-Methode) | 97 |
| Tabelle 26: Ergebnis S_5 für den zentralen Standort (LINGO-Programm) | 99 |
| Tabelle 27: Ergebnisübersicht S_i für den zentralen Standort..... | 100 |
| Tabelle 28: Überprüfung der Standorte anhand der K.O.-Kriterien | 100 |
| Tabelle 29: Standortalternativen nach Anwendung der K.O.-Kriterien | 102 |
| Tabelle 30: Verbliebene Standortalternativen mit jeweiligen Kapazitäten | 102 |

1 Einführung in die Thematik

Laut dem Bundesverband Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V. (BME) stehen Lieferketten aktuell mehr denn je unter Druck. Die hohe Dynamik und Unsicherheit aufgrund der COVID-19 Situation hat immense Auswirkungen auf globale Lieferketten.¹ Doch nicht nur heute stehen Unternehmen bereits weltweite Standortalternativen und diverse SC-Optionen zur Verfügung. Die Möglichkeiten die eigene Logistik so effizient und kostengünstig wie möglich zu gestalten sind immens. Einen entscheidenden Faktor stellt hierbei die zentrale Standortwahl dar. Die Entscheidungsfindung und Auswahl des aus logistischer Sicht optimalen und vermeintlich kostengünstigsten Ortes für ein zentrales Distributionslager kann unter Umständen fatale wirtschaftliche Folgen nach sich führen. Demnach ist der Standortbestimmungsprozess essenzieller Bestandteil eines jeden Unternehmens. In der vorliegenden Forschungsarbeit wird ein praxisorientiertes deterministisches Standortbestimmungsmodell für zentrale Standorte in der Distributionslogistik entwickelt. Im ersten Schritt werden theoriebasierte Standortbestimmungsmethoden analysiert und bewertet. Diese unterteilen sich nach unterschiedlichen Standort-Problemen und liefern eine Gesamtübersicht aktueller Methoden zur Bestimmung zentraler Standorte. Darüber hinaus werden erfolgskritische Standortfaktoren und betriebswirtschaftliche Kennzahlen für das Modell bestimmt und erläutert. Ziel dabei ist es, maßgebende Methoden und Kriterien zu definieren und diese in ein unterstützendes Standortbestimmungsmodell zu überführen. Eine weitere Herausforderung liegt dabei in der unkonventionellen Formulierung der zusammenhängenden Kostenparameter, die bei der Standortwahl eine wesentliche Rolle spielen. Die praktische Eignung des finalen Standortbestimmungsmodells unter Einbeziehung aller entscheidungsrelevanten

¹ Vgl. <https://www.elektroniknet.de/elektronik/distribution/lieferketten-unter-stress-175256.html>, Zugriff am 22.06.2020.

Methoden, Standortfaktoren sowie Kosten wird abschließend an einem Fallbeispiel eruiert.

1.1 Problemstellung

In einem logistischen Planungsraum sind Lager nach ihren Standorten vorgegeben. Zu bestimmen ist der Standort eines in der Distributionslogistik fungierenden Zentrallagers, von dem aus die Kosten für den gesamten Raumüberwindungsaufwand zu den bestehenden Lagern am minimalsten ist.² Moderne Lieferketten sind von Natur aus komplex und bestehen aus mehreren, geografisch getrennten, Einheiten, die im Wettbewerb stehen, um die Verbraucher zu bedienen.³ Bei der gesamten Aufgabe handelt es sich um eine logistikdeterminierte, betriebswirtschaftliche Standortanalyse mit dem primären Zweck den transportkostenminimalsten Zentralpunkt eines vorgegebenen Lagernetzwerks zu identifizieren. In der Standortplanung findet meist nur eine allgemeine Analyse statt, verkürzt auf einzelne Kostengesichtspunkte, um eine kurzfristige Kostenreduktion zu erzielen. Jede Standortauswahlmethode basiert dabei auf einer bestimmten unternehmerischen Prämisse und somit auf unterschiedlichen Standortfaktoren. Die Anforderungen bei der Wahl des optimalen Standorts sind jedoch je nach Unternehmen und Branche unterschiedlich. Folglich ergibt sich die Problemstellung der Definition spezifischer und für die Distributionslogistik relevanter Standortfaktoren. Zusätzlich müssen bei jeder Standortentscheidung unterschiedliche logistische Standortprobleme beachtet werden. Daraus resultiert die Aufgabe, diese in einem allgemeinen Entscheidungsmodell zusammen zu führen, sodass am Ende alle erfolgskritischen Kriterien berücksichtigt werden. Die Unterstützung des Entscheidungsprozesses durch ein allgemeines Standort- Entscheidungsmodell erscheint somit sinnvoll.

² Vgl. *Bach, L.*, Standortbestimmung zentraler Einrichtungen, 1978, S. 53.

³ Vgl. *Lambert, D.M., Enz, M.G.*, Moderne Lieferketten, 2017, S. 191 – 193.

Konkrete Problemstellung:

P) *Die betriebswirtschaftliche, logistische Bestimmung des Zentralpunkts in der Distributionslogistik bedarf nicht nur der Anwendung graphisch-numerischer Lösungsmethoden, sondern zusätzlich einer beachtlichen Mischung diverser, erfolgskritischer Standortfaktoren, die nicht immer eindeutig festgelegt werden können.*

Forschungsfragen:

F1) *Welche spezifischen Standortfaktoren in der Distributionslogistik sind notwendig, um eine optimale logistische Standortbestimmung zu gewährleisten?*

F2) *Kann unter Einbezug relevanter und erfolgskritischer Standortfaktoren in einem logistischen, betriebswirtschaftlichen Standortbestimmungsmodell ein optimaler zentraler Standort für die Distributionslogistik bestimmt werden?*

1.2 Zielsetzung des Forschungsbeitrags

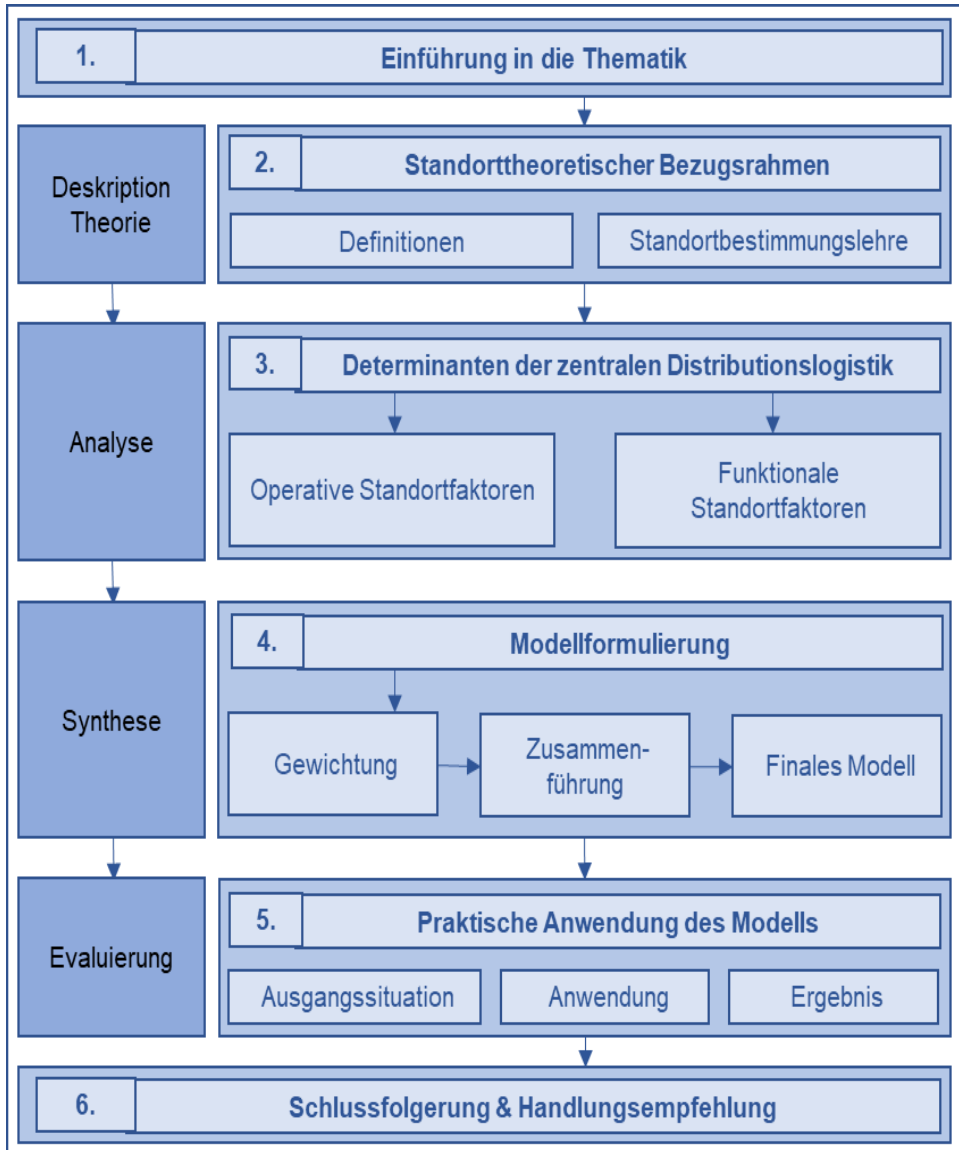
Die primäre Zielsetzung des Forschungsbeitrags ist die Beantwortung der genannten Forschungsfragen mittels einer Konzeption eines unterstützenden Standortbestimmungsmodells. Dabei werden zunächst Methoden der theoretischen Standortbestimmung als auch erfolgskritische Standortfaktoren der zentralen Distributionslogistik analysiert und erläutert. Die Untersuchung konzentriert sich auf ein deterministisches, logistisches Vorgehensmodell unter der Prämisse erfolgskritische Ansätze und Determinanten zu identifizieren und in ein finales Entscheidungsmodell zu überführen.⁴ Die Synthese der analysierten Faktoren steht dabei im Vordergrund. Durch das Zusammenspiel unterschiedlicher logistischer Ansätze und der Berücksichtigung spezifischer Standortkriterien ist der

⁴ Vgl. *Bea, F., X., Entscheidungsmodell*, 2000, S. 353.

letzendliche Zweck des Modells, einen optimalen zentralen Standort einer Distributionslogistik zu bestimmen. Als optimal wird derjenige Standort definiert, der unter Betrachtung des Transportvolumens und der entsprechenden Transportkosten die kostengünstigste Variante darstellt. Dabei werden fixe Kosten wie z. B. Ingangsetzungskosten für ein neues Lager sowie am Standort anfallende variable Kosten in das Modell mit aufgenommen. Damit werden nicht nur logistikrelevante, sondern auch betriebswirtschaftliche Kosten in einem Modell kombiniert und berücksichtigt. Um abschließend die praktische Eignung des Modells unter Beweis zu stellen, erfolgt die Anwendung des Modells an einem Fallbeispiel. Zielsetzung dabei ist es, unter Berücksichtigung der gegebenen Umstände und unter dem Aspekt der Kostenminimalisierung, den optimalen Standort eines europäischen Zentrallagers zur Belieferung der vorhandenen Lager zu identifizieren.

1.3 Gang der Untersuchung

Nach einer kurzen Einführung, der Problemstellung sowie entsprechender Erläuterung der zentralen Zielsetzung der Forschungsarbeit, ergibt sich die folgende Untersuchungsreihenfolge:

Abbildung 1: Aufbau der Untersuchung.

Quelle: Eigene Darstellung.

1. Deskription: Die Grundlagen der Standortplanung werden in Kapitel 2 erläutert. Dieses bildet das theoretische Fundament der Ausarbeitung. Hier werden theoretische Fundierungen, Erläuterungen und Definitionen standortrelevanter Grundlagen erläutert. Zunächst werden, aus einschlägiger Fachliteratur entnommene Standorttheorien analysiert und konzeptionell vorgestellt. Erste Zielsetzung dabei ist, diejenigen Methoden, die in der Wissenschaft als praktikabel erachtet werden, auf Ihre Eignung zur Standortentscheidung im Hinblick auf die zentrale Distributionslogistik zu untersuchen und sie entsprechend nach Pros & Kontras zu differenzieren. Ziel ist es, fundierte Basismodelle zu finden, die das zu entwickelnde Konzept des Entscheidungsmodells stützen können.

2. Analyse: Nachdem die theoretischen Grundlagen der Standortplanung vorgestellt wurden, gilt es anschließend herauszufinden, welche Standortfaktoren für die Distributionslogistik erfolgsentscheidend sind. Primäres Ziel ist dabei die Beantwortung der ersten Forschungsfrage. In dieser Betrachtung werden zunächst diejenigen Faktoren herausgearbeitet, die eine zentrale Standortwahl determinieren und für die Standortentscheidung als relevant erachtet werden. Folglich wird ein für die Distributionslogistik erforderlicher Standortfaktoren-Katalog erarbeitet, der gleichzeitig eine essenzielle Basis für die Konzipierung des unterstützenden Standortbestimmungsmodells schafft.

3. Synthese: In Kapitel 4 werden die analysierten wissenschaftlichen Methoden der Standortplanung sowie die für die Distributionslogistik erfolgsentscheidenden Standortfaktoren zusammengeführt. Diese werden im Vorfeld subjektiv gewichtet und in das zu erarbeitende Entscheidungsmodell aufgenommen. Wesentliche Zielsetzung ist die Synthese der reinen und der geometrischen Standortbestimmungstheorien unter Einbeziehung der gewichteten Standortdeterminanten zu einem Standortbestimmungsmodell.

4. Evaluierung: In Kapitel 5 wird das konzipierte Standortbestimmungsmodell für die Standortplanung, an einem Fallbeispiel aus der Praxis angewendet. Es

sollen außerdem mögliche Schwierigkeiten und Herausforderungen bei der Bestimmung und der Auswahl des Standorts aufgezeigt werden. Primär dient das Fallbeispiel dazu, die zweite Forschungsfrage der Forschungsarbeit zu beantworten und weitere Ausblicke auf eventuelle Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Modells zu geben. Zur Gewährleistung der bestmöglichen Nachvollziehbarkeit als auch der limitierten Länge und Bearbeitungsdauer wurde der vorliegende Forschungsbeitrag eingegrenzt. Das zu untersuchende deterministische Flächen-Planungsmodell bezieht sich lediglich auf einen vorgegebenen europäischen Raum. Zur Literaturrecherche wurde die Internetsuche über Google Scholar sowie die vom Elsevier-Verlag betriebene Suchmaschine Scirus verwendet. Zusätzlich kam der hauseigene Online Campus der FOM München sowie das WOK zum Einsatz, um weitere, in der Wissenschaft anerkannte, Literatur zu identifizieren. Die Recherche wurde in drei Schritte unterteilt. Zunächst wurden aus dem Titel relevante Suchbegriffe wie Distributionslogistik, Standortfaktoren sowie Standortbestimmung abgeleitet, um eine Schnittmenge der Themenbereiche zu finden. Anschließend wurden die Themenbereiche nach den entsprechenden Voraussetzungen analysiert und für die Untersuchung der relevanten Themen ausgewählt. Die Untersuchung der Thematik bedient sich der empirisch-analytischen Methodik der deskriptiven Inhaltsanalyse, welche eine Auswertung einschlägiger Fachliteratur vorsieht.⁵

⁵ Vgl. *Oehrich M.*, *Wissenschaftliches Arbeiten*, 2019, S. 27.

2 Standorttheoretischer Bezugsrahmen

Die reine Theorie des Standorts versucht durch die Reduktion des Standortproblems auf wenige mathematisch berechenbare Standortfaktoren überprüfbare Gesetzmäßigkeiten der Standortbestimmung zu liefern.⁶ Kern aller Ansätze ist im Wesentlichen das Lokalisationsproblem einzel- sowie gesamtwirtschaftlicher Unternehmungen mit dem Ziel, die räumliche Verteilung von Wirtschaftssubjekten zu erklären.⁷ Um dem Leser eine gewisse Grundvoraussetzung der Standorttheorie zu vermitteln, wird im Folgenden ein kurzer Abriss der Ursprungsliteratur wiedergegeben. Aus theoretischer Sicht kann die Standortbestimmungstheorie innerhalb der Entscheidungstheorie eingeordnet werden, wonach eine Entscheidung die Wahl zwischen mehreren Alternativen impliziert.⁸ Aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive müssen in diesem Kontext die Arbeiten von Johann Heinrich von Thünen, Walter Christaller sowie August Lösch genannt werden. Diese lieferten bereits im frühen 19. Jh. bzw. im frühen 20. Jh. wertvolle Beiträge zur Begründung von Standortstrukturen im Agrar-, Industrie- und Dienstleistungsbereich.⁹ Die bis heute noch als Grundlage aller Theorien geltende Standortbestimmungstheorie stammt von *Alfred Weber* (1909).¹⁰ Alle nachfolgenden einzelwirtschaftlichen Standorttheorien wurden insbesondere durch sie geprägt.¹¹ Dabei handelt es sich um ein statisches und geschlossenes Modell mit wenigen, mathematisch berechenbaren Standortfaktoren. Ziel war es, unter Einbezug betriebswirtschaftlicher Kriterien den optimalen Standort für einen einzelnen Industriebetrieb zu bestimmen.¹² Des Weiteren etablierte *Webers* Ansatz den Standort-

⁶ Vgl. *Goette*, Standortfaktoren, 1994, S. 53.

⁷ Vgl. *Haas, H.-D., Neumair, S.-M.*, Lokalisationsproblem, 2007, S. 34.

⁸ Vgl. *Laux*, Entscheidungstheorie, 2018, S. 31 ff.

⁹ Vgl. *Haas, H., D., Neumair, S.*, Standortstrukturen, 2006, S. 243.

¹⁰ Vgl. *Behrens, C.*, Standorttheorie, 1971, S. 7.

¹¹ Vgl. *Weber, A.*, Reine Theorie des Standorts, 1909, S. 123.

¹² Vgl. *Liefner, I., Schätzl, L.*, Wirtschaftsgeographie, 2012, S. 25.

faktor als Entscheidungskriterium, der bis heute noch die Standortbestimmungslehre stützt.¹³ Nach der reinen, grundlegenden Standortbestimmungstheorie von *Weber* folgte die empirisch-realistische Theorie. Als Hauptvertreter dieser galten *Rüschepöhler* (1958), *Meyer* (1960), und *Behrens* (1961).¹⁴ Alle drei wollten Entscheidungshilfen für eine zielorientierte Standortwahl in der Praxis ermöglichen. Deren Ansätzen nach galt ein Standort dann als optimal, wenn er für den Betrieb den größtmöglichen Erfolg erbrachte.¹⁵ Die bekannteste der drei Theorien entwickelte *Karl Christian Behrens* im Jahr 1971. Zielsetzung seiner „allgemeinen Standortbestimmungslehre“ war die systematische Analyse möglichst aller relevanten Standortfaktoren, von denen betriebliche Standortentscheidungen abhängen.¹⁶ Um ein Grundverständnis für die Thematik zu erlangen, werden im Folgenden die Grundbegriffe der Standortbestimmungstheorie und der zentralen Distributionslogistik vorgestellt. Das zweite Unterkapitel beschreibt die Art des zu konzipierenden Modells und grenzt das zu untersuchende Logistiknetzwerk und deren deterministischen Parameter ein. Abschließend werden aus der gegenwärtigen Literatur entnommene und für den Untersuchungsgegenstand relevante Standortbestimmungsmethoden analysiert und erläutert.

2.1 Begriffliche Abgrenzungen und Definitionen

Die Aufgabe der *Distributionslogistik* ist die Belieferung der Endabnehmer mit den gewünschten Waren in der gewünschten Zeit.¹⁷ Sie hat die Gestaltung, Planung und Steuerung der Güterverteilung und des damit verbundenen Informationsflusses zum Inhalt. So gelangen die Fertigerzeugnisse, oder Materialien über ein Netz von Transportkanälen, Lager- und Umschlagpunkten zu den Endabnehmern. Nach *Pfohl* ist die Distributionslogistik ein Teil der funktionalen Abgrenzung

¹³ Vgl. *Goette*, T., Standortfaktor, 1994, S. 54.

¹⁴ Vgl. *Riehm*, K., Optimaler Standort, 1968, S. 152 – 167.

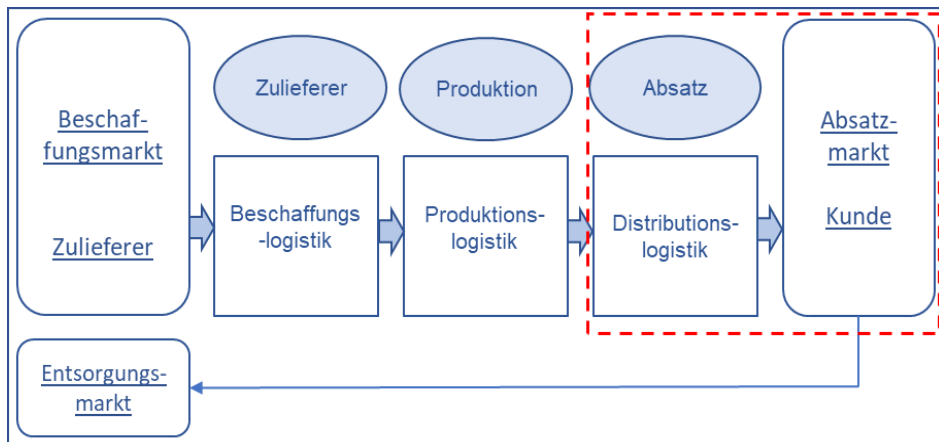
¹⁵ Vgl. *Korndörfer*, Betriebswirtschaftslehre, 1993, S. 25.

¹⁶ Vgl. *Domschke*, W., *Drexl*, A., Standortplanung, 1996, S. 2 ff.

¹⁷ Vgl. *Koether*, R., Distributionslogistik, 2018, S. 2.

der Unternehmenslogistik.¹⁸ Sie hat den Absatz als Funktion und verbindet somit die Produktion mit dem Absatzmarkt und stellt in einer Logistikkette zudem die Verbindung zur Beschaffungslogistik des Kunden dar.¹⁹ Siehe die entsprechende Positionierung innerhalb der Unternehmenslogistik in der unteren Abbildung 2.

Abbildung 2: Funktionale Abgrenzung der Distributionslogistik.



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Pfohl²⁰.

Die *Distribution* beinhaltet alle Aufgaben, die anstehen, um verkaufsfähige Produkte aus der Produktion (z. B. Fertigerzeugnisse) und der Beschaffung entgegenzunehmen und mittels zeitlicher und örtlicher Transformationen (Lagerung, Umschlag, Transport) an den Kundenbedarfsstellen bereitzustellen. Die *Distributionslogistik* ist demnach ein Subsystem der Distribution und stellt ein marktverbundenes Logistiksystem dar.²¹ Dabei dominiert ein Käufermarkt, bei dem der Kunde unter einer Vielzahl hochwertiger Produkte und Anbieter auswählen kann.

¹⁸ Vgl. Heiserich, O.-E., Helbig, K., Ullmann W., Distributionslogistik, 2011, S. 12.

¹⁹ Vgl. Muchna, C., Brandenburg, H., Fottner, J., Absatzfunktion, 2020, S. 29.

²⁰ Vgl. Pfohl, H.-C., Logistiksysteme, 2018, S. 19.

²¹ Vgl. Koether, R., Distributionslogistik, 2018, S. 3.

Es macht nur derjenige das Geschäft, der die Kundenwünsche erfüllen kann, indem er verfügbar ist, schnell und termingerecht liefern kann und dabei keine Mehrkosten im Vergleich zur Konkurrenz generiert. Die Zielprioritäten lassen sich durch verschiedene Ansätze der Distributionslogistik und durch die Gestaltung von verschiedenen Distributionsnetzwerken realisieren. Es kann dabei zwischen zentralen und dezentralen Distributionsstrukturen unterschieden werden. Die vorliegende Forschungsarbeit sieht einen zentralen Distributionsansatz vor. Der Grad der Zentralisierung wird hierbei durch die Anzahl der Distributionsstufen und der zugeordneten Lagerstandorte im Netzwerk bestimmt.²² Eine wesentliche Rolle für eine optimale und kostengünstige Belieferung dezentraler Lager und Partner spielt der geeignete Standort des Zentrallagers (ZL). Dieser ist von entscheidender Bedeutung für eine erfolgreiche und effiziente Distributionslogistik. Die optimalen Standorte des ZL und der Umschlagpunkte (UP) lassen sich durch Methoden der Standortplanung bestimmen.²³ Die *Standortplanung* ist die Planung geografischer Standorte (z. B. innerhalb eines Distributionsnetzes) mit dem Ziel, die Orte mit den besten Gegebenheiten bzgl. Standortfaktoren (siehe nachfolgend) festzustellen und für seine Intralogistik zu nutzen.²⁴ Bei der vorliegenden Standortplanung werden erfolgskritische Kriterien der Standortwahl eines Unternehmens aus wirtschaftlicher Sicht untersucht. Unter dem Begriff *Standort* ist der geografische Ort gemeint, an dem ein Unternehmen seine Leistungen erstellt bzw. verwertet.²⁵ Auf Basis dieser Definition wird ebenfalls angenommen, dass ein Unternehmen über unterschiedliche voneinander getrennte Betriebe verfügen kann, die jeweils einen Standort darstellen können.²⁶ Die *Standortwahl* wirkt sich direkt auf die Kosten und Erlöse eines Unternehmens aus

²² Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C., Logistiknetzwerke, 2014, S. 34f.

²³ Vgl. Fleischmann, B., Distribution, 1998, S. 55–81.

²⁴ Hompel, M., Heidenblut, V., Standortplanung, 2011, S. 292.

²⁵ Vgl. Schierenbeck, H., Standort, 1993, S. 43-48.

²⁶ Vgl. Maier, G., Tödting, F., Trippel, M., Betriebe, 2012, S. 75 ff.

und beeinflusst somit dessen Gewinn- und demnach auch dessen Erfolgchancen. Sie ist eine irreversible Entscheidung und kann in einem abgeschlossenen System nicht mehr rückgängig gemacht werden, ohne Folgen in anderen eingebundenen Prozessen und Distributionsstrukturen zu hinterlassen.²⁷ So kann eine falsche Standortwahl langfristige und kapitalintensive Folgen haben, da sie zu meist nur unter Aufwendung erheblicher Ressourcen revidierbar ist und die Rahmenbedingungen für viele Folgeentscheidungen vorgibt. *Standortfaktoren* sind die Summe der an einem Ort anzutreffenden Gegebenheiten und Gestaltungskräfte mit positiver bzw. negativer Auswirkung auf die unternehmerischen Ziele und Tätigkeiten.²⁸ Sie dienen als Vergleichsgrundlage alternativer Standorte und sind demnach ein perfektes Hilfsmittel für die innerbetriebliche Standortplanung. Alfred Weber beschreibt diesen als „einen seiner Art nach scharf abgegrenzten Vorteil, der für eine wirtschaftliche Tätigkeit dann eintritt, wenn sie sich in einem bestimmten Ort oder generell an Plätzen bestimmter Art vollzieht“.²⁹ Allgemein repräsentieren sie standort- und situationspezifische Eigenschaften, Bedingungen oder Einflussgrößen, die auf das Zielsystem der Unternehmung wirken und damit deren Erfolg beeinflussen.³⁰ Eine detaillierte Ausarbeitung der Standortfaktorensystematik für die Distributionslogistik erfolgt in Kapitel 3.

2.2 Deterministische Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands

Standortentscheidungen können durch diverse Modelle unterstützt werden. Dabei stellt ein Modell eine vereinfachte Abbildung einer typischen realen Entscheidungssituation dar.³¹ Da die primäre Zielsetzung der vorliegenden Ausarbeitung die Modellierung eines unterstützenden Standortbestimmungsmodells ist, muss

²⁷ Vgl. *Fallgatter, M.*, Standortwahl, 2006, S. 75.

²⁸ *Hompel, M., Heidenblut, V.*, Standortfaktor, 2011, S. 292.

²⁹ Vgl. *Weber, A.*, Standortfaktor, 1909, S. 16.

³⁰ Vgl. *Hansmann, K-W.*, Standortfaktor, 1974, S. 17.

³¹ Vgl. *Domschke, W., Drexel, A.*, Standortplanung, 2011, S. 3.

der ausgewählte Modellansatz im Vorfeld definiert werden. Hierbei wird zwischen qualitativen, quantitativen und computerbasierten Modellformen einer Standortentscheidung unterschieden, wobei in dieser Ausarbeitung alle drei Formen zur Anwendung kommen.

Tabelle 1: Routenplanung

| Modellform | Charakteristik |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Modellbezogene Computerprogramme | - Technische Anwendung und Unterstützung von quantitativen Modellen. |
| Qualitative Modelle | - Beschreibung der Rahmenbedingungen, Zusammenhänge. - Entscheidungsmöglichkeiten und Schlussfolgerungen. ³² - Standortentscheidung baut im Wesentlichen auf der Diskussion von Standortfaktoren auf. ³³ |
| Quantitative Modelle | - Beinhaltet graphische Darstellungen, Statistiken, mathematische Relationen sowie Zielfunktionen. ³⁴ - Standortentscheidung erfolgt nach rational fundierten und intersubjektiv nachprüfbareren Kriterien. ³⁵ |

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Bloech, Industrieller Standort, 1994.

Eine weitere Differenzierung ergibt sich aus der Art der Modelle, die nach der Fragestellung und dem Untersuchungsgegenstand entsprechend bestimmt werden müssen. Demnach dienen Beschreibungsmodelle (deskriptiv) primär der Beschreibung von realen Systemen und einer Abbildung empirischer Zusammenhänge ohne explizite Analyse oder theoretische Erklärung.³⁶ Erklärungsmodelle (theoretisch) dagegen tragen zum Verständnis eines realen Problems bei

³² Vgl. Bloech, J., Industrieller Standort, 1994, S. 61.

³³ Vgl. Domschke, W., Standortfaktoren, 1994, S. 185.

³⁴ Vgl. Bretzke, W-R., Entscheidungsmodelle, 1980, S. 9 f.

³⁵ Vgl. Götze, J., Simultanplanung von Standorten, 1992, S. 7.

³⁶ Vgl. Bamberg, G., Entscheidungslehre, 2008, S. 1 ff.

und liefern eine theoretische Fundierung von Ursachen und Wirkungen.³⁷ Das in diesem Forschungsbeitrag verwendete Entscheidungsmodell eignet sich für die Lösung realer Entscheidungsprobleme und ermöglicht eine Bewertung sowie rechnerische Ermittlung möglicher Alternativen.³⁸ Einen weiteren Faktor bei der Darstellung eines realen Entscheidungsproblems stellt u. a. die Charakteristik der verschiedenen Rahmenbedingungen von Standorten dar. Dabei wird das Entscheidungsmodell selbst auch nochmal in vier verschiedene Arten untergliedert.³⁹

Tabelle 2: Modellarten von Entscheidungsmodellen

| Modellart | Charakteristik |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dynamisch | - Abgrenzung von statischen Modellen nach Zeitfaktor - Mehrere Zeitpunkte bzw. Perioden werden berücksichtigt. |
| Statisch | - Erfassung von nur einem Zeitpunkt bzw. Periode - Kann als Ausschnitt eines dynamischen Modells interpretiert werden. |
| Deterministisch | - Umfasst nur einen möglichen Umweltzustand, der mit Sicherheit eintritt und damit ein bestimmtes Ergebnis (Gleichgewicht) determiniert. ⁴⁰ |
| Stochastisch | - Weist im Gegensatz zum deterministischen Modell mehrere gewichtete Umweltzustände auf - Entscheidungen werden unter der Annahme von Unsicherheit getroffen. ⁴¹ |

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Zielsetzung und Beantwortung der vorliegenden Forschungsfragen wurde in dieser Untersuchung die *deterministische* Modellart festgelegt. Hierbei wird die

³⁷ Vgl. Jockisch, M., Rosendahl, J., Klassifikation von Modellen, 2010, S. 31.

³⁸ Vgl. Bloech, J., Industrieller Standort, 1994, S. 33.

³⁹ Vgl. Schweitzer, M., Entscheidungsmodell, 2000, S. 56.

⁴⁰ Vgl. Bea, F., X., Entscheidungen des Unternehmens, 2000, S. 353.

⁴¹ Vgl. ebd.

Auswahl des Standorts eines zentralen Distributionszentrums (DZ) unter einer bestimmten und deterministischen Umgebung untersucht. Das bedeutet, alle zu untersuchenden und für die Bestimmung des Standorts notwendigen Parameter sind bereits festgelegt und bekannt. Da es sich um ein *deterministisches* Modell handelt, müssen das in dieser Forschungsarbeit zu Grunde liegende Distributionssystem und die festgelegten Modellparameter ebenfalls vorbestimmt werden. Dies ist entscheidend da es die Struktur der Netzkonfiguration und damit auch der anzuwendenden Theorien vorgibt. Jeder Planung von Distributionssystemen liegt ein geographischer Raum zugrunde, der mit einem Logistiknetzwerk definiert werden kann.⁴² Distributionssysteme können in mehrere geographische Systeme (z. B. nach Kontinenten) aufgeteilt werden.⁴³ Beim weltweiten Distributionszentrum (DZ) handelt es sich zumeist um ein einziges, weltweit agierendes Zentrallager, das zur globalen Versorgung der Kunden dient. Das in diesem Forschungsbeitrag zu Grunde liegende Distributionssystem beschränkt sich auf den Großraum Europa. Da die Knoten, Kanten und Gewichte in einem Netzwerkmodell unterschiedliche Bedeutungen aufweisen können, muss der Typ des Modells ebenfalls vorher definiert werden. Bei dem in dieser Arbeit vorliegendem Netzwerkmodell handelt es sich um eine physische Relation, die sich folgendermaßen definiert:

Tabelle 3: Typ des Netzwerkmodells

| Relation | Knoten | Kanten | Gewichte |
|----------|--------|--------------|-----------|
| Physisch | Orte | Verkehrswege | Distanzen |

Quelle: Eigene Darstellung.

Die Abbildung *physischer* Strukturen ist für den hier behandelten logistischen Anwendungsbereich sehr sinnvoll. Knoten haben hier die Bedeutung von Orten, die

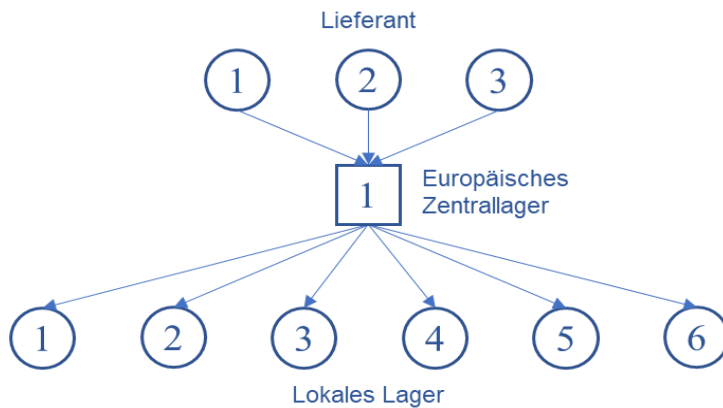
⁴² Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 99.

⁴³ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 6 ff.

über Verkehrswege erreicht werden können. Die Verkehrswege selbst werden als Kanten abgebildet, die jeweils zwei Knoten miteinander verbinden. Die Distanz zwischen zwei Orten wird als Gewicht an den Kanten abgetragen, die als Entfernung in km interpretiert wird. Des Weiteren wird in der Standorttheorie nach *diskreten*, *kontinuierlichen* und *semidiskreten* Modellen unterschieden.⁴⁴ Die Fragestellung des vorliegenden Forschungsbeitrags sieht dabei eine diskrete Variante vor, die durch ein innerbetriebliches Netzwerk mit Entfernungsdaten repräsentiert wird, wobei in den Knoten des Netzwerks als auch außerhalb mögliche Standorte zugelassen werden.⁴⁵ Es wird von einem statischen Modell ausgegangen. Dieses ist dadurch gekennzeichnet, dass es die Zeitdimension explizit vernachlässigt. Reine Produktionsstandorte werden im Kontext dieser Untersuchung als Lieferanten definiert und sind kein Bestandteil des Modells. Produktionsparameter werden im Rahmen dieser Untersuchung ebenfalls nicht berücksichtigt. Der Untersuchungsgegenstand ist rein logistischer Natur, der den Lieferanten lediglich als Knotenpunkt in das Transportnetzwerk aufnimmt, um die Beschaffungsseite der Konfiguration und Planung nicht zu vernachlässigen.

⁴⁴ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 101 ff.

⁴⁵ Vgl. *Werners, B.*, Standorttheorie, 2006, S. 75.

Abbildung 3: Determiniertes Transportnetzwerk.

Quelle: Eigene Darstellung.

Es wird bestimmt, dass nationale Lagerhäuser von den Knoten des Netzwerks repräsentiert werden. Gesucht wird der Standort für das zentrale europäische Distributionslager. Dieser kann in allen Knoten des Netzwerks (EU) oder außerhalb eingerichtet werden. Die Kanten (Pfeile) zeigen dabei gerichtete Lieferbeziehungen zwischen jeweils zwei der beteiligten Partner auf. In diesem Fall einmal zwischen dem Lieferanten und dem Zentrallager sowie zwischen dem europäischen Zentrallager und einem lokalen Lager.

2.3 Wesentliche Methoden zur Standortbestimmung

Die ursprünglichen Theorien zur Standortbestimmung, die anfangs in Kapitel 2 beschrieben wurden, haben vor allem gemein, dass ihr Hauptaugenmerk auf den Kosten der Produktionsfaktoren als Erklärungsvariable der Standortwahl liegt. In Anbetracht der vorliegenden Frage- und Problemstellung ist ein solcher Ansatz aus wirtschaftlicher Betrachtung einleuchtend, reicht zur Erklärung von heutigen Standortentscheidungen aber nicht aus. Zugleich liegt der Schwerpunkt der Forschungsausarbeitung nicht auf der Betrachtung von Produktionsfaktoren, sondern vielmehr auf dem logistischen Faktor der Lagegunst und den sich daraus

resultierenden Transportkosten und Lagerbetriebskosten in einem europäischen Netzwerk. Demzufolge folgt nun eine Erläuterung sowie parallele Bewertung gegenwärtiger und für den Untersuchungsgegenstand relevanter Methoden zur Standortbestimmung. Im Rahmen der Analyse wurden die folgenden fünf maßgeblichen Methoden zur zentralen Standortbestimmung untersucht.

Tabelle 4: Typ des Netzwerkmodells

| | Standortbestimmungsmethode | Funktion / Nutzen |
|----|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Der geographische Mittelpunkt | Triviale, geographische Methode zur Bestimmung eines Mittelpunkts |
| 2. | Die 1- Center- Methode | Min- Max Methode zur Bestimmung der Distanz gegebener Standorte |
| 3. | Die Median- Methode | Ansiedlung eines Zentrallagers auf Basis der Nachfragemenge |
| 4. | Softwarebasierte Standortbewertung | Modellbezogene, softwarebasierte Unterstützung quantitativer Analysen |
| 5. | Die Nutzwertanalyse (NWA) | Vergleich mehrerer Alternativen mit einer n -fachen Zahl von Kriterien |

Quelle: Eigene Darstellung.

Es wurden die Methoden ausgewählt und beschrieben, die für die Suche nach einem zentralen Standort eines Distributionslagers den höchsten Beitrag erbringen. In den Unterkapiteln 2.3.1 bis 2.3.5. werden alle Methoden im Detail vorgestellt, nach Pro und Kontra abgegrenzt und anhand einer jeweiligen Tabelle übersichtlich dargestellt. Die Zusammenfassung der wesentlichen Erkenntnisse sowie die abschließende Gewichtung der Methoden erfolgt in der Synthese im vierten Kapitel.

2.3.1 Geografische Mittelpunktbestimmung

Bei der ersten allgemeinen Problemstellung eines Standort-Problems handelt es sich um den sogenannten Zentralpunkt eines vorgegebenen geographischen Netzwerks. Beispiele für eine solche Anwendung zur Festlegung zentraler Einrichtungen können sein: Zentrallager zur Belieferung lokaler Märkte, regionale Mülldeponien, Handels- und Dienstleistungszentren oder Feuerwehrhäuser. Entscheidend bei der Bestimmung von zentralen Einrichtungen ist es, dass die Minimierung des gesamten Raumüberwindungsaufwandes, der in dem Planungsraum entsteht, ein sinnvolles Entscheidungskalkül darstellt.⁴⁶ Dazu bieten heutzutage diverse Programme, Internetseiten als auch Apps verschiedene Möglichkeiten, einen geographischen Mittelpunkt zwischen mehreren Standorten zu lokalisieren. Der Mittelpunkt kann dabei unter Betrachtung der kürzesten Luftlinie⁴⁷ oder dem kürzesten Straßenweg identifiziert werden. Das kann z. B. hilfreich sein, wenn man mit mehreren Freunden aus verschiedenen Orten (Ländern) einen Mittelpunkt herausfinden möchte, zu dem jeder Beteiligte die möglichst kürzeste Strecke in Straßenkilometern zurücklegen muss. Diese einfache, auf Straßenkilometern basierende Möglichkeit soll nachfolgend anhand des US-amerikanischen Dienstes „Geographic Midpoint Calculator“⁴⁸ dargestellt werden. Das Web-basierte Tool kann anhand vorher ermittelter Breiten- und Längengrade den Mittelpunkt zwischen beliebigen Orten kalkulieren. Die dabei verwendete Methode „Center of minimum Distance“ (deutsch: Zentrum der minimalen Entfernung) ermittelt den Zentralort, an dem die kombinierte Fahrtstrecke von einer Reihe von Punkten auf der Erde minimiert wird.⁴⁹ Dafür werden zunächst, die auf der „mapdevelopers.com“ Internetseite ermittelten Breiten- und Längengrade der gegebenen Orte notiert und anschließend in den „Geographic Midpoint Calculator“ übertragen. Dies soll nachfolgend an einem Beispiel vorgestellt werden. Es

⁴⁶ Bach, L., Standortbestimmung zentraler Einrichtungen, 1978, S. 53.

⁴⁷ Vgl. <https://www.luftlinie.org/>, Zugriff am 03.05.2020.

⁴⁸ Vgl. <http://www.geomidpoint.com/>, Zugriff am 03.05.2020.

⁴⁹ Vgl. <http://www.geomidpoint.com/methods.html>, Zugriff am 03.05.2020.

wurden beliebige Städte aus vier Ländern gewählt und mit Hilfe der oben genannten Internetseiten ein Mittelpunkt ermittelt.

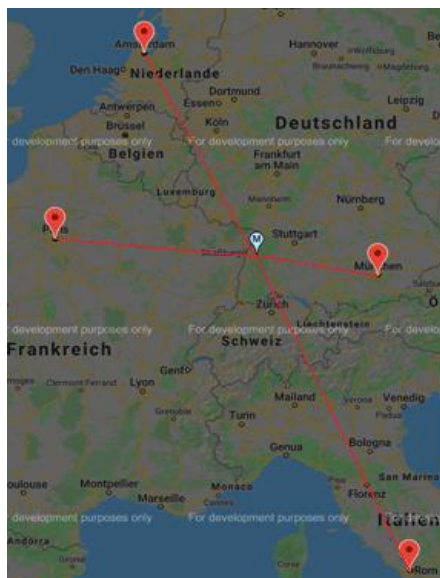
Tabelle 5: Fiktives Beispiel aus vier vorgegebenen Standortkoordinaten

| Standort | Land | Stadt | Breitengrad | Längengrad |
|----------|-------------|-----------|-------------|------------|
| A | Deutschland | München | 48.1371079 | 11.5753822 |
| B | Frankreich | Paris | 48.8566969 | 2.3514616 |
| C | Niederlande | Amsterdam | 52.3745403 | 4.8979755 |
| D | Italien | Rom | 41.8933203 | 12.4829321 |

Quelle: Koordinaten aus: https://www.mapdevelopers.com/gocode_tool.php.

Die Breiten- und Längengrade der vier Standorte wurden auf der oben genannten Internetseite ermittelt und anschließend in den beschriebenen Kalkulator als Knotenpunkte übertragen.

Abbildung 4: Beispiel- Geografisches Zentrum zwischen 4 Standorten.



Quelle: Bildschirmausdruck aus <http://www.geomidpoint.com/>.

Die Berechnung des jeweiligen Zentralpunktes findet auf Basis der tatsächlichen Entfernung in Kilometern statt. Es wird derjenige Mittelpunkt festgelegt, von dem aus die tatsächliche Distanz gemessen in Straßenkilometern am geringsten ist.⁵⁰

Tabelle 6: Breiten- und Längengrade des Centers

| Standort | Land | Stadt | Breitengrad | Längengrad |
|----------|-------------|-----------|-------------|------------|
| Center | Deutschland | Offenburg | 48.496513 | 8.110701 |

Quelle: Koordinaten aus: https://www.mapdevelopers.com/geocode_tool.php.

In dem dargestellten fiktiven Beispiel wurde die deutsche Stadt Offenburg mit den oben angegebenen Koordinaten als Mittelpunkt zwischen den vier vorgegeben Orten errechnet.

Bewertung der Methode

Bei der Bestimmung des geographischen Mittelpunktes zu vorgegebenen Standorten und den dazugehörigen Breiten- und Längengraden, handelt es sich eher um eine triviale Methode, die von jedem Unternehmen online und ohne kostspielige Programme durchgeführt werden kann. Die Bestimmung eignet sich als eine Art Vorüberlegung und grenzt das mögliche geographische Einzugsgebiet für einen zentralen Standort ab. Allerdings kann diese Methode für die tatsächliche Entscheidungsfindung innerhalb der wissenschaftlichen Standortbestimmung nicht verwendet werden. Es werden dabei keinerlei Standortfaktoren, mögliche Kapazitätsengpässe oder gar Transportmengen berücksichtigt. Darüber hinaus berücksichtigt das alleinige Kriterium der geringsten km-Entfernung keine grenz-

⁵⁰ Vgl. <http://www.geomidpoint.com/methods.html>, Zugriff am 03.05.2020.

übergreifenden Kriterien, wie z. B. Maut oder Zollkosten. Auch das Vorhandensein eines möglichen Betriebsraumes (Lagers) an dem ermittelten Standort ist nicht gegeben. Der zentrale Punkt kann allerdings dafür verwendet werden in einem annehmbaren Radius nach vorhandenen Ressourcen und Lagerräumen zu suchen.

Tabelle 7: Zusammenfassung von Pro & Kontra, Geografischer Mittelpunkt

| Pro | Kontra |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Einfache & schnelle Bestimmung des Mittelpunkts gegebener Standorte | Kein Einbezug jeglicher Standortfaktoren |
| Triviale Methode die von jedem Unternehmen durchgeführt werden kann | Zentraler Standort kann mitten im „Nirgendwo“ liegen |
| Bestens geeignet für eine erstmalige Eingrenzung des Einzugsgebiets | Keine Berücksichtigung grenz-übergreifender Länderfaktoren |

Quelle: Eigene Darstellung.

2.3.2 Das Konzept der 1-Center-Methode

Im Vergleich zu der vorher beschriebenen sehr einfachen Methode, werden im Folgenden normative Ansätze vorgestellt. Dazu zählen unter anderem die Modelle zur Bestimmung von Zentren in Netzen.⁵¹ Der Schwerpunkt dieser Modelle liegt in der Minimierung bzw. Kostenoptimierung der Transportkosten, die in dem vorliegenden Untersuchungsgegenstand eine hohe Bedeutung darstellt. Der Gegenstand beschäftigt sich weniger mit der Planung des Standorts, als vielmehr mit der Bestimmung des logistisch-optimalen Standorts eines zentralen Punktes

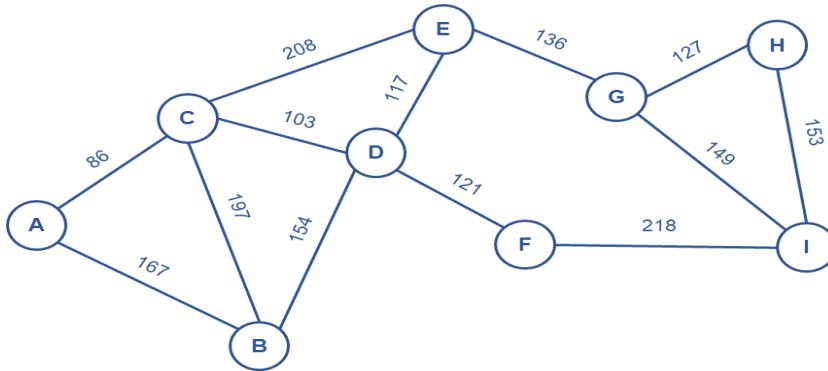
⁵¹ Vgl. *Tempelmeier, H.*, Planung logistischer Systeme, 2018, S. 13 f.

zur Belieferung mehrerer Knotenpunkte.⁵² Dieser Ansatz wird oft in der städtischen Logistikplanung verwendet um Standorte z. B. für Feuerwachen, Krankenhäuser oder andere *öffentliche* Einrichtungen zu planen. Die Zielsetzung hierbei ist es, diese in einem Netzwerk dort anzusiedeln, wo sie von allen Knoten aus am schnellsten erreicht werden können. Andere Standortfaktoren werden dabei nicht berücksichtigt. Die 1-Center-Methode wird auch als *Minimax-Zielsetzung* bezeichnet und kann folgendermaßen definiert werden.⁵³ Ein Standort ist so zu bestimmen, dass der längste Weg, den man zum anderen Punkt zurückzulegen hat, oder den man zum Erreichen des zentralen Punktes zurücklegen muss, möglichst kurz ist. Dabei kann man sich auf die Knotenmenge beschränken oder die gesamte Punktmenge als potenzielle Standorte in Betracht ziehen. Im vorliegenden Forschungsbeitrag wird immer von einem statischen und deterministischen Modell mit einer festgelegten Knotenmenge ausgegangen. Die Knoten repräsentieren dabei Lagerhäuser und es können in allen Knoten des Netzwerks Standorte eingerichtet werden. Auf den Kanten des Netzwerks sind Entfernungsdaten in km gegeben, die sich auf das Straßennetzwerk beziehen. Beim 1-Center Problem wird angenommen, dass grundsätzlich jeder Punkt eines Netzwerks als potenzielles Zentrum in Betracht kommt und keine Kapazitätsbeschränkungen vorliegen. Es geht darum, im Netzwerk zu jedem Knoten die maximale Entfernung zu den übrigen Knoten zu bestimmen und anschließend denjenigen Knoten als Center aufzufinden, der dadurch definiert ist, dass dessen maximale Entfernung aller Knoten minimal ist.⁵⁴ Die Fragestellung des Centerproblems soll hier an einem fiktiven Netzwerk in Abbildung 6 dargestellt und beispielhaft berechnet werden.

⁵² Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 72 ff.

⁵³ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 104 f.

⁵⁴ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 103 f.

Abbildung 5: Fiktives Beispiel in einem physischen Netzwerk.

Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Bestimmung des Centers in dem abgebildeten Netzwerk wird zuerst mit einem Kürzeste-Wege-Verfahren zu jedem Knoten j die maximale Entfernung $D_{\max}(j) = \max \{d_{jk} : k \in V\}$ zu allen anderen Knoten bestimmt. Im zweiten Schritt wird derjenige Knoten als Center definiert, dessen maximale Entfernung unter allen Knoten $j = 1, \dots, n$ minimal ist.⁵⁵ Man nehme an, wenn sich das zentrale Lager an den extremen Positionen des Netzwerks befinden würde, wie z. B. am Standort A, wäre die Entfernung zu Standort I mit 528km sehr hoch. So erscheint eine Ansiedlung in der Mitte des Netzwerks, z. B. am Standort D oder E sinnvoller. Bei der Ansiedlung am Standort D würden sich folgende Entfernungen zu den am Rand liegenden Standorten ergeben.

Annahme: Zentrales Lager am Standort D:

1. Entfernung zu Standort H: $117\text{km} + 136\text{km} + 127\text{km} = \underline{\underline{380\text{km}}}$

2. Entfernung zu Standort A: $154\text{km} + 167\text{km} = \underline{\underline{321\text{km}}}$

⁵⁵ Vgl. *ebd.*

$$3. \text{ Entfernung zu Standort I: } 121\text{km} + 218\text{km} = \mathbf{339\text{km}}$$

Die maximale Entfernung vom Standort D zu einem Knoten beträgt somit 380km.

Bei einer Ansiedlung des Zentrallagers am Standort E ergeben sich folgende Entfernungen.

Annahme: Zentrales Lager am Standort E:

$$1. \text{ Entfernung zu Standort H: } 136\text{km} + 127\text{km} = \mathbf{263\text{km}}$$

$$2. \text{ Entfernung zu Standort A: } 208\text{km} + 86\text{km} = \mathbf{294\text{km}}$$

$$3. \text{ Entfernung zu Standort I: } 136\text{km} + 149\text{km} = \mathbf{285\text{km}}$$

Das Maximum in diesem Fall beträgt nur 294km, zu Standort A. Folglich wäre die maximale Entfernung der beiden berechneten Varianten in diesem fiktiven Netzwerk vom Standort E aus am kleinsten und Standort E würde entsprechend als Center im Netzwerk definiert werden.

Bewertung der Methode

Die Zielsetzung einen Standort so zu lokalisieren, dass die längste Distanz von diesem Standort zu allen Nachfragepunkten minimal ist, erscheint zu Beginn trivial und sinngemäß. Durch die vereinfachte Funktionalität der 1-Center-Methode kann die Bestimmung der minimalen Entfernung, aus vorher ermittelten maximalen Entfernungen zu jedem Knoten sehr schnell durchgeführt werden. Das Modell geht lediglich von den gegebenen Standorten eines Netzwerkes aus. Diese Annahme vereinfacht zunächst die Anwendung, kann allerdings auch einen Nachteil erzeugen, wenn es darum geht, den optimalen zentralen Standort zu finden. Mögliche evtl. näher liegende Standorte werden bei dieser Methodenvariante bereits von Beginn an ausgeschlossen und nicht analysiert. Des Weiteren spielt in dieser Methodenformulierung die Nachfrage der einzelnen Standorte keine Rolle.

Aus rein praktischer Überlegung macht jedoch eine Erweiterung um diese, mit einer gleichzeitigen Gewichtung des Nachfragevolumens der entsprechenden Korrektur der angesetzten Entfernungen durchaus Sinn.⁵⁶

Tabelle 8: Zusammenfassung von Pro & Kontra, Das 1-Center- Problem

| Pro | Kontra |
|-----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Gute Abbildung der Realität anhand von tatsächlichen km- Entfernungen | Kein Einbezug weiterer, relevanter Standortfaktoren |
| Das Ergebnis stellt eine gute Annäherung an die reale Situation dar | Lediglich bestehende Standorte kommen in Betracht |
| Übersichtliche und einfache Möglichkeit einer Standortvorauswahl | Kein Einbezug der Nachfragemengen an den einzelnen Standorten |

Quelle: Eigene Darstellung.

2.3.3 Das Konzept der 1-Center-Methode

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, unterscheiden sich einzelne Methoden in der Standorttheorie in der jeweiligen Zielsetzung. Dieses Unterkapitel beschreibt das Median- Problem mit der Zielsetzung der Minimierung von Transportkosten. Während es beim 1-Center-Problem um die Begrenzung der maximalen Entfernung, die ein Kunde zurückzulegen hat ging, geht es bei dieser Problemstellung um die kleinste Summe der *gewichteten* Entfernungen des zentralen Lagerstandorts zu den verschiedenen Knotenpunkten in einem Netzwerk.⁵⁷ Diese Methode bildet modellhaft die Ansiedlung eines Zentrallagers zur Versorgung von lokalen Lagern in einer definierten Region ab, wobei die Nachfrage der zu versorgenden Knotenpunkte unterschiedlich gewichtet wird.⁵⁸ Die Zielsetzung

⁵⁶ Vgl. *Daskin, M.S.*, Netzwerkmodelle 2013, S. 200.

⁵⁷ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014, S. 122 f.

⁵⁸ Vgl. *Schilling, D.A.; Rosing, K.E.; ReVelle, C.S.*, Medianproblem, 2000, S. 525-536.

ist die Ermittlung eines zentralen Standorts, in Abhängigkeit der unterschiedlichen Nachfrage, bei dem die gewichteten Transportkosten am geringsten ausfallen.

Die Vorgehensweise kann wie folgt beschrieben werden:

Gegeben sind insgesamt vier Standorte sowie die jeweilige, jährlich benötigte Stückzahl mit identischen Frachtkosten pro Standort pro Stück-km. Man legt fest, dass sich der Median auf eine LKW-Ladung bezieht. Die Überwindung der Distanz kann nur in einem rechtwinkligen Wegenetz innerhalb der X- und Y-Achsen erfolgen. Diagonale Bewegungen werden in dem Medianmodell ausgeschlossen.⁵⁹

1. Übertragung der gegebenen und festgelegten Größen pro Einheit:

Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der benötigten Werte

| Standortplanung im Netzwerk – Median Model | | | | | |
|--------------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------|
| Standort | Koordinaten (X, Y) | Entfernung | Frachtkosten €/Stückkm(F_n) | Jährl. Stückzahl (D_n) | Frachtkosten gesamt |
| A | (10/80) | <i>gesucht</i> | 10 | 389 | <i>gesucht</i> |
| B | (30/60) | <i>gesucht</i> | 10 | 548 | <i>gesucht</i> |
| C | (80/50) | <i>gesucht</i> | 10 | 470 | <i>gesucht</i> |
| D | (50/10) | <i>gesucht</i> | 10 | 620 | <i>gesucht</i> |
| | | | Summe: | 2027 | ? |

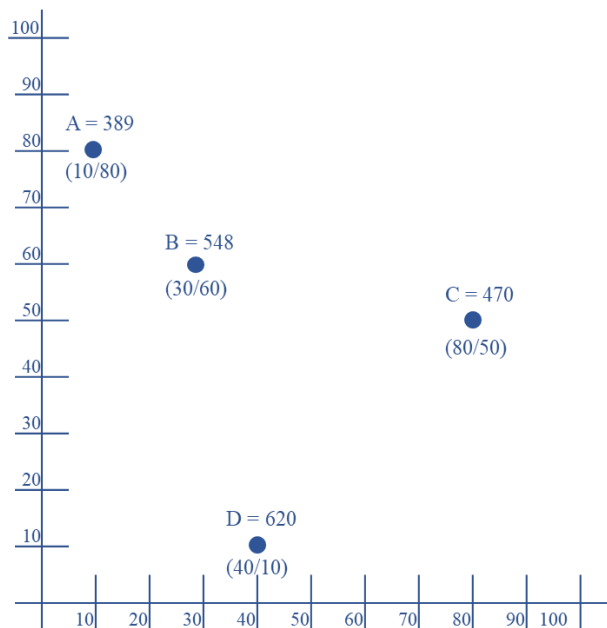
Quelle: Eigene Darstellung.

Man definiert, dass die vier abgebildeten Knoten lokale Lager mit einer ständigen Nachfrage an Gütermengen darstellen. Um diese beliefern zu können soll ein zentrales Lager zur Versorgung eingerichtet werden. Es wird angenommen, dass die Nachfrage der verschiedenen Lager unterschiedlich ist und dass das zentrale

⁵⁹ Vgl. Bach, L., Standortbestimmung zentraler Einrichtungen, 1978, S. 60.

Lager genügend Kapazität aufweist, um die Nachfrage aller lokalen Lager zu erfüllen. Für die Ermittlung eines optimalen Standortes zwischen den linearen Orten sind die zu transportierende Gütermenge und nicht die Entfernungen zwischen den Lagern maßgeblich. Somit wird die Entscheidung für einen Standort nach der Stück-gewichteten Entfernung an einer Verbindungslinie getroffen.⁶⁰ Dabei ist nicht entscheidend ob die Güter vom Zentrallager in die lokalen Lager transportiert werden, oder umgekehrt. Es gelten Einheitstransportkosten, welche für den Transport einer Gütereinheit auf der Strecke zwischen dem Zentrallager und dem Nachfrage- oder Beschaffungsort entstehen.⁶¹ Abbildung 7 zeigt die vier festgelegten Standorte, die als diskrete Punkte durch Knoten des X-Y-Koordinatennetzes abgebildet werden.

Abbildung 6: Anordnung fiktiver Standorte in einem X-Y-Koordinatensystem.



⁶⁰ Vgl. Francis, R., L., Optimal Position, 1963, S. 57-59.

⁶¹ Vgl. Bloech, J., Industrieller Standort, 1994, S. 76.

Quelle: Eigene Darstellung.**2. Ermittlung des Median der jährlich zu transportierenden Gütermenge:**

Der Median aus der Summe der jährlich benötigten Gütermengen pro Standort.

Formel: $n = \sum$ aller Gtermengen aus Standort A, B, C, D

$$n = 389 + 548 + 470 + 620 = \underline{\underline{2.027}}$$

Vorgehen: Anschließend wird aus der Summe der Gesamtgütermenge aller Standorte, die Median- Gütermenge der gesamten Menge kalkuliert. ($n = \text{Gütermenge}$)

Formel: $\frac{n+1}{2}$

Berechnung: $\frac{2.027+1}{2} = 1.014$

3. Ermittlung der X- Koordinate des neuen zentralen Standorts:

Nach der Berechnung des Medial-Wertes aus der Summe der Gütermengen aller Standorte ermittelt man anhand der rechtwinkligen Distanzen, getrennt für horizontale und für vertikale Koordinaten, die X- und Y-Koordinate des zentralen Standorts. Eine mögliche tabellarische Lösung sieht so aus, dass die Nachfragestandpunkte nach ihrem Koordinatenwert aufsteigend sortiert werden und die nachgefragte Gütermenge Zeile für Zeile kumuliert wird. Die Koordinate, an der die kumulierte Nachfrage 50% der gesamten Nachfrage überschreitet, wird für

den optimalen Standort gewählt.⁶² Dieser Vorgang wird für die X- und die Y-Koordinate getrennt durchgeführt.

Vorgehen: Man bewegt sich im X-Y-Koordinatensystem von links nach rechts entlang der X-Achse bis man den nächsten Standort erreicht. Anschließend übernimmt man die entsprechenden Gütermengen pro Standort. Diesen Prozess führt man solange durch bis man an einem Standort den errechneten Median- Wert erreicht.

Formel:

| | |
|-------------------|----------------------------------------------|
| $A = 1 - 389$ | (Gütermenge von Standort A) |
| $B = 390 - 937$ | (Gütermenge A + Gütermenge B) |
| $D = 938 - 1.558$ | (Gütermenge A + Gütermenge B + Gütermenge D) |

Da der vorher errechnete Medianwert der gesamten Gütermenge von 1.014 innerhalb der kumulierten Menge von D liegt, wird die X- Koordinate von Standort D für den neuen zentralen Standort übernommen.

Ergebnis: Zentrallager: X- Koordinate = 40

4. Ermittlung der Y- Koordinate des neuen Zentral- Standorts:

Das Vorgehen entspricht dem gleichen Ablauf wie in Schritt 3, nur entlang der Y-Achse von unten nach oben.

Vorgehen: Man bewegt sich im X-Y-Koordinatensystem von unten nach oben entlang der Y- Achse bis man den ersten Standort erreicht. (Siehe Schritt 3)

⁶² Vgl. *Eiselt, H.A., Sandblom, C.L., Nonlinear Optimization, 2019, S. 222-223.*

Formel: $D = 1 - 620$ (Gütermenge von Standort D)

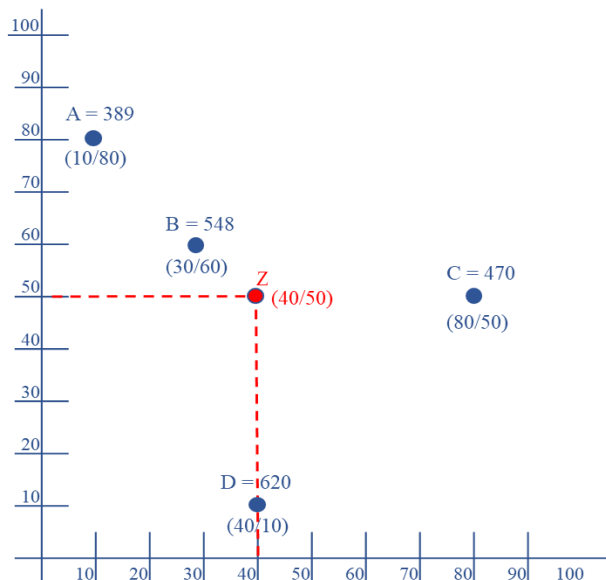
Berechnung: $C = 621 - 1.090$ (Gütermenge D + Gütermenge C)

Da der vorher errechnete Median-Wert der gesamten Gütermenge von 1.014 innerhalb der kumulierten Menge von C liegt, wird die Y- Koordinate von Standort C für den neuen zentralen Standort übernommen.

Ergebnis: Zentralstandort: Y- Koordinate = 50

X-Y-Koordinaten des zentralen Standorts: (40/50)

Abbildung 7: Übertragung der ermittelten X-Y-Koordinaten ins Koordinatensystem.



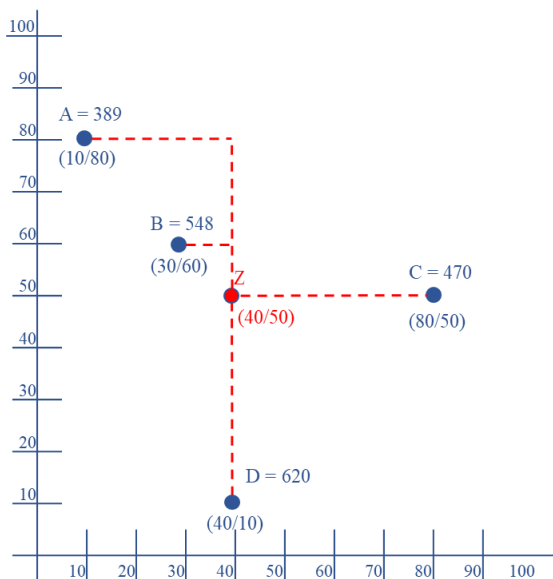
Quelle: Eigene Darstellung.

5. Kalkulation der Entfernungen zwischen dem Zentrallager (Z) und den gegebenen Standorten:

Wenn sich eine beliebige Anzahl von Standorten entlang einer geraden Strecke befindet, liegt der transportkostenminimale optimale Standort für ein zentrales Lager in dem Ort, in welchem „die von einem Ende der Strecke an kumulierten Transportgewichte gerade den halben Wert aller Transportgewichte zusammen überschreiten.“⁶³

Vorgehen: Es wird im XY- Koordinatensystem die Differenz zwischen dem neuen Zentrallager (Z) und den restlichen Lagern ermittelt.

Abbildung 8: Erfassung der Entfernungen zwischen Z und den Standorten.



Quelle: Eigene Darstellung.

⁶³ Vgl. Bloech, J., Industrieller Standort, 1994, S. 206.

Vorgehen: Die Distanz zwischen den gegebenen Lagern und dem Zentrallager Z wird anhand der XY- Koordinaten berechnet.

Formel: $= (X\text{-Koord. Z} - X\text{-Koord. Lager}) + (Y\text{-Koord. Z} - Y\text{-Koord. Lager})$

Berechnung: **Entfernung Z zu A** = $(40 - 10) + (80 - 50) = 60$

Entfernung Z zu B = $(40 - 30) + (60 - 50) = 20$

Entfernung Z zu C = $(80 - 40) + (50 - 50) = 40$

Entfernung Z zu D = $(40 - 40) + (50 - 10) = 40$

Ergebnis: Entfernung vom Zentrallager Standort Z zu den gegebenen Lagern.

Entfernung Z zu A = 60

Entfernung Z zu B = 20

Entfernung Z zu C = 40

Entfernung Z zu D = 40

6. Berechnung der jeweiligen Gesamt- Frachtkosten pro Lager- Standort:

Es spielt bei der Ansiedlung des Zentrallagerstandortes die Transportleistung eine Rolle, die für die Versorgung der Knotenpunkte aufzuwenden ist und die als Entfernung multipliziert mit der Gütermenge definiert ist. Das Kriterium der Transportleistung wird gewählt, weil angenommen wird, dass die Transportkosten eine ansteigende Funktion der Transportleistung darstellen. Die Minimierung der

Transportleistung bedeutet zugleich die Transportkosten zu minimieren. Demnach kann der Standort für ein Zentrallager mit der geringsten Transportleistung über alle Standorte ermittelt werden und stellt den Median im Netzwerk dar.⁶⁴

Vorgehen: Für die Gesamtfrachtkosten (GF) wird im XY- Koordinatensystem die Differenz zwischen dem neuen Lager (Z) und den restlichen Lagern berechnet.

Formel: $GF = \text{Entfernung} * \text{Frachtkosten€}/\text{Stückkm} (F_n) * \text{jährl. Stückzahl} (D_n)$

Berechnung: $GF_A = 60 * 10 * 389 = 233.400$

$GF_B = 20 * 10 * 548 = 109.600$

$GF_C = 40 * 10 * 470 = 188.000$

$GF_D = 40 * 10 * 620 = 248.000$

Ergebnis: **Gesamtfrachtkosten (GF) =** siehe untere Tabelle 10

Tabelle 10: Tabellarische Darstellung der ermittelten Ergebnisse

| Standortplanung im Netzwerk – Median Model | | | | | |
|--------------------------------------------|--------------------|------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Standort | Koordinaten (x, y) | Entfernung | Frachtkosten €/Stückkm(F _n) | Jähr. Stückzahl (D _n) | Frachtkosten gesamt |
| A | (10/80) | 60 | 10 | 389 | 233.400 |
| B | (30/60) | 20 | 10 | 548 | 109.600 |
| C | (80/50) | 40 | 10 | 470 | 188.000 |
| D | (50/10) | 40 | 10 | 620 | 248.000 |
| | | | Summe: | 2027 | 779.000 |

Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁴ Vgl. Thonemann, U., Operations Management, 2010, S. 101-103.

Bewertung der Methodik

Das beschriebene, einfache Medianmodell verfolgt das Ziel, die Transportkostenminimalsten Standorte in einem gegebenen Netzwerk von Standorten zu lokalisieren. Der Vorteil der Methode liegt darin, dass die Nachfrage an den verschiedenen Standorten berücksichtigt wird. So wird nicht nur die Entfernung zwischen den Standorten als Entscheidungsbasis verwendet, sondern auch die jeweils am Standort benötigten Stückzahlen. Die Transportkosten stellen demnach eine logarithmische Kostenfunktion dar, die von der Verteilung der Nachfrage auf die Mediane abhängig sind. Die Zuteilung ist für die Ermittlung der Kosten zuständig und fließt in das Modell nur indirekt mit ein.⁶⁵ Außerdem werden mittels dieser Methode nicht nur die gegebenen Standorte für einen zentralen Standort berücksichtigt, sondern die von der Nachfrage abhängigen tatsächlichen Standorte in einem Koordinatensystem.

Tabelle 11: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Das Median- Problem

| Pro | Kontra |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Standorte, je nach Nachfragegewichteter Entfernung werden identifiziert | Kein Einbezug weiterer, relevanter Standortfaktoren |
| Einbezug der Anzahl von Fahrten zwischen Knotenpunkten | Beschaffungsseite sowie Kapazitätsengpässe werden außen vor gelassen |
| Berücksichtigung der jeweiligen Nachfrage (Stückzahlen) der lokalen Lager | Kein Einbezug von variablen oder fixen Kosten |

Quelle: Eigene Darstellung.

⁶⁵ Vgl. *Domschke, W., Drexel, A., Standortplanung, 2011, S. 162.*

2.3.4 Lineare Zentrallager- Bestimmung mittels der Software LINGO

Wo muss ein Zentrallager in Europa geographisch angesiedelt werden, um die gesamten Distributionskosten zu den gegebenen Knotenpunkten zu minimieren? Anhand einer Anwendung eines computerbasierten Unterstützungs- Tools soll diese Fragestellung in diesem Unterkapitel beantwortet werden. Bei einer softwarebasierten Standortplanung können Experten aus allen Bereichen, wie z. B. der Mathematik, Informatik, Operations-Research oder Fachkräfte aus der Stadtplanung und Standorttheorie einbezogen werden. Dies ermöglicht es, viele verschiedene Aspekte und Sichtweisen in die Entscheidungsmodelle einfließen zu lassen. Bereits in der Literatur zu Methoden der Standorttheorie wird auf Standortplanungssoftware verwiesen.⁶⁶ In diesem Fall wird das Lokalisierungsproblem für einen zentralen Standort anhand einer linearen Programmierung der Software LINGO von LINDO Systems gelöst. Seit 1979 ist die Software gängiges Tool für Geschäfts- als auch Bildungseinrichtungen und ein einfaches Werkzeug für die Nutzung linearer und nicht-linearer Optimierung.⁶⁷ Es ermöglicht eine nahtlose Integration mehrerer Variablen innerhalb eines linearen Problems und bietet eine schnelle und exakte Berechnung.⁶⁸ Lokale Standort-Lösungstools sind im Allgemeinen so konzipiert, dass sie nur solange suchen, bis sie ein lokales Optimum identifiziert haben. Wenn das Modell nicht konvex ist, können allerdings andere lokale Optima existieren, die signifikant bessere Lösungen ergeben. Anstatt beim ersten lokalen Optimum anzuhalten, konvertiert die Software LINGO das ursprüngliche nichtkonvexe, nicht-lineare Problem in mehrere konvexe, lineare Teilprobleme und durchsucht diese anhand der Branch-and-Bound Technik nach der optimalen Lösung.⁶⁹ Für diese Berechnungsoptionen ist die

⁶⁶ Vgl. *Thonemann, U.*, Operations Management, 2010, S. 124.

⁶⁷ Vgl. <https://www.lindo.com/index.php/company/the-lindo-story>, Zugriff am 16.05.2020.

⁶⁸ Vgl. <https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling>, Zugriff am 16.05.2020.

⁶⁹ Vgl. *Lindo Systems Inc.*, LINGO the Modeling Language and Optimizer, 2018, S. 104.

LINGO- Vollversion notwendig, die nach einer Anfrage durch einen Lizenzschlüssel per E-Mail von der LINDO Systems Inc. in Chicago zu Forschungszwecken zur Verfügung gestellt wurde. Somit wird im Kontext der Anwendung zur Bestimmung eines optimalen Standorts für ein Zentrallager mit den minimalsten Transportkosten folgendes Beispiel analysiert und berechnet. Es wird beispielhaft von den folgenden Parametern ausgegangen. Gegeben sind insgesamt fünf Standorte. Drei Nachfragelager (A, B, C) sowie zwei Beschaffungslager (D, E) die jeweils die drei Standorte beliefern sollen. Die Nachfrage- als auch Beschaffungslager werden als Gitterpunkte in einer Ebene lokalisiert. Jedem Lager werden fiktive Kapazitätsmengen bzw. jährlich benötigte Stückzahlen zugeordnet. Die Transportkosten werden beispielhaft mit jeweils 10 EUR pro Stück-km angesetzt.

Tabelle 12: Datentabelle- LINGO.

| Ermittlung eines Zentrallagers mittels dem Programm LINGO | | | | |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Nachfragelager | Koordinate X_n | Koordinate Y_n | Frachtkosten €/Stückkm(F_n) | Jähr. Stückzahl (D_n) |
| A | 10 | 80 | 10 | 389 |
| B | 30 | 60 | 10 | 548 |
| C | 80 | 50 | 10 | 470 |
| Beschaffungsl. | | | | |
| D | 50 | 10 | 10 | 800 |
| E | 10 | 20 | 10 | 900 |

Quelle: Eigene Darstellung.

Alle Entfernungen werden als geometrischer Abstand zwischen zwei Punkten in der Ebene bestimmt. Es wird definiert, dass die Transportkosten linear mit der

jeweiligen Versandmenge pro Standort steigen. Es wird nach dem zentralen Standort gesucht, der die anderen Lieferpunkte mit Gütermengen versorgt. Ziel ist es anhand der Software LINGO den zentralen geographischen Standort zu ermitteln, bei dem Produkte zu den geringsten Kosten an die jeweiligen Lager geliefert werden ohne dass das gewünschte Serviceniveau beeinträchtigt wird. Folgende Daten werden definiert:

x_n, y_n = Koordinatenort eines Marktes oder einer Bezugsquelle n

F_n = Kosten für den Versand einer Einheit für einen km zwischen den gegebenen Standorten n

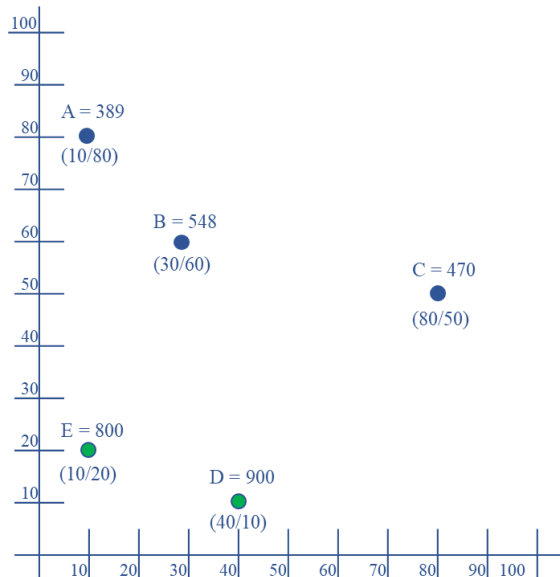
D_n = Nachfragemenge die verschickt werden muss zwischen Nachfrage- und Beschaffungslager n

Entfernung = Wenn (x,y) der für den zentralen Standort ausgewählte Standort ist, ist die Entfernung d_n zwischen dem zentralen Standort und der Bezugsquelle n gegeben durch:

$$\sqrt{(x-x_n)^2+(y+y_n)^2}$$

TK = Transportkosten definiert durch:

$$TK = \sum_{n=1}^k d_n D_n F_n$$

Abbildung 9: Nachfrage- und Beschaffungslager in einer Ebene.

Quelle: Eigene Darstellung.

1. Eingabe der Sets im Programm LINGO für das zu berechnende Modell:

Sets werden in einem optionalen Abschnitt eines LINGO- Modells definiert, der als Sets- Abschnitt bezeichnet wird. Für die Verwendung von Sets in einem LINGO- Modell müssen diese erst definiert werden. Der Abschnitt „Sets“ beginnt mit dem Schlüsselwort **SETS:** (einschließlich des Doppelpunktes) und endet mit dem Schlüsselwort **ENDSETS.**⁷⁰ Im vorliegenden Beispiel sind diese definiert durch die gegebenen Standorte und die jeweiligen Transportkosten sowie Gütermengen pro Standort.

⁷⁰ Vgl. *Lindo Systems Inc.*, LINGO the Modeling Language and Optimizer, 2018, S. 67 f.

SET- Eingabe: **MODEL :**
 SETS :
 STANDORTE: TRANSPORTKOSEN, GUETER-
 MENGE,
 X, Y, D;
 ENDSETS

2. Eingabe der entsprechenden Daten im Abschnitt „Daten“ im Programm LINGO:

Für die Eingabe der zu berechnenden Daten verwendet LINGO einen zweiten optionalen Abschnitt, den Datenabschnitt. Im Datenbereich können alle Daten aus den Gleichungen des Modells isoliert werden. Dies ist insofern nützlich, als es zu einer einfachen späteren Anpassung führt und das Skalieren eines Modells auf größere oder kleinere Dimensionen erleichtert. Ähnlich wie im „Sets“ Abschnitt beginnt der Datenabschnitt mit dem Schlüsselwort **DATA:** (einschließlich des Doppelpunktes) und endet mit dem Schlüsselwort **ENDDATA**⁷¹.

Funktion- Eingabe: **DATA :**
 STANDORTE = A, B, C, D, E;
 TRANSPORTKOSTEN= 10, 10, 10, 10,
 10;
 GUETERMENGE = 389, 548, 470, 800,
 900;
 X = 10, 30, 80, 50, 10;
 Y = 80, 60, 50, 10, 20;
 ENDDATA

3. Einstellung der beabsichtigten Funktionen im Programm LINGO:

Mit den Set-Looping-Funktionen können alle Daten eines Sets eine Operation durchlaufen. In der aktuellen LINGO-Version 18.0 stehen fünf Funktionen zur Verfügung (**FOR, SUM, MIN, MAX, PROD**).⁷² Für das zu berechnende Modell

⁷¹ Vgl. *Lindo Systems Inc.*, LINGO the Modeling Language and Optimizer, 2018, S. 74.

⁷² Vgl. *Lindo Systems Inc.*, LINGO the Modeling Language and Optimizer, 2018, S. 76.

eines zentralen Standortes, von dem aus die Transportkosten am minimalsten ausfallen wird demnach die Funktion „MIN“ verwendet.

Daten-Eingabe:

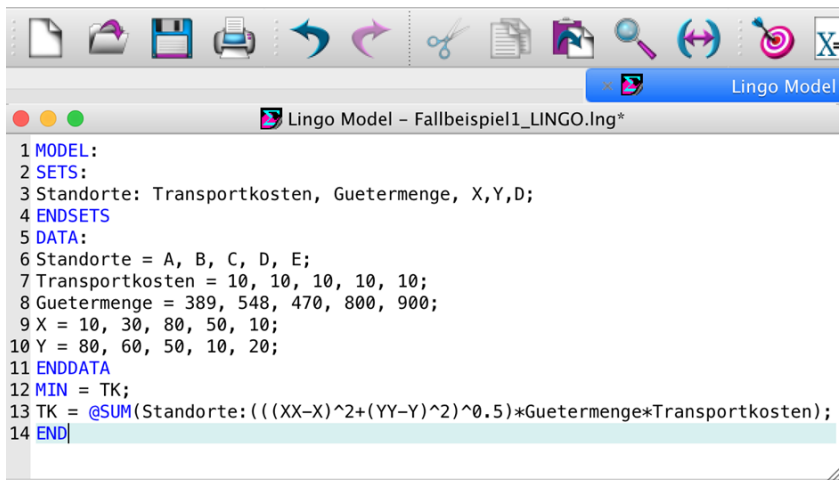
```

MIN = TK;
TK = @SUM(Standorte: (( (XX-X) ^2+ (YY-
Y) ^2) ^0.5) *Guetermenge*Transport-
KOSTEN);
END

```

Die anschließende Abbildung 10 zeigt die tatsächliche Eingabe der Daten im Programm LINGO.

Abbildung 10: LINGO-Modelleingabe.



```

1 MODEL:
2 SETS:
3 Standorte: Transportkosten, Guetermenge, X,Y,D;
4 ENDSETS
5 DATA:
6 Standorte = A, B, C, D, E;
7 Transportkosten = 10, 10, 10, 10, 10;
8 Guetermenge = 389, 548, 470, 800, 900;
9 X = 10, 30, 80, 50, 10;
10 Y = 80, 60, 50, 10, 20;
11 ENDDATA
12 MIN = TK;
13 TK = @SUM(Standorte: (( (XX-X) ^2+ (YY-Y) ^2) ^0.5) *Guetermenge*Transportkosten);
14 END

```

Quelle: Bildschirmausdruck- Programm LINGO

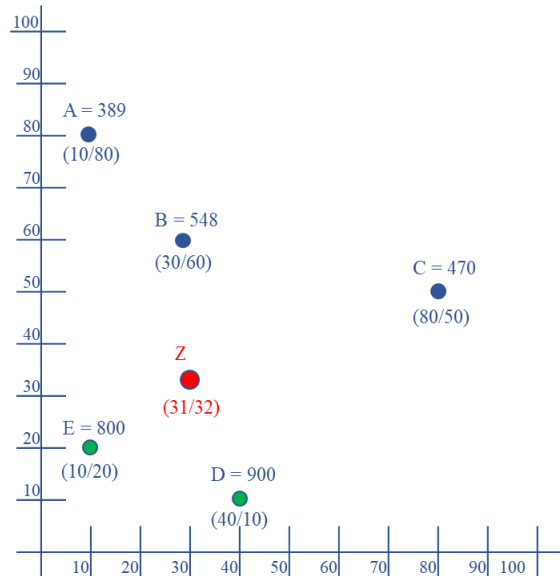
Nach der Eingabe aller Parameter und Funktionen zum Fallbeispiel (aus Tabelle 11) wird der „SOLVE“ (Englisch: Lösen) Knopf betätigt, um das Ergebnis des Modells zu berechnen. Dazu sieht man nachfolgend die Ergebnisausgabe des Programms in Abbildung 15. Die gesuchten Ausgabeparameter, nämlich die XY-Koordinaten des zentralen Punktes in der Ebene wurden gelb markiert.

Abbildung 11: LINGO-Ergebnisausgabe.

| Variable | Value | Reduced Cost |
|---------------------|------------------|--------------|
| TK | 1052899. | 0.000000 |
| XX | 31.14845 | 0.000000 |
| YY | 32.29635 | 0.000000 |
| TRANSPORTKOSTEN(A) | 10.00000 | 0.000000 |
| TRANSPORTKOSTEN(B) | 10.00000 | 0.000000 |
| TRANSPORTKOSTEN(C) | 10.00000 | 0.000000 |
| TRANSPORTKOSTEN(D) | 10.00000 | 0.000000 |
| TRANSPORTKOSTEN(E) | 10.00000 | 0.000000 |
| GUETERMENGE(A) | 389.0000 | 0.000000 |
| GUETERMENGE(B) | 548.0000 | 0.000000 |
| GUETERMENGE(C) | 470.0000 | 0.000000 |
| GUETERMENGE(D) | 800.0000 | 0.000000 |
| GUETERMENGE(E) | 900.0000 | 0.000000 |
| X(A) | 10.00000 | 0.000000 |
| X(B) | 30.00000 | 0.000000 |
| X(C) | 80.00000 | 0.000000 |
| X(D) | 50.00000 | 0.000000 |
| X(E) | 10.00000 | 0.000000 |
| Y(A) | 80.00000 | 0.000000 |
| Y(B) | 60.00000 | 0.000000 |
| Y(C) | 50.00000 | 0.000000 |
| Y(D) | 10.00000 | 0.000000 |
| Y(E) | 20.00000 | 0.000000 |
| D(A) | 1287.637 | 0.000000 |
| D(B) | 0.5302463 | 0.000000 |
| D(C) | 0.4207865E-01 | 0.000000 |
| D(D) | 0.3492320E-01 | 0.000000 |
| D(E) | 1.125594 | 0.000000 |
| Row | Slack or Surplus | Dual Price |
| 1 | 1052899. | -1.000000 |
| 2 | 0.000000 | -1.000000 |

Quelle: Bildschirmausdruck- Programm LINGO.

Wie man an dem Ergebnis des Programms in Abbildung 15 erkennen kann, werden nach der Berechnung der Mindest-Transportkosten eines zentralen Standorts die entsprechenden X- und Y-Koordinaten für den zentralen Koordinatenpunkt in der Ebene ausgegeben, von dem aus die Transportkosten zu den fünf Punkten am minimalsten sind. Folglich werden die Koordinaten $X = 31$ und $Y = 32$ identifiziert und in das Koordinatensystem übertragen.

Abbildung 12: Lokalisierung des Zentrallagers mittels der XY-Koordinaten.

Quelle: Eigene Darstellung.

Mit Hilfe des linearen Modells im Programm LINGO und anhand des beschriebenen Beispiels mit mehreren Knotenpunkten und unterschiedlichen Nachfragemengen können die Koordinaten eines zentralen Punktes schnell berechnet werden. Die Knotenpunkte als auch die dazugehörigen Variablen können jederzeit beliebig verändert oder erweitert werden. Um den entsprechenden Zentralstandort auf einer Karte zu identifizieren kann das Koordinatensystem auf eine Landkarte oder einen Stadtplan gelegt werden. Ausgehend von den gegebenen Standorten, die auf der Landkarte entsprechend markiert werden müssen, kann der zentrale Standort bzw. der Umkreis für einen Standort bestimmt werden.

Bewertung der Methode

Die Software LINGO und das angewandte lineare Modell bieten eine einfache und präzise Lokalisierungsmöglichkeit eines zentralen Standorts in einem Koordinatensystem. Dabei werden vorhandene Lager, die durch das zentrale Lager mit Gütern versorgt werden sollen in das Koordinatensystem übertragen. Dieses „Gravity Location Modell“⁷³ kann auf eine beliebige Landkarte oder einen Stadtplan übertragen werden. Mit Hilfe des Programms können anschließend mehrere Varianten von Standorten und diversen Parametern wie z. B. Nachfragemengen in das Modell eingebaut werden. Die Berechnung der Lösung des Modells erfolgt in weniger als einer Sekunde (abhängig von der Hardware und dem Betriebssystem, auf dem das Programm läuft)⁷⁴ und erzielt ein sehr präzises Ergebnis zum zentralen Standortproblem. Ein enormer Vorteil des Programms liegt in der praktischen Handhabung und Translation tatsächlicher, in der Praxis existierender Problemstellungen. Dadurch lassen sich komplexe Problemstellungen unter Einbezug von Kosten oder anderen Problemstellungen wie z. B. der optimierten Tourenplanung, oder Kapazitäten und Budget lösen. Ein minimaler Nachteil dieser unkommerziellen Softwarelösung ergibt sich aus der eher durchschnittlichen Benutzerfreundlichkeit. Die Funktionalität steht hierbei im Vordergrund. Ein intuitives und übersichtliches Bedienfeld sucht man in dem Programm vergeblich. Auch das Aufbereiten und Darstellen von Ergebnissen in Diagrammen für eine mögliche Präsentation wird nicht unterstützt.

⁷³ Vgl. *Baumol, W.J., Wolfe, P.*, Warehouse-Location Problem, 1958, S. 252 – 263.

⁷⁴ Vgl. *Lindo Systems Inc.*, LINGO the Modeling Language and Optimizer, 2018, S. 53.

Tabelle 13: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Das Median- Problem

| Pro | Kontra |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Kapazitäten und mehrere Kostenfunktionen können hinzugefügt werden | Anschaffung einer Software für einmaligen Zweck ist sehr kostenintensiv |
| Schnelle und fehlerfreie automatische Berechnung eines Standorts | Funktionalität über Benutzerfreundlichkeit (komplexe Handhabung) |
| Anpassungen bzw. Ergänzungen jederzeit möglich | Keine weitere Aufbereitung und bildliche Darstellung möglich |

Quelle: Eigene Darstellung.

2.3.5 Zielsetzung der Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse (NWA) ist ein Scoringmodell, das die Bewertung mehrerer Alternativen auf Basis einer n-fachen Zahl von Kriterien zur Entscheidungsfindung ermöglicht.⁷⁵ Bevorzugt wird sie angewendet, wenn sich die entscheidungsrelevanten Konsequenzen schwer quantifizieren lassen, was meistens bei Faktoren der Fall ist, die keinen ökonomischen Hintergrund haben. Es ist ein universell einsetzbares Punktbewertungsverfahren, das dem Entscheidungsträger erlaubt, parallel mehrere Investitionsobjekte vergleichend zu analysieren (kompensatorische Methode zur Alternativbewertung unter Verwendung von Ratingskalen).⁷⁶ Diese Methode zählt zu den Scoring-Modellen und ordnet den einzelnen Standortalternativen einen Nutzwert zu, der aus den jeweiligen Faktoren abgeleitet wird. Zu beachten ist dabei, dass sich die Gewichtung der einzelnen Standortfaktoren stark an den Anforderungen bzw. Bedürfnissen der jeweiligen

⁷⁵ Vgl. *Glatte, T.*, Die Nutzwertanalyse, 2017, S. 168.

⁷⁶ Vgl. *Ottmann, M., Lifka, S.*, Methoden der Standortanalyse, 2010, S. 83.

Entscheidungsträger orientiert.⁷⁷ Der zu ermittelnde Nutzwert stellt eine dimensionslose Kennzahl dar bei der die Ermittlung bzw. die Vorgehensweise wie folgt beschrieben werden kann:

1. *Auswahl der Kriterien (K_j):* Nach diesen Kriterien (Standortfaktoren) richtet sich die Standortauswahl. (Aufstellung eines Zielkriterien-Systems)
2. *Gewichtung der Kriterien (G_j):* Mit Hilfe der Gewichtung wird die Bedeutung der Standortkriterien (K_j) im Verhältnis zueinander festgelegt. Die Gewichtung kann dabei frei gewählt werden.
3. *Auswahl der Standortalternativen (S_i):* Die Existenz von mehreren Standortalternativen (S_i) ist eine essenzielle Voraussetzung für die Anwendbarkeit der NWA.
4. *Ermittlung des Grades der Zielerreichung / Erfüllungsgrad (G_{ij}):* Für jedes Kriterium (K_j) wird getrennt für jeden Standort (S_i) das Ausmaß der Zielerreichung ermittelt.
5. *Ermittlung der Teilnutzwerte (N_{ij}):* Für jeden Standort (S_i) wird der Teilnutzwert (N_{ij}) des betreffenden Kriteriums (K_j) durch Multiplikation der Gewichtungsfaktoren (G_j) berechnet.
6. *Ermittlung der Gesamtnutzwerte (N_i):* Die Aggregation der Teilnutzwerte (N_{ij}) pro Standortalternative (S_i) ergibt den Gesamtnutzwert (N_i) für den jeweiligen Standort (i), ermittelt aus m Kriterien (K_j).
7. *Auswertung und Interpretation des Ergebnisses:* Nach Ermittlung des Gesamtnutzwertes für jede Standortalternative (siehe Tab. 8) sind diese miteinander zu vergleichen. Im Ergebnis wird der Standort mit dem höchsten Nutzwert gewählt.⁷⁸

⁷⁷ Vgl. Heuer, K., Gewichtung der Standortfaktoren, 2011, S. 46 ff.

⁷⁸ Vgl. Bleis, C., Gesamtnutzwert, 2011, S. 153 ff.

Es folgt nun eine beispielhafte Darstellung der NWA an einem fiktiven Beispiel. Auch die Gewichtung der ausgewählten und als wichtig angesehenen Standortigenschaften, wurde hier frei gewählt.

Die einzelnen Abkürzungen werden wie folgt definiert:

S_i = Standortalternativen

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ = Zahl der Standorte (Hier 3 Standorte)

K_j = Beurteilungskriterium (Standortfaktor)

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ = Zahl der Beurteilungskriterien

G_j = Gewichtungsfaktor für das Beurteilungskriterium (K_j)

N_{ij} = Teilnutzwert des Kriteriums (K_j) am Standort (S_i)

N_i = Gesamtnutzwert des Standortes (S_i)

Tabelle 14: Beispielhafte Darstellung einer Nutzwertanalyse

| Nutzwertanalyse- Zentrales Distributionslager | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|----------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|
| Standort- Kriterien (K_j) | Gewichtung (G_j) | Standort A (S1) | | Standort B (S2) | | Standort C (S3) | |
| | | TN (N_{ij}) | gew. TN | TN (N_{ij}) | gew. TN | TN (N_{ij}) | gew. TN |
| K1: Kaufpreis Lagergebäude | 0,30 | 11 | 3,3 | 10 | 3,0 | 15 | 4,5 |
| K2: Höhe der Betriebskosten | 0,25 | 9 | 2,3 | 8 | 2,0 | 12 | 3,0 |
| K3: Höhe Personalkosten | 0,10 | 3 | 0,3 | 2 | 0,2 | 2 | 0,2 |
| K4: Politische Stabilität | 0,10 | 5 | 0,5 | 4 | 0,4 | 8 | 0,8 |
| K5: Fördermittel (Subventionen) | 0,15 | 3 | 0,5 | 0 | 0,0 | 3 | 0,5 |
| K6: Geltende Gewerbesteuer | 0,10 | 2 | 0,2 | 1 | 0,1 | 3 | 0,3 |
| Nutzwerte (N_j) | 1,0 | - | 7,0 | - | 5,7 | - | 9,3 |

Quelle: Eigene Darstellung.

Der optimale Nutzwert (NW_j) des hier potenziellen Standorts S_j wurde hierbei wie folgt ermittelt:

$$NW_j = (N_{ij} * G_i) + (N_{ij} * G_i)$$

Basierend auf den Untersuchungsergebnissen der oben exemplarisch durchgeführten NWA würde die Standortalternative C (S3) am besten abschneiden und wäre somit ein Kandidat für eine detailliertere Analyse. Die Optionen A und B schneiden dagegen nicht sehr gut ab und sind daher nicht eingehender zu analysieren. Sie weisen größere Unzulänglichkeiten in Hinblick auf die Erfüllung der geforderten Standortanforderungen auf und werden folglich aus der weiteren Planung rausgenommen.

Bewertung der Methode

Ein großer Vorteil der NWA liegt in der Gewichtung der Standortanforderungen als auch in der Möglichkeit diese individuell mittels eines Bewertungsmaßstabes zu bewerten. Die Methode wird in der Literatur daher auch oft als ein Scoring-Modell bezeichnet.⁷⁹ Außerdem ermöglicht die NWA eine Zusammenfassung umfangreicher Kriterienkataloge und deren anschließende Bewertung, was für größere Standortanalysen mehrerer Länder oder Orte optimal ist. Ebenso ist eine Beurteilung von qualitativen und quantitativen Kriterien gleichermaßen möglich. Individuelle Bewertungsmaßstäbe können frei definiert werden und erlauben eine flexible Anpassung an die speziellen Erfordernisse einer jeden Standortbewertung. Diese Flexibilität kann aber zugleich auch als problematisch angesehen werden. Die freie Wahl der Standortanforderungen, die Gewichtung sowie Bewertung der Teilnutzen erfolgt durch individuelle Annahmen und subjektive Be-

⁷⁹ Vgl. *Kinkel. S., Scoring-Modell, 2009, S. 34.*

urteilungen der Beteiligten. Blohm und Lüder sehen hierbei eine mögliche Gefahr, eine anfänglichen, subjektiven Vorurteilen beeinflusste Entscheidung als objektiv erscheinen zu lassen.⁸⁰ Eine vorurteilsfreie Auswahl der Kriterien ist demnach ein entscheidender Faktor.

Tabelle 15: Zusammenfassung von Pro und Kontra, Nutzwertanalyse

| Pro | Kontra |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Einfache Zusammenfassung & Bewertung umfangreicher Kriterienkataloge | Monetäre Aspekte werden außer Acht gelassen |
| Gleichzeitige Berücksichtigung qualitativer und quantitativer Kriterien | Beurteilung der definierten Kriterien kann subjektiv ausfallen |
| Flexible Definition und Anpassung der Bewertungsmaßstäbe | Flexible Definition und Anpassung der Bewertungsmaßstäbe |

Quelle: Eigene Darstellung.

⁸⁰ Vgl. Blohm, H., Lüder, K., Subjektive Standortfaktoren, 1995, S. 176.

3 Erfolgskritische Standortfaktoren zentraler Distributionslogistik

Als Kriterien zur vergleichenden Bewertung bestehender oder potenzieller Standorte werden in der Literatur so genannte Standortfaktoren (siehe Kap. 2.1) herangezogen. Die Kenntnis dieser gilt als Voraussetzung für eine erfolgreiche Standortanalyse.⁸¹ Allerdings führt die Verfügbarkeit mehrerer Einflussgrößen sofort zur Problematik ihrer Vergleichbarkeit. Bestimmte Kriterien bzw. deren Gewichtung können die Standortgunst stärker beeinflussen und folglich das Ergebnis verfälschen. Demnach liegt es nahe, eine Begrenzung auf die zentralen, erfolgskritischen und vor allem für die zentrale Distributionslogistik relevanten Standortfaktoren vorzunehmen. Primäres Ziel dieses Kapitels ist es somit, aus einer Aneinanderreihung potenzieller Standortfaktoren, eine grundlegende Kriterien-Selektion für die zentrale Distributionslogistik zu erarbeiten. Diese schafft gleichzeitig die Grundlage zur Beantwortung der ersten Fragestellung dieser Forschungsausarbeitung und bildet im Anschluss einen zentralen Baustein für das zu kreierende Bestimmungsmodell. Um einen möglichst präzisen und für den Zweck dieser Forschungsausarbeitung relevanten Überblick über die Unterscheidung von Standortfaktoren zu geben, werden zunächst einige grundlegende Arten von Standortfaktoren beschrieben.

⁸¹ Vgl. *Kinkel*. S., Scoring-Modell, 2009, S. 280.

Abbildung 13: Erfolgsentscheidende Standortfaktoren in der Distributionslogistik.



Quelle: Eigene Darstellung.

Wie in Abbildung 13 zu erkennen ist, können Standortfaktoren nach verschiedenen Arten gegliedert werden. Die Unterscheidung zwischen operativen und funktionalen Faktoren beruht im Wesentlichen auf einer unternehmensinternen Sichtweise. Diese differenziert zwischen rein für das operative Geschäft essenziellen Kriterien (*operativ*), sowie den Eigenschaften, die nicht auf derartigen Anforderungen beruhen. Letztere stellen die *funktionalen* Standortfaktoren dar.⁸² Bei der Klassifizierung nach quantitativen und qualitativen Standortfaktoren wird die Messbarkeit ihres Beitrags zum Erreichen des gesetzten Ziels beschrieben.

⁸² Vgl. Glatte, T., Die Nutzwertanalyse, 2017, S. 68.

Quantitative (umgangssprachlich auch harte) Faktoren bemessen den Erfolgsbeitrag direkt und objektiv, wohingegen qualitative (umgangssprachlich auch weiche) Faktoren eine subjektive Einschätzung bzw. Bewertung des Entscheiders erfordern und der Einfluss nicht direkt messbar ist. Harte Faktoren sind somit einfach vergleichbar, da sie nach Hansmann monetär bewertet werden können.⁸³ Dazu gehören beispielsweise Transportkosten oder Personalkosten. Weiche oder qualitative Standortfaktoren sind im Gegenzug dazu Kriterien, die nur schwer quantifizierbar sind. Dabei handelt es sich meist um sozioökonomische oder psychologische Aspekte. Vor dem Hintergrund der Zielsetzung können hier nicht alle Standortfaktoren diskutiert und erklärt werden. Es wird eine, für die Bestimmung des zentralen Distributionsstandorts relevante Mischung aus operativen und funktionalen Kriterien festgelegt. Sonstige Kriterien wie beispielsweise Grund und Boden oder die Rohstoffverfügbarkeit oder weitere, eher für die Produktion essenzielle Faktoren als auch weiche Standortfaktoren wie Klima oder Kultur sind für den rein logistischen Zweck der Untersuchung nicht relevant und folglich kein Bestandteil der Ausarbeitung. Der Hauptfokus liegt auf den logistischen, für die Distributionslogistik entscheidenden Kriterien. Eine detailliertere Definition folgt nun in den Unterkapiteln 3.1 und 3.2.

3.1 Operative Standortfaktoren

Operative Faktoren werden im Wesentlichen als geschäftsspezifische, sich auf den täglichen, operativen Betrieb direkt auswirkende Kriterien definiert.⁸⁴ Dabei können, je nach Branche verschiedene Gesichtspunkte, wie beispielsweise das Marktumfeld, die Verfügbarkeit von Rohstoffen oder die Personalverfügbarkeit als essenziell erachtet werden. Im Kontext der vorliegenden Untersuchung werden die operativen Standortfaktoren als netzwerkabhängige Kriterien definiert

⁸³ Vgl. *Hansmann, K-W.*, Standortfaktor, 1994, S. 91.

⁸⁴ Vgl. *Glatte, T.*, Die Nutzwertanalyse, 2017, S. 68.

und konzentrieren sich dabei auf den Faktor der Lagegunst hinsichtlich Transportkosten, Betriebskosten sowie Personalkosten.

3.1.1 Variable Kosten

Der wichtigsten Zielsetzung des neuen Standorts, nämlich der Reduzierung der Transportkosten stehen jedoch weitere Faktoren entgegen, die über den Stichtag der Eröffnung eines neuen Zentrallagers hinaus gelten. Es geht dabei um die, an einem neuen Standort zusätzlich und kontinuierlich anfallenden variablen Kosten. Für diese müssen Vorhersagen über deren Entwicklung und Verlauf in der Zukunft üblicherweise über einen längeren Betrachtungszeitraum (z. B. 10 Jahre) getroffen werden. Dazu zählen neben den bereits im vorherigen Kapitel angesprochenen Transportkosten unter anderem die landesspezifischen, variierenden Lohnkosten, für das neue Zentrallager anfallenden Betriebskosten sowie mögliche Währungsschwankungen des gewählten Landes. Demnach kann sich der in einer Netzkonfiguration gewählte optimale Centerpunkt mit den minimalsten Transportkosten zwischen den zu beliefernden Knotenpunkten aufgrund von zu hohen zusätzlichen variablen Kosten sehr schnell als unwirtschaftlicher Standort klassifizieren. Kosten für die Mitarbeiter sowie die Lagermiete, Energiekosten, Wartungskosten etc. müssen hierbei berücksichtigt werden. Die Modellformulierung in Kapitel 4 soll sich folglich nicht allein auf die Minimierung der Transportkosten beziehen, sondern zusätzlich noch die entstehenden monatlichen, variablen Kosten in das Modell inkludieren. Eine vorherige Analyse dieser Kosten ist demzufolge unabdingbar und könnte beispielsweise wie folgt tabellarisch dargestellt werden.

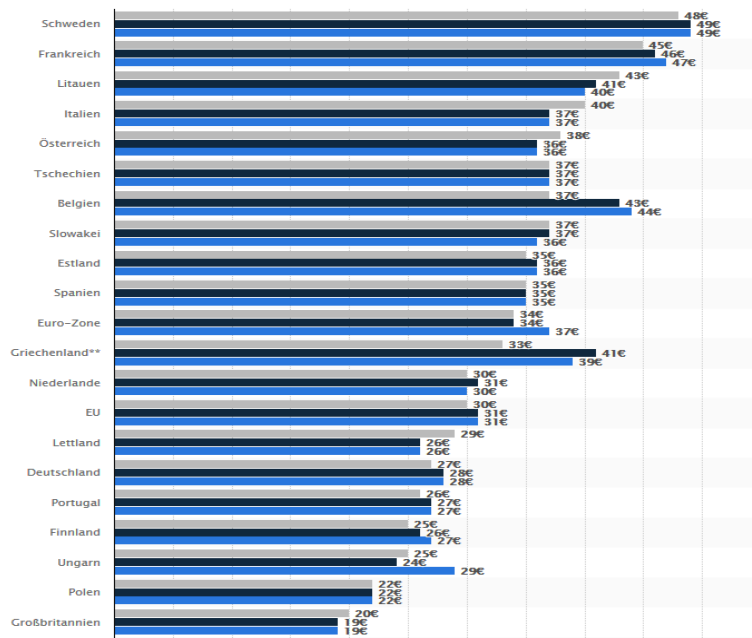
Tabelle 16: Beispielhafte Darstellung variabler Kosten

| Standorte | Transportkosten | Betriebskosten | Lohnkosten |
|------------|-----------------|----------------|-------------|
| Standort A | 970.000 EUR | 240.000 EUR | 420.000 EUR |
| Standort B | 1.230.000 EUR | 200.000 EUR | 480.000 EUR |
| Standort C | 850.000 EUR | 280.000 EUR | 550.000 EUR |
| Standort D | 1.400.000 EUR | 300.000 EUR | 380.000 EUR |

Quelle: Eigene Darstellung.

Es werden im Vorfeld ausgewählte Standorte und vorhandene Lagergebäude identifiziert und die entsprechend anfallenden Kosten bei der Eröffnung eines Standorts sowie die jährlich anfallenden variablen Kosten in einer Tabelle eingetragen. Die ermittelten Daten fließen daraufhin in die Modellformulierung mit ein und ermöglichen den Einbezug dieser Kosten. Abschließendes und in der Logistik bis heute noch wesentliches Kriterium sind die teils international erheblich differierenden Lohnkostenunterschiede inkl. der zu zahlenden Lohnnebenkosten. In der Speditions- und Logistikbranche ist es bislang nicht gelungen, über eine hohe Bindungswirkung von Flächentarifverträgen einheitliche Arbeitsbedingungen herzustellen, die einen Wettbewerb der Unternehmen über die Lohn- und Arbeitskosten ausschließt.⁸⁵ Demnach findet bis heute noch in vielen Bereichen der Wettbewerb über die Lohnkostenunterschiede zwischen einzelnen Ländern statt. Allein die Lohnnebenkosten, die aufgrund von gesetzlichen Arbeitgeberbeiträgen und Sozialversicherungsbeiträgen von Land zu Land differieren, stellen zusätzliche Personalkosten dar, die vom Arbeitgeber entrichtet werden müssen. Betrachtet man dazu die Abbildung 14, erkennt man sofort die doch sehr deutlichen Differenzen zwischen einzelnen EU-Ländern.

⁸⁵ Zanker, C., Lohn- und Arbeitskosten, 2018, S. 125.

Abbildung 14: Unterschiede- Lohnnebenkosten in EU-Ländern.

Quelle: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/182879/umfrage/lohnnebenkosten-in-der-eu/>.

Wie in der Grafik zu erkennen ist, unterscheiden sich die Lohnnebenkosten, gerechnet auf einen Bruttoverdienst von 100 EUR in den EU-Ländern sehr stark. Die höchsten Nebenkosten fallen demnach in Schweden, Frankreich oder Litauen an. Hier muss der Arbeitgeber rund 50% an Nebenkosten bezahlen, während in Großbritannien lediglich 20% anfallen. In Deutschland sind rund 30% an Nebenkosten zu entrichten, wobei die Sozialversicherungsbeiträge hieran den größten Teil ausmachen.⁸⁶ Demzufolge stellen beide Faktoren zusätzliche variable Kosten für das Unternehmen dar und müssen entsprechend in das zu entwickelnde Modell aufgenommen werden. Einen weiteren entscheidenden Faktor

⁸⁶ Vgl. <https://www.firma.de/rechnungswesen/lohnnebenkosten-was-zahlt-der-arbeitgeber-beispiel/>, Zugriff am 26.04.2020.

möglicher variabler Kosten stellt die Währung dar. Trotz der europäischen Währungsunion, mit mittlerweile 19 Mitgliedstaaten und einer einheitlichen EURO-Währung befinden sich in Europa weitere Staaten mit einer eigenen Währung (z. B. Schweiz, Schweden). Somit sollte die Wahl auf ein solches Zielland fallen, unterliegt die Preisbildung der zu distribuierenden Güter einer zusätzlichen Unsicherheit, dass von dem Unternehmen getragen werden muss. Demnach kann sich die Preisgestaltung und damit auch der Absatz sowie die Nachfrage in einem „Nicht Euro-Land“ abhängig von *Wechselkursschwankungen* bzw. der Wechselkursentwicklung sehr volatil gestalten. Solch ein langfristiges Risiko sowie die Abhängigkeit von der Wechselkursentwicklung können sich laut der ökonometrischen Untersuchung von Bénassy-Quéré, Fontagne und Lahreche-Revil tatsächlich negativ auf Standortentscheidungen bzgl. der Wahl des Landes auswirken.⁸⁷ Grundvoraussetzung für die Einschätzung des Risikos ist eine rechtzeitige Informationsbeschaffung der zu vergleichenden Standorte. Auch auf eigene Erfahrungen und Informationen aus dem Unternehmen oder dazugehörigen Ländergesellschaften kann zurückgegriffen werden.⁸⁸

3.1.2 Fixe Kosten

Einen weiteren entscheidenden Kostenfaktor bei der Beurteilung von Standorten, stellen die mit einer Entscheidung einhergehenden und am jeweiligen Standort entstehenden Fixkosten dar. Dazu zählen beispielsweise mögliche Ingangsetzungskosten für ein neues Lager an einem vorher nicht vorhandenen Standort. Bei einer Anmietung vorhandener Lagerflächen am jeweiligen Ort sind es die monatlichen Mietkosten, die zu den Fixkosten dazugerechnet werden müssen.

⁸⁷ Vgl. Bénassy-Quéré, A., Fontagne, L., Lahreche-Revil, A., Wechselkursauswirkungen, 2001, S. 181.

⁸⁸ Vgl. Nemuth, T., Risikoeinschätzung aus eigenen Ländergesellschaften, 2006, S. 83.

All diese, unabhängig von der Transportleistung oder dem Betriebsprozess anfallenden Kosten, sind folglich ebenfalls erfolgskritische Standortfaktoren, die im Entscheidungsmodell berücksichtigt werden müssen. Selbst wenn ein Standort für ein zentrales Distributionszentrum aus Transportkostengründen optimal ist, müssen die parallel entstehenden einmalig als auch langfristig wirkenden Fixkosten bedacht werden. Zu den einmaligen Ingangsetzungskosten können z. B. der Grundstückspreis, Bau- sowie Erschließungskosten für das Lager oder mögliche Abbruchkosten für ggf. noch vorhandene Bauwerke gezählt werden.⁸⁹ Diese Kosten sind demnach stichtagsrelevant und dürfen in der Kalkulation nicht vergessen werden. Weiterhin essenziell für eine Standortentscheidung und den damit verbundenen Fixkosten, die sich erst über Jahre amortisieren lassen, ist die Verfügbarkeit von möglichen staatlichen Fördermitteln. Es ist zwingend notwendig im Vorfeld zu klären, wieviel adäquate Finanzierungsmöglichkeiten und am Standort gegebene Subventionen zur Verfügung stehen. Auch die Garantie für die Rückführung von Dividenden und Kapital als auch die unkomplizierte Umsetzung finanzwirtschaftlicher Transaktionen und von Bauvorhaben muss gegeben sein. Vereinfachte und kostengünstige Genehmigungsverfahren, materielle Anreize oder die Schaffung von Sonderwirtschaftszonen können weitere Mittel eines Staates darstellen, finanzielle Anreize bzw. attraktive Rahmenbedingungen zu schaffen.

3.1.3 Logistische Infrastruktur

Der ausgewählte Standort bestimmt im makrologistischen Bereich seine räumliche Lage, die Transportwege und die Gestaltung der Beziehungen sowie die räumliche Nähe zu den Netzwerkpartnern.⁹⁰ Die Verfügbarkeit und Nähe zu logistischen Verkehrsanbindungen spielen eine wesentliche Rolle in der Planung

⁸⁹ Vgl. *Thommen, J.-P. et al*, Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 2020, S. 285.

⁹⁰ Vgl. *Heiserich, O-E., Helbig, K., Ullmann W.*, Distributionslogistik, 2011, S. 124.

der Distributionslogistik, da eine vorhandene und gut ausgebaute Infrastruktur essenziell sind für den Erfolg eines Distributionsstandortes. Die internationale Konkurrenz der Standorte durch das Freihandelsabkommen⁹¹ und dem damit verbundenen uneingeschränkten Marktzugang für Waren, Dienstleistungen, Personen und Kapital in Europa bietet viele Möglichkeiten und Alternativen für einen optimalen Standort. Den erfolgskritischsten und somit den wichtigsten Beitrag in der logistischen Infrastruktur stellen die Transportkosten dar. Je höher die Kosten für die Beförderung der Güter zwischen dem zentralen Standort und der zu beliefernden Lager ausfallen, desto unzureichender war die Entscheidung für den gewählten Standort. Dabei lassen sich die Ansätze zur Standortplanung in drei Gruppen einteilen. Es kann zwischen volkswirtschaftlichen, betrieblichen oder innerbetrieblichen Standortplanungsproblemen unterschieden werden. Im Zuge dessen können Fragen der Standortwahl für einzelne Betriebe, Zentral-, Beschaffungs- oder Auslieferungslager für Güter behandelt werden.⁹² Das logistikdeterminierte, in diesem Forschungsbeitrag untersuchte Standortbestimmungsmodell beschäftigt sich mit dem innerbetrieblichen Standortplanungsproblem eines Zentrallagers in der Distributionslogistik. Eine der ersten Arbeiten zur betrieblichen Standortplanung stammt von Launhardt 1882. Er behandelte insbesondere den modelltheoretischen Fall der Standortbestimmung im Dreieck, in dem er den transportkostenminimalsten Standort zwischen zwei Rohstoffvorkommen und einem Absatzort untersuchte.⁹³ Wie bereits im standorttheoretischen Teil in Kapitel 2 erwähnt, wurde sein quantitativer Ansatz in dem klassischen Werk „Über den Standort der Industrien“ von Weber 1909 verallgemeinert.⁹⁴ In seiner reinen Theorie des Standorts hat der Einbezug der Transportkosten zur Bestimmung des optimalsten Standorts bereits eine wesentliche Rolle aller Kriterien eingenommen. Dies zeigt deutlich, dass die Berücksichtigung der Transportkosten in einem

⁹¹ Vgl. https://europa.eu/european-union/topics/trade_de, Zugriff am 10.05.2020.

⁹² Vgl. Tempelmeier, H., Planung logistischer Systeme, 2018, S. 1 ff.

⁹³ Vgl. Launhardt, W., Der zweckmäßigste Standort, 1882, S. 105 – 116.

⁹⁴ Vgl. Weber, A., Standorttheorie, 1909, S. 321.

Standortentscheidungsprozess ein wesentliches Kriterium für die Wahl eines optimalen Standorts darstellt. Wichtig zu erwähnen ist noch, dass die Transportkosten nicht nur vom Vorhandensein und der Kapazität der in einer Netzkonfiguration abgebildeten Transportwege abhängen, sondern auch von der jeweiligen Nachfrage an Gütern am jeweiligen Zielpunkt. Somit ist die zu transportierende Menge und die Anzahl der fortlaufenden Fahrten ebenfalls entscheidend. Je nach Art des zu modellierenden Netzwerks müssen demnach unterschiedliche Faktoren betrachtet und in dem Entscheidungsmodell berücksichtigt werden. Wie bereits in Kapitel 2 vorgestellt, soll für die Bestimmung der Transportkosten ein normativer Ansatz für die betriebliche Standortplanung verwendet werden. Dazu wurde das Modell zur Bestimmung von Zentren in Netzen ausgewählt, das am Beispiel des 1-Center bzw. des Median Problems in Unterkapitel 2.3 vorgestellt wurde. Erste Arbeiten hierzu stammen unter anderem von Baumol und Wolfe⁹⁵ sowie von Kühn und Hamburger.⁹⁶ Zielsetzung hierbei ist es, die längste zurückzulegende, im Netzwerk gemessene Entfernung, zu minimieren und dadurch die Transportkosten zu senken. Da bis heute immer noch mehr als dreiviertel des gesamten beförderten Güterverkehrs in Europa auf den Straßenverkehr zurückzuführen sind⁹⁷, ist die Beschaffenheit der am Standort umgebenden Straßennetze ebenfalls in der Bewertung zu berücksichtigen. Zusätzlich muss bei der infrastrukturellen Überlegung die Personalverfügbarkeit, die in der Logistikbranche bis heute noch eine wesentliche Rolle spielt, bedacht werden. Gemäß einer Umfrage der Bundesvereinigung Logistik (BVL) aus 2018 suchen Logistiker in allen Bereichen händeringend nach Arbeitskräften und haben Schwierigkeiten,

⁹⁵ Vgl. Baumol, W.J., Wolfe, P., Warehouse-Location Problem, 1958, S. 181 – 211.

⁹⁶ Vgl. Kuehn, A.A., Hamburger., M.J., Heuristic Program for locating Warehouses, 1963, S. 643 – 666.

⁹⁷ Vgl. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics, Zugriff am 25.04.2020.

offene Stellen zu besetzen.⁹⁸ Besonders die Spediteure bekommen dies zu spüren. Laut einem Bericht der DVZ (Deutsche Verkehrs- Zeitung) aus Mai 2019 fehlen den Speditionen in Deutschland inzwischen mehr als 10.000 Fahrzeugführer.⁹⁹ Seit dem Jahr 2017 können aus diesem Grund nur noch begrenzte Frachtraumkapazitäten im Landverkehr zur Verfügung gestellt werden. Mehr als 75% der 158 befragten Unternehmen des gewerblichen Güterkraftverkehrs und des Werkverkehrs gaben an, aufgrund von Personalknappheit Fahrzeuge nicht eingesetzt zu haben und mehr als 70% mussten regelmäßig Aufträge ablehnen.¹⁰⁰

3.2 Funktionale Standortfaktoren

Dieses Unterkapitel der *funktionalen* Rahmenbedingungen beinhaltet politisch-rechtliche, steuer- und zollrechtliche sowie umweltrelevante Rahmenbedingungen. Im Gegensatz zu den vorher erläuterten, operativen Faktoren wirken sich diese nicht direkt auf geschäftsspezifische interne Prozesse aus.¹⁰¹ Sie nehmen nach der Erfüllung der *operativen* Kriterien eher eine nachgelagerte und unterstützende Rolle ein. Eine deutliche, nur auf funktionalen Gesichtspunkten basierende Standortentscheidung wird sich ohne Einbezug und vorheriger Erfüllung der notwendigen operativen Bedingungen demnach niemals hinreichend ergeben. Allerdings können funktionale Faktoren bei einer Auswahl zweier ähnlich geeigneter Standorte durchaus den entscheidenden Ausschlag liefern. Soziale Rahmenbedingen wie z. B. Religion, kulturelle Unterschiede oder Traditionen werden unter der hier vorliegenden logistikdeterministischen Prämisse ebenfalls außen vorgelassen.

⁹⁸ Vgl. <https://www.eurotransport.de/artikel/weltweiter-fachkraeftemangel-lkw-fahrer-heiss-begehrt-11152069.html>, Zugriff am 25.04.2020.

⁹⁹ Vgl. <https://www.dvz.de/rubriken/meinung/detail/news/fachkraeftemangel-in-der-logistik-tatsaechlich.html>, Zugriff am 25.04.2020.

¹⁰⁰ Vgl. Zanker, C., Logistik, 2018, S. 146.

¹⁰¹ Vgl. Glatte, T., Standortstrategien, 2017, S. 63.

3.2.1 Politisch-rechtliche Rahmenbedingungen

Die politische Stabilität eines Landes kann Einfluss auf die Standortwahl eines Unternehmens haben. Auch ein gewisses Maß an Rechtssicherheit kann eine Entscheidung für eine bestimmte Region fördern. Politische und rechtliche Rahmenbedingungen sind laut Finkenbrink wichtige Determinanten von Standortentscheidungen. Gesetzliche Regelungen und grundlegende rechtliche Strukturen in einem Land gelten als eine Grundvoraussetzung für jede Standortanalyse.¹⁰² Diese Rahmenbedingungen werden zunächst einmal durch den Grad an *politischer Stabilität*, den eine Region aufweist, geprägt und können von der jeweiligen Politik (Regierung) maßgeblich beeinflusst werden. Länder oder Regionen, die häufige Politikwechsel erleben, sind für Unternehmer schwerer berechenbar und somit als Standort unter Umständen unattraktiv. Auch praktikable und schnelle *Genehmigungsverfahren* eines Landes dürfen bei der Standortwahl nicht unterschätzt werden. Das Vorhandensein kompetenter und unbürokratischer Genehmigungsbehörden wird zwar kein alleiniges Entscheidungskriterium darstellen, kann sich aber durchaus auf die Entscheidung für oder gegen eine Region auswirken. Erwähnt sei hier, dass die Bundesrepublik Deutschland im Ländervergleich der besten Nationen für Firmengründungen relativ schlecht abschneidet. Von 190 analysierten Ländern belegt die BRD nur Platz 113.¹⁰³ Hierzulande kann sich eine Firmengründung oder der Erwerb einer Immobilie, wie z. B. eines Lagers zum Teil über mehrere Monate ziehen. Des Weiteren ist die Anerkennung *internationaler Abkommen* von hoher Bedeutung. Aus distributions- als auch beschaffungslogistischer Sicht gilt dies insbesondere für das Freihandelsabkommen der EU.¹⁰⁴ Auch das internationale Gerichtsstands-, Schiedsgerichts- und

¹⁰² Vgl. Finkenbrink, H., Standortbewertung, 2012, S. 19 f.

¹⁰³ Vgl. <https://www.capital.de/karriere/die-besten-laender-fuer-gruender>, Zugriff am 13.04.2020.

¹⁰⁴ Vgl. <https://www.bmw.de/Redaktion/DE/Artikel/Aussenwirtschaft/freihandelsabkommen-der-eu.html>, Zugriff am 13.04.2020.

Vollstreckungsabkommen sowie das Investitionsschutzabkommen können hierbei eine Bedeutung spielen. Das nationale Recht steht bei einer Standortanalyse ebenfalls im Blickpunkt. Es soll einem Unternehmen in einem Rechtsstreit einen möglichst effektiven Rechtsschutz gewähren.¹⁰⁵ Im Zuge der europäischen Standortanalyse können insbesondere jährlich veröffentlichte Länderratings zu Rate gezogen werden, um unterschiedliche landesspezifische Besonderheiten und vor allem die daraus resultierenden Risiken quantifizieren zu können. Bestehende Rahmenbedingungen, wie politische Verhältnisse, Rechtssicherheit oder die Einhaltung internationaler Abkommen können so in die Bewertung inkludiert und mit einem Faktor versehen werden. Diese können je nach Land mit Auf- oder Abschlägen für jeweilige Risiken und Kosten versehen werden, um eine Vergleichbarkeit der Standorte zu gewährleisten. Eine Vielzahl von Instrumenten steht den Entscheidern hierbei zur Verfügung.

- der BERI-Index (Business Environment Risk Information)
- der ICRG (International Country Risk Guide)¹⁰⁶

Beim BERI-Index, der vom BERI-Institut in Genf jährlich für 50 Länder veröffentlicht wird, handelt es sich um ein BRS (*Business Risk Service*) mit insgesamt drei Prognosen. Die darin enthaltenen Vorhersagen gelten nach ihrer Erscheinung für einen Zeitraum von einem oder fünf Jahren. In diese fließen insgesamt 31 qualitative und 9 quantitative Kriterien ein. Diese werden von einem Fachgremium, welches sich aus 102 Experten unterschiedlichster Fachrichtungen zusammensetzt, beurteilt und bewertet.¹⁰⁷ Das Rating-System besteht aus drei einzelnen

¹⁰⁵ Vgl. Glatte, T., Standortstrategien, 2017, S. 64.

¹⁰⁶ <https://www.prsgroup.com/explore-our-products/international-country-risk-guide/>, Zugriff am 08.04.2020.

¹⁰⁷ Vgl. <http://www.beri.com/Publications/BRS.aspx>, Zugriff am 08.04.2020.

Komponenten. Der ORI-Index (*Operations-Risk- Index*) beschreibt das Geschäftsklima und der PRI-Index (*Political- Risk- Index*) definiert die politischen Risiken eines Landes. Der letzte R-Faktor (*Remittance and Repatriation-Index*) sagt aus, ob (ausländische) Investoren Ihre Gewinne zurückführen können.¹⁰⁸

Der ICRG-Index ist ein monatliches, seit 1984 bestehendes und von der PRS Group Inc. USA veröffentlichtes Rating für über 140 Länder. Es basiert auf *politischen und gesamtwirtschaftlichen* Risiken und setzt sich für ein Land aus drei Einzelkomponenten zusammen. Politische, finanzielle als auch wirtschaftliche Risiken werden hierbei zusammengefasst. Alle Komponenten werden aus insgesamt 22 Einzelkriterien ermittelt, wobei es sich dabei um 12 qualitative Kriterien (für politische Risiken) und 10 quantitativen Kriterien (für finanzielle und wirtschaftliche Risiken) handelt. Ein Punktesystem beurteilt die jeweiligen Kriterien, weist sie zunächst separat aus und stellt sie abschließend kumuliert dar.¹⁰⁹

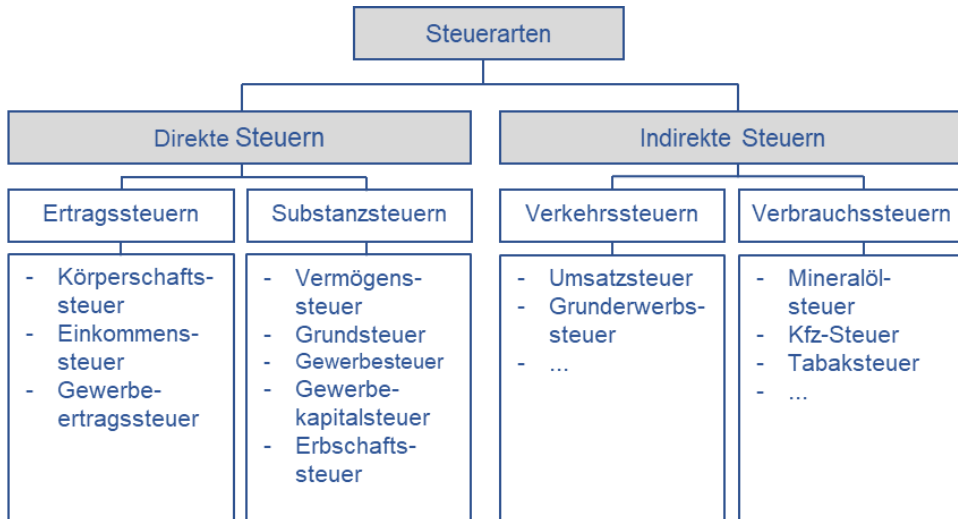
3.2.2 Steuer- und zollrechtliche Rahmenbedingungen

Eine weitere potenzielle und erfolgskritische Determinante einer Standortentscheidung kann in der Steuerbelastung der Unternehmen einzelner Länder liegen.¹¹⁰ Um die steuerrechtlichen Faktoren der einzelnen Länder beurteilen zu können, ist es notwendig, die Unternehmensbesteuerung im Rahmen des Gesamtsteuersystems zumindest grundlegend zu verstehen. Dabei sind zunächst einmal die verschiedenen Arten von Steuern zu beachten, die in Abb. 19 am Beispiel Deutschland dargestellt sind.

¹⁰⁸ Vgl. *Glatte, T.*, Standortstrategien, 2017, S. 64.

¹⁰⁹ Vgl. <https://www.prsgroup.com/explore-our-products/international-country-risk-guide/>, Zugriff am 08.04.2020.

¹¹⁰ Vgl. *Hines, M.A.*, Steuerbelastung, 1990, S. 135 ff.

Abbildung 15: Klassifizierung von Steuerarten - am Beispiel Deutschland.

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Alda, W., und Hirschner, J., 2014.

Bei den Steuerarten auf Landesebene ist zudem zwischen den unterschiedlichen Steuerarten auf übergeordneter Ebene (Staat, Bundesland) und lokaler Ebene (Kreis, Gemeinde, Kommune) zu unterscheiden. Die Umsatzsteuer gewährt zusammen mit der Einfuhrumsatzsteuer dem deutschen Staat Jahreseinnahmen von über 220 Mrd. EUR.¹¹¹ Es handelt sich dabei, wie bereits in Abb. 8 zu erkennen, um eine Verkehrssteuer, welche die Rechtsgeschäfte des täglichen Lebens betrifft. Der Umsatzsteuersatz differiert in europäischen Ländern und kann zusätzliche Steuerkosten beinhalten. Hierbei existiert lediglich die Regelung, dass der reguläre Umsatzsteuersatz mindestens 15% und der reduzierte Umsatzsteuersatz mindestens 5% betragen muss. Obergrenzen gibt es bei der Umsatzsteuer allerdings nicht. In Deutschland sind die jeweiligen Warengruppen in der Anlage

¹¹¹ Vgl. Georg, S., Steuerlehre, 2019, S. 29.

2 zum Umsatzsteuergesetz aufgeführt.¹¹² Je nach Unternehmen und deren zu distribuierenden Gütern können ermäßigte Steuersätze solcher Warengruppen ebenfalls einen erfolgsentscheidenden Standortfaktor darstellen. Ein weiterer wichtiger Aspekt im Kontext steuerlicher Entlastungen sind die unterschiedlichen Höhen der Unternehmensbesteuerung. Im Gegensatz zur Umsatzbesteuerung gibt es für die Gewinnbesteuerung von Unternehmen seitens der Europäischen Union keinen gemeinsamen Rahmen. Im internationalen (europäischen) Vergleich kann die Steuerbelastung demzufolge erheblich variieren. Eine spezifische Darstellung aller Länder ist schwer möglich, da viele Bemessungsgrundlagen sowie lokale Faktoren der jeweiligen Behörden in die Kalkulation einfließen. Die Steuerbelastung für Unternehmen in der EU hängt somit vorrangig von der Komplexität des Steuersystems im jeweiligen Land ab und kann je nach Höhe durchaus steuerrechtliche Anreize oder auch negative Effekte auslösen. Büttner und Ruf kamen in ihrer ökonomischen Studie aus 2005 zu dem Schluss, dass der effektive Durchschnittssteuersatz eines Landes einen negativen Einfluss auf die Standortqualität und damit auf die Standortentscheidung hat.¹¹³ Dies zeigt unter anderem, dass der Faktor der regelmäßigen steuerlichen Abgaben einen wesentlichen Bestandteil in der Unternehmensentscheidung einnimmt. Aktuelle Beispiele von internationalen Konzernen wie Apple, Google oder Amazon unterstreichen diese Aussage. Deren gewählter Standort für ihren, zumindest in der EU ansässigen Sitz der Gesellschaft oder eines Tochterunternehmens, verhilft Ihnen zu jährlichen Steuerersparnissen in Milliardenhöhe.¹¹⁴ Mit diesem Sachverhalt beschäftigt sich mittlerweile auch die Politik. Die OECD (Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung), zu der mittlerweile 36 Staaten gehören, hat im Herbst 2019 einen Vorschlag für einen einheitlichen Ansatz der internationalen Besteuerung von Unternehmen vorgelegt. Die Modernisierung

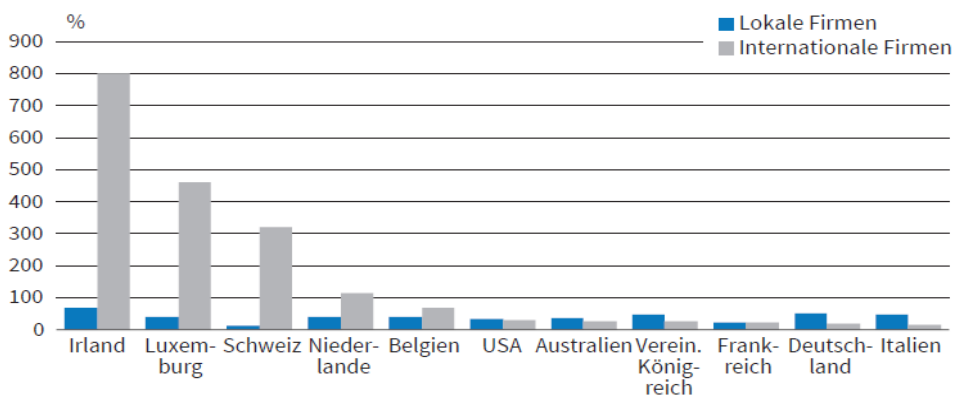
¹¹² Vgl. *Umsatzsteuergesetz*, UstG, Anlage 2, UstG, (zu § 12 Abs. 2 Nr. 1).

¹¹³ Vgl. Büttner, T., Ruf, M, *Steuersätze*, 2005, S. 154.

¹¹⁴ Vgl. <https://t3n.de/news/steuervermeidung-amazon-apple-1229795/> Zugriff am 18.04.2020.

schlägt vor, die Besteuerungsrechte zwischen den Ländern neu zu verteilen.¹¹⁵ Dabei soll nicht allein der Firmensitz bestimmen wo versteuert wird, sondern sollen global agierende Unternehmen auch dort Steuern zahlen, wo ihre Kunden oder Nutzer ihrer Dienstleistungen ansässig sind. Darüber hinaus soll ein globaler Mindeststeuersatz vereinbart werden, der vermeiden soll, dass Unternehmen ihre Aktivitäten in Niedrigsteuerländer verschieben.¹¹⁶ Die Steuereinnahmen der Bundesrepublik könnten damit um bis zu 0,25% der Wirtschaftsleistung steigen – das sind fast neun Milliarden Euro zusätzlich pro Jahr.¹¹⁷

Abbildung 16: Ausgewiesene steuerpflichtige Gewinne in Prozent der Lohnsumme.



Quelle: Tørsløv et al, 2020, The Missing Profits of Nations, Nr. 24701.

In der Abbildung ist zu erkennen, dass in Ländern mit vergleichsweise niedrigen Unternehmenssteuern, wie z. B. in Irland, Luxemburg oder der Schweiz, die multinationalen Firmen gemessen an der lokalen Lohnsumme deutlich höhere Gewinne ausweisen als in Hochsteuerländern.¹¹⁸ Folglich bieten diese Länder, auch

¹¹⁵ Vgl. Fuest, C., Internationale Besteuerung, 2020, S. 5.

¹¹⁶ Vgl. Fuest, C., Internationale Besteuerung, 2020, S. 6.

¹¹⁷ Finke, B., Süddeutsche Zeitung, Steuerpolitik der OECD- Länder.

¹¹⁸ Vgl. Fuest, C., Wirtschaftliche Gesamtkosten, 2020, S. 6.

Steueroasen genannt, einen gewissen steuerrechtlichen Anreiz für internationale Unternehmen. Ein zusätzlicher Gesichtspunkt funktionaler Standortfaktoren, ist die *zollrechtliche Situation* eines Landes. Für Zölle gilt grundsätzlich ein wertmäßig fixierter und nicht verhandelbarer Satz. Ausgenommen hiervon sind mitunter speziell ausgewiesene Sonderwirtschaftszonen. Zölle werden als Instrument für tarifäre Handelshemmnisse (z. B. in Form von Import- Einschränkungen) eingesetzt, um den freien Außenhandel und somit den freien internationalen Wettbewerb insgesamt einzuschränken.¹¹⁹ Hauptziel dieser protektionistischen Maßnahmen ist es, die Volkswirtschaft im eigenen Land sowie den Handel vor unlauterem und illegalem Handel in der Union zu schützen.¹²⁰ Bestehen beispielsweise tarifäre Barrieren wie Zölle, Abschöpfungen oder Exportsubventionen zwischen dem ausgewählten Zentralstandort und einem anderen Standort, so kann auch dies eine Einschränkung für die Distributionslogistik bedeuten. Demnach ist die Untersuchung bestehender Handelshemmnisse bei jeder Standortentscheidung erfolgsentscheidend. Für den in diesem Forschungsbeitrag primären Fokus auf die zentrale Distributionslogistik innerhalb Europas und vor allem in Bezug auf die Beschaffungslogistik des zentralen Lagers, kann es folglich förderlich sein sicherzustellen, dass keine Einfuhrzölle für die zu distribuierenden Güter anfallen, oder der Verkauf der Produkte nicht ständig durch Ausfuhrsteuern oder Zölle beeinträchtigt wird.

3.2.3 Umweltrelevante Rahmenbedingungen

Ein weiteres, für die Auswahl eines Standortes kritisches Thema in der Distributionslogistik und der damit unmittelbar zusammenhängenden Entsorgungslogistik sind Fragen zu Umweltbedingungen sowie möglichen Vorschriften zur Einhal-

¹¹⁹ Vgl. https://europa.eu/european-union/topics/customs_de, Zugriff am 06.05.2020.

¹²⁰ Vgl. Voigt, R., 2018, Volkswirtschaft, S. 941.

tung umweltbezogener Regularien. Hierzu zählen z. B. Richtlinien für die Abfallbeseitigung, das Recycling von elektronischen Gütern, allgemeine Sicherheitsstandards zum Schutz der Luft, des Wassers und dem Umgang mit gefährlichen und giftigen Substanzen. Darüber hinaus ist es essenziell, die am Standort geltenden Regelungen und Haftungsfragen, die z. B. durch eine nicht regelkonforme Rückführung von Gütern entstehen können, zu kennen. Mögliche Regularien, wie beispielsweise die WEEE- Richtlinie (engl. für Waste of Electrical and Electronic Equipment)¹²¹ zur Umsetzung des Grundsatzes des Verursacherprinzips der europäischen Umweltpolitik müssen befolgt werden. Solche, von den zu transportierenden Gütern abhängige und weitere Gesetze sehen eine Vielzahl von Genehmigungs- und Meldepflichten vor, die im Rahmen der Betriebsausübung eingehalten werden müssen. Für produzierende Unternehmen als auch für reine Handelsunternehmen, welche Fertigerzeugnisse distribuieren ist dies ein ernst zu nehmender Punkt. Weitere Risiken, die mit dem Faktor Umwelt in Verbindung gebracht werden müssen, sind Naturkatastrophen. So sind Schäden, verursacht durch den steten Klimawandel immer mehr spür- und sichtbar.¹²² Auch wenn laut einer Statistik der Länder mit dem größten Gefährdungsgrad durch Naturkatastrophen, kein einziges europäisches Land gelistet ist,¹²³ muss dieser Punkt aus langfristiger Sicht durchaus kritisch betrachtet werden. Länder und Regionen mit einem hohen Aufkommen an Hochwasser, Erdbeben oder z. B. Flächenbränden sollten angemessen gewichtet und in dem Entscheidungsmodell berücksichtigt werden. Sollte sich aus logistischer Sicht trotzdem ein transportkosten- optimaler Standort in solch einer Gegend ergeben, besteht aber die Möglichkeit der Schadensprävention. Seien es technische Mittel, die beim Bau eines neuen Lagers

¹²¹ Vgl. *Richtlinie* 2012/19/EU-WEEE 2, ff.

¹²² Vgl. <https://www.tagesschau.de/inland/naturkatastrophen-munich-re-101.html>, Zugriff am 21.05.2020.

¹²³ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/193199/umfrage/gefaehrdeste-laender-laut-weltrisikoindex/>, Zugriff am 21.05.2020.

bereits im Vorfeld installiert werden müssen oder Versicherungen gegen Elementarschäden. Wichtig dabei ist es, diese sich z. T. deutlich negativ auf die Bau- und Betriebskosten niederschlagenden Kosten in dem Entscheidungsmodell mit einzuberechnen. Eine detaillierte Risikoabschätzung einer durch Naturkatastrophen- belasteten Gegend sei folglich angeraten.

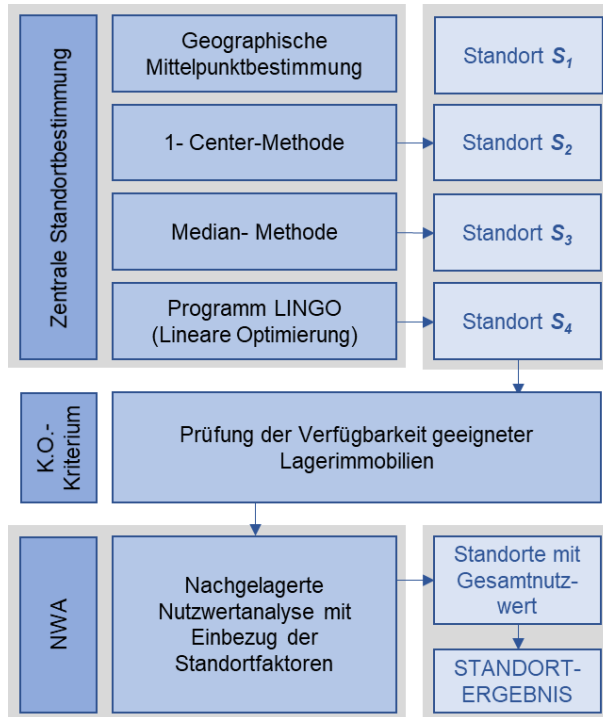
4 Konzeption des Modells zur zentralen Standortbestimmung

In diesem Kapitel wird ein neuer Modell- Ansatz zur logistischen Bestimmung von zentralen Standorten in der Distributionslogistik vorgestellt. Die Basis für die Entwicklung des Modells wurde in den Kapiteln 2 und 3 geschaffen. Das Konzept des Modells stützt sich demnach auf die theoriegeleiteten Standortbestimmungsmethoden, als auch auf die an einen zentralen- Distributionsstandort gestellten Anforderungen. Ziel dabei ist es, anhand einer Synthese aller relevanten Erkenntnisse ein allgemeingültiges Entscheidungsmodell für die zentrale Distributionslogistik zu kreieren, das Handelsunternehmen bei der Standortentscheidung eines zentralen Distributionslagers unterstützen soll. Zu Beginn wird in den Unterkapiteln 4.1 und 4.2 eine zusammenfassende Analyse der vorgestellten Standortbestimmungsmethoden sowie der vorgestellten Standortfaktoren erstellt und priorisiert. Der Prozess der Bewertung und entsprechenden Gewichtung aller erfolgskritischen Standortfaktoren wird im Unterkapitel 4.2 beschrieben und anschließend in einem Netzdiagramm dargestellt. Die Vergabe der Gewichtungsfaktoren für die zentrale Distributionslogistik erfolgt subjektiv, durch die für den Verfasser logisch erscheinende Auswahl der Kriterien und deren Relevanz. Anschließend werden die Grundprinzipien des zu modellierenden Konzepts samt den entsprechenden Modellanforderungen sowie dem grundlegenden Top-Down und Bottom-Up-Ansatz erläutert. Übergeordnetes Ziel des gesamten vierten Kapitels ist die finale Modellierung des unterstützenden Konzepts zur Standortbestimmung.

4.1 Bewertung und Priorisierung der Methoden zur Standortbestimmung

In diesem Kapitel sollen die bereits erfolgten Bewertungen sowie Pro- und Kontra Abgrenzungen der Methoden zur Standortbestimmung prägnant zusammengefasst und entsprechend der Zielsetzung des Modells priorisiert werden. Wie aus den einzelnen Modellerläuterungen und Beispielen aus Unterkapitel 2.3 zu entnehmen ist, führt die Anwendung der verschiedenen Methoden nicht immer zum

gleichen Ergebnis. Diese Tatsache bedeutet jedoch keinesfalls, dass sie grundsätzlich falsch oder nicht anwendbar sind. Vielmehr geht es dabei um die Fusion mehrerer, je nach Standortproblem definierter Ansätze und Ergebnisse zu einem systematischen Modell, in dem mehrere Lösungen in die Evaluierung einbezogen werden können. So handelt es sich bei den ersten fünf Methoden um quantitative Ansätze, die auf normativen Ansätzen der logistischen Bestimmung von Standorten in Netzwerken basieren. Bei der ersten relativ trivialen Methode der geographischen Mittelpunktbestimmung eines vorgegebenen Distributionsnetzes kann in wenigen Schritten der zentralste Punkt, gemessen an der Entfernung in km bestimmt werden. Die zweite Methode des 1-Center-Problems geht nur von vorhandenen Standorten aus und versucht das Zentrallager dort anzusiedeln, von wo es von allen Knoten am schnellsten erreicht werden kann. Sprich, die minimalste Entfernung aus allen maximalen Distanzen zu den Grenzknoten. Das Median Problem ergänzt das 1-Center-Problem, indem es die Nachfrage und die Beschaffungsseite (Anbieter) in die Betrachtung inkludiert. Hier wird nach der kleinsten Summe der gewichteten Entfernungen des Zentrallagers zu den lokalen Standorten gesucht. Eine Art zusammenfassende und programm-gesteuerte Modellvariante liefert die Software LINGO, in der lineare Optimierungsmodelle relativ leicht programmiert werden können. Folglich sind die vier vorgestellten Methoden, wichtige Partialmodelle, die je nach Ihrer Problemstellung ein stimmiges Ergebnis erzielen können. Die letzte in Unterkapitel 2.3.6 beschriebene Nutzwertanalyse, liefert ergänzend dazu einen entscheidenden Faktor zum gesamten Entscheidungsmodell. Im Rahmen dieser können erfolgskritische Standortfaktoren mit ihren jeweiligen Gewichtungen in die Entscheidungsfindung mit eingebunden werden. Demzufolge können die unterschiedlichen, aus den ersten fünf Modellen ermittelten zentralen Standorte in der NWA gegenübergestellt und anhand erfolgskritischer, definierter Faktoren abschließend bewertet werden. Letztlich kann daraus die folgende Priorisierungstabelle (Ablaufmodell) der anzuwendenden Ansätze zur Standortwahl abgeleitet werden:

Abbildung 17: Priorisierung der anzuwendenden Methoden.

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Gegenstand der vier verschiedenen Standortbestimmungsmethoden in Netzen ist die Identifikation eines zentralen Standorts mit den geringsten Raumüberwindungskosten sowie der Berücksichtigung der entsprechenden Nachfragemengen pro Standort. Dabei steht eine effiziente Distributionslogistik ohne Verlust der Servicequalität im Vordergrund. So handelt es sich im Rahmen der Untersuchung um lineare deterministische Optimierungsmodelle unter Einbezug erfolgskritischer Standortfaktoren und zusätzlich entstehender betriebswirtschaftlichen Kosten am jeweiligen Standort. Unter Anbetracht mehrerer Zielfunktionen, liegt folglich ein multikriterielles, deterministisches Optimierungsmodell vor.¹²⁴

¹²⁴ Vgl. Domschke, W., Drexl, A., Standortplanung, 2011, S. 126.

4.2 Erkenntnisse aus den Standortfaktoren und Gewichtung

Identisch zum Ansatz des vorangegangenen Kapitels werden nachfolgend die beschriebenen erfolgskritischen Standortfaktoren (vgl. Kap. 3) zusammenfassend bewertet und nach ihrer Relevanz für die Standortbestimmung eines zentralen Standortes in der Distributionslogistik gewichtet. Die Erläuterung der Nutzwertanalyse im zweiten Kapitel hat bereits gezeigt, dass die Einbeziehung von Standortfaktoren, sowie deren Qualität, eine entscheidende Rolle für den Ausgang der Standortbestimmung haben kann. Dabei werden die operativen Standortfaktoren priorisiert behandelt, sodass die funktionalen Kriterien lediglich eine ergänzende Rolle in der Bewertung einnehmen. Im nächsten Schritt werden nun die im dritten Kapitel evaluierten Daten in eine Faktorentabelle übertragen. Diese sollen im Verlauf der Standortanalyse die Bedingungen für den Standort eingrenzen und die Basis für die Nutzwertanalyse schaffen. Der Kriterienkatalog kann je nach Unternehmen oder Branche angepasst werden. In dieser Forschungsarbeit wird er auf die Distributionslogistik abgestimmt. Um den Aufwand der insgesamten Untersuchung nicht unnötig zu erhöhen, sollte der Umfang eines solchen Katalogs einen überschaubaren Rahmen nicht überschreiten.¹²⁵

¹²⁵ Vgl. *Hansmann, K.W.*, Standortfaktor, 2006, S. 109.

Tabelle 17: Standortfaktoren- Katalog

| Operative Standortfaktoren | | Funktionale Standortfaktoren | |
|----------------------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1. | Logistische Infrastruktur | 4. | Politisch- rechtliche SF |
| 1.1 | Anbindung an Straße, Luft, Wasser | 4.1 | Politische Stabilität |
| 1.2 | Verfügbarkeit von Lagerflächen | 4.2 | Genehmigungsverfahren |
| 1.3 | Personalverfügbarkeit | 4.3 | Internationale Abkommen |
| 2. | Variable Kosten | 5. | Steuer- zollrechtliche SF |
| 2.1 | Transportkosten | 5.1 | Hebesätze für Gewerbesteuer |
| 2.2 | Betriebskosten- und Nebenkosten | 5.2 | Umsatzsteuer |
| 2.3 | Lohnkosten | 5.3 | Tarifäre Handelshemmnisse (Zoll) |
| 3. | Fixe Kosten | 6. | Umweltrelevante SF |
| 3.1 | Ingangsetzungskosten | 6.1 | Entsorgungslogistik |
| 3.2 | Mietkosten | 6.2 | Umweltauflagen |
| 3.3 | Versicherungskosten | 6.3 | Naturkatastrophen |

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis definierter Standortfaktoren in Kap. 3.

Für eine zusammenfassende Bewertung besteht im weiteren Verlauf die Notwendigkeit einer einheitlichen Skala. Unter Skalierung versteht man die Zuordnung einer einsprechenden Zahl zu einer Determinante, welche es ermöglicht die in nicht vergleichbaren Dimensionen der gemessenen Faktoren vergleichbar zu machen.¹²⁶ Folglich wird nun mittels Gewichtung die Bedeutung der Standortkriterien im Verhältnis zueinander festgelegt. Demnach besteht die Notwendigkeit, die verschiedenen Faktoren gemäß der vorliegenden Zielsetzung in Einklang zu bringen und abzuwägen, welche von höherer Bedeutung sind. Aus diesem Grund werden in der nächsten Phase die einzelnen Faktoren in zwei Tabellen gegliedert und mit einem Gewichtungsfaktor G_j versehen. Begonnen wird mit den, für die Standortbewertung vorrangigen, operativen Faktoren. Die Bedeutung der jeweiligen Faktoren unterliegt dabei einer subjektiven Einschätzung des Verfassers,

¹²⁶ Vgl. Köbernik, G., Skalierung, 2006, S. 96.

welche sich auf die Zielsetzung der kostenminimalsten und effektivsten, zentralen Distributionslogistik bezieht. Dabei werden drei verschiedene Gewichtungskategorien (vgl. Tab. 18) in die Bewertung integriert und am Ende zu einem Gesamtnutzwert verrechnet. Diese orientieren sich an einem Erreichungsgrad von 100% ($\cong 1,0$). Durch diese Normierung der Gewichtung lassen sich die Untersuchungsergebnisse gut interpretieren.¹²⁷

Tabelle 18: Gewichtungssystematik mit drei Kategorien

| | | | |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------|------------|
| Gewichtung 1 (G₁): Hauptkategorie | Operative Standortfaktoren | 0,7 | 1,0 |
| | Funktionale Standortfaktoren | 0,3 | |
| Gewichtung 2 (G₂): Mittlere Kategorie | Logistische Infrastruktur | 0,2 | 1,0 |
| | Variable Kosten | 0,5 | |
| | Fixe Kosten | 0,3 | |
| Gewichtung 3 (G₃): Unterkategorie | Anbindung an Straße, Luft, Wasser | 0,6 | 1,0 |
| | Beschaffenheit der Straßennetze | 0,2 | |
| | Personalverfügbarkeit | 0,2 | |

Quelle: Eigene Darstellung.

Die erste Hauptkategorie bestimmt die Gewichtung innerhalb der operativen und funktionalen Standortfaktoren, die wiederum in eine zweite mittlere Kategorie mit jeweils drei Determinanten aufgeteilt ist. Dabei werden die in der ersten Hauptkategorie genannten operativen Faktoren mit 0,7 gewichtet, da diese innerhalb der Standortentscheidung eine weitaus größere Rolle einnehmen als die funktionalen Faktoren. Folglich wurde diesen eine Bewertung von 0,3 zugewiesen, um insgesamt auf einen Erreichungsgrad von 1,0 zu kommen. Mit derselben Logik wurde die Gewichtung innerhalb der G₂- und G₃- Kategorie vorgenommen.

¹²⁷ Vgl. Heuer, K., Gewichtung der Standortfaktoren, 2011, S. 46 ff.

Tabelle 19: Gewichtung operativer Standortfaktoren

| Operative Standortfaktoren | | Gewichtungsfaktor (G _j) |
|----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | Variable Kosten | 0,5 |
| 2.1 | Transportkosten | 0,5 |
| 2.2 | Betriebskosten | 0,25 |
| 2.3 | Lohnkosten | 0,25 |
| 2. | Fixe Kosten | 0,3 |
| 3.1 | Ingangsetzungskosten | 0,4 |
| 3.2 | Mietkosten | 0,4 |
| 3.3 | Versicherungskosten | 0,2 |
| 3. | Logistische Infrastruktur | 0,2 |
| 1.1 | Anbindung an Straße, Luft, Wasser | 0,6 |
| 1.2 | Beschaffenheit der Straßennetze | 0,2 |
| 1.3 | Personalverfügbarkeit | 0,2 |

Quelle: Eigene Darstellung.

So spielen die logistische Infrastruktur und die dazugehörigen Unterkategorien neben den entscheidenden variablen als auch fixen Kosten eine nachgelagerte Rolle. Innerhalb der mittleren Gewichtung (G_2) nehmen die variablen Kosten mit einem Gewichtungsfaktor von 0,5 sowie die fixen bzw. einmalig anfallenden Kosten mit 0,3 die wichtigste Priorität in der Bewertung als auch im gesamte Entscheidungsmodell ein. Nachfolgend von der logistischen Infrastruktur mit dem kleinsten Faktor von 0,2. Innerhalb der logistischen Infrastruktur wird die Anbindung des neuen Standorts an ein gut ausgebautes Straßennetz sowie die Nähe zu einem Seehafen bzw. Flughafen am höchsten gewichtet. Die Beschaffenheit der Straßennetze sowie die Personalverfügbarkeit wurden gleichwertig mit einem kleineren Faktor belegt. Die Gewichtungen der *funktionalen* Standortfaktoren werden in der unteren Tabelle 20 dargestellt.

Tabelle 20: Gewichtung funktionaler Standortfaktoren

| Funktionale Standortfaktoren | | Gewichtungsfaktor (G _j) |
|------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 4. | Politisch- rechtliche SF | 0,4 |
| 4.1 | Politische Stabilität | 0,3 |
| 4.2 | Genehmigungsverfahren | 0,4 |
| 4.3 | Internationale Abkommen | 0,3 |
| 5. | Steuer- zollrechtliche SF | 0,4 |
| 5.1 | Unternehmensbesteuerung | 0,4 |
| 5.2 | Umsatzsteuer | 0,4 |
| 5.3 | Tarifäre Handelshemmnisse (Zoll) | 0,2 |
| 6. | Umweltrelevante SF | 0,2 |
| 6.1 | Entsorgungslogistik | 0,5 |
| 6.2 | Umweltauflagen | 0,3 |
| 6.3 | Naturkatastrophen | 0,2 |

Quelle: Eigene Darstellung.

Auf den ersten Blick fällt auf, dass die funktionalen Standortfaktoren im Verhältnis zu den operativen Kriterien eine eher ergänzende Rolle einnehmen. Die politisch-rechtlichen als auch die steuer- und zollrechtlichen Aspekte sind zwar relevant, allerdings wird ihnen kein zu hoher Gewichtungsfaktor beigemessen. Den geringsten Wert innerhalb der Gewichtung erreichen mit einem Erreichungsgrad von 0,2 die umweltrelevanten Faktoren.

4.3 Grundprinzipien des zu entwickelnden Entscheidungsmodells

Auf Basis der bestehenden Literatur und dem aktuellen standorttheoretischen Bezugsrahmen im Bereich der Standortlehre (vgl. Kap. 2) und der erfolgskritischen, gewichteten Standortfaktoren (vgl. Kap. 3 & 4.2) wird nachfolgend das finale unterstützende Modell zur Standortbestimmung entwickelt. Als Modellierung wird der Entwicklungsprozess eines neuen Modells oder eine Erweiterung

eines bereits existierenden Modells bezeichnet.¹²⁸ Es wird ein Entscheidungsmodell zur Bestimmung eines zentralen Standorts innerhalb der Distributionslogistik entwickelt.¹²⁹ Das Modell ist den deterministischen Modellen zuzuordnen, da alle Parameter genau vorgegeben und nicht beeinflussbar sind (vgl. Kap. 2.2). Nach der Art des zugrunde liegenden Optimierungsmodells lässt sich das Standortentscheidungsmodell als ganzzahlige und kombinatorische Optimierung charakterisieren. Das Modell umfasst ein lineares Optimierungsproblem, das eine Zielfunktion und Nebenbedingungen beinhaltet.¹³⁰ Als Zielsetzung des Modells wird die Minimierung der vom neuen Zentrallager aus entstehenden Transportkosten zu den zu beliefernden lokalen Standorten angenommen. Zusätzlich werden die mit der neuen Standortentscheidung anfallenden betriebswirtschaftlichen Kosten berücksichtigt. Demnach setzt sich das nachfolgend zu entwickelnde Entscheidungsmodell aus verschiedenen Teilmodellen der theoretischen Standortbestimmung sowie dem Einbezug mehrerer bereits genannter Standortfaktoren zusammen. Die Zusammenführung mehrerer, zu Beginn identifizierter, Standortalternativen und der anschließend zu bewerteten Standortkriterien erfolgt in einer Nutzwertanalyse, die alle Faktoren des Modells kombiniert und nach Relevanz für die Zielsetzung gewichtet. Entscheidend dabei ist nicht nur die logistische Positionierung des neuen zentralen Distributionszentrums, sondern auch die regionsspezifischen Aspekte des jeweiligen Standorts, welche die endgültige Entscheidung beeinflussen.

4.3.1 Anforderungen an das Standortbestimmungsmodell

Neben den Anforderungen an die Methoden als auch erfolgskritischen Standortfaktoren des Modells sind zusätzlich Anforderungen an die Eigenschaften des

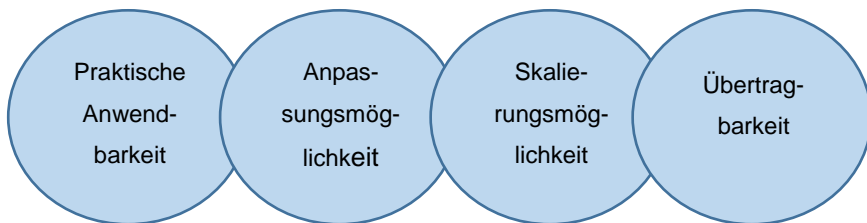
¹²⁸ Vgl. Töllner, A., Jungmann, T., Bücken, M., Brutschek, T., Modellierung, 2010, S. 18.

¹²⁹ Vgl. Götzte, U., Wilke, U., Simultanplanung von Standorten, 1992, S. 63.

¹³⁰ Vgl. Domschke, W., Drexl, A., Standortplanung, 2011, S.121 ff.

Modells als solches zu definieren. Die festgelegten Eigenschaften werden in Abb. 21 dargestellt.

Abbildung 18: Eigenschaften des zu entwickelnden Modells.



Quelle: Eigene Darstellung.

Die praktische Anwendbarkeit wird als zentrale Charakteristik an das zu entwickelnde Modell bestimmt. Dem Anwender soll nicht nur ein theoretisches Standortbestimmungs-Konstrukt mit relevanten Vorgaben an die Hand gegeben werden, sondern ein praxisorientiertes Modell, welches für reale Standortbestimmungen zentraler Lager angewendet werden kann. Zudem soll das Modell über die Möglichkeit der Anpassung verfügen, sodass es nicht nur in idealtypischen Situationen eingesetzt werden kann. Es sollte auf individuelle Ausgangssituationen anpassbar sein, insbesondere hinsichtlich des betrachteten Unternehmens bzw. der Branche als auch der zu distribuierenden Güter. Außerdem soll gewährleistet werden, dass die definierten Kriterien individuell skaliert und nach Bedarf gewichtet werden können. Zusammenfassend ergibt sich aus allen genannten Eigenschaften eine insgesamt Übertragbarkeit des Modells. Innerhalb der zentralen Distributionslogistik soll es für eine generelle und optimale Standortbestimmung einsetzbar sein.

4.3.2 Integrativer Top-Down und- Bottom-Up-Ansatz

Folglich ist ein allgemein gültiger Anwendungsprozess zu entwickeln, der zu Entscheidungen und Maßnahmen führt, die auf logistischen als auch standortspezifischen Standortkriterien basiert. In Abhängigkeit des zentralen Standortbestimmungsproblems in Netzen sollen demnach einzelne Standorte bis hin zu umgebenden Regionen betrachtet werden, ohne dabei die Zielsetzungen sowie Standortfaktoren zu vernachlässigen.¹³¹ Dabei läuft die Bestimmung des optimalen Standorts in mehreren Phasen ab. In der ersten Phase werden unter Anwendung verschiedener Standortbestimmungsmethoden des zentralen Standortproblems verschiedene Standorte identifiziert. Die Gestaltung erfolgt durch Integration eines Bottom-up-Ansatzes, in dem zuerst die einzelnen Standortalternativen unter Anwendung der theoretischen Bestimmungsmethoden bestimmt werden.¹³² Der Bottom-up-Ansatz stammt ursprünglich aus der Fabrikplanung und wird auf das hier zu entwickelnde Modell übertragen.¹³³ Die Ableitung der für die zentrale Distributionslogistik erfolgskritischen Faktoren eines Standortes erfolgt parallel nach dem Top-Down Prinzip. Beide Ansätze werden schließlich in der bereits beschriebenen Nutzwertanalyse vereint und abschließend bewertet. Mit der Verbindung des Bottom-Up Ansatzes mit dem üblichen Top-Down-Ansatz wird sichergestellt, dass eine detaillierte Bewertung der ermittelten Standorte hinsichtlich der Zielsetzung und deren Eigenschaften erfolgt. Aus Sicht des Unternehmens kann damit ein umfassender Bericht bereitgestellt werden, welche Methoden und Faktoren zur Standortbestimmung und Zielerreichung beigetragen haben. Zusammenfassend wird aus Sicht des erläuterten Ansatzes ein Pool der in Frage kommenden zentralen Standorte gebildet, um daraufhin auf Basis der bereits definierten

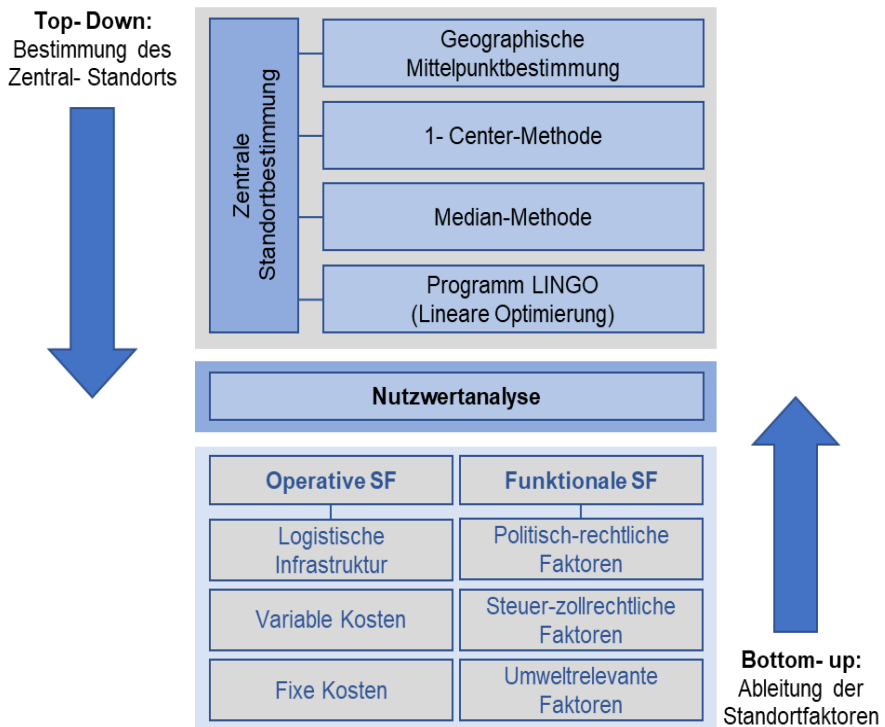
¹³¹ Vgl. *Beckmann, H.*, Prozessorientiertes Supply Chain Engineering, 2012, S. 76.

¹³² Vgl. *Furmans, K.*, Modellierung logistischer Systeme, 2020, S. 35 - 94.

¹³³ Vgl. *Funk, B.*, Bottom-up-Ansatz, 2014, S. 44.

Standortfaktoren die entsprechende Bewertung durchzuführen. Anhand nachfolgender Abb. 20 wird der integrative Top-Down und- Bottom-Up- Ansatz dargestellt.

Abbildung 19: Integrativer Top- Down und- Bottom- Up- Ansatz.



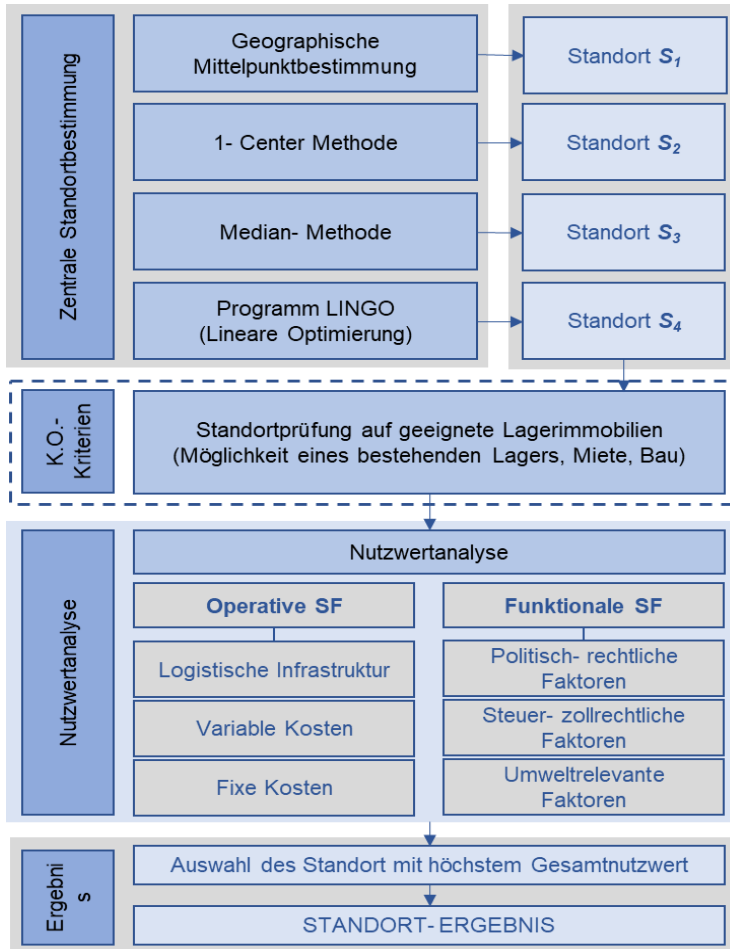
Quelle: Eigene Darstellung.

Voraussetzung für die anschließende Nutzwertanalyse ist, dass sowohl an dem ermittelten Standort eine angemessene Lagerimmobilie vorhanden ist als auch die geforderten Informationen über den Standort gesammelt werden können. Die Existenz eines Lagerplatzes bzw. die Möglichkeit für einen Neubau stellt dem-

nach ein K.O.- Kriterium des Modells dar und sorgt für eine grundlegende Aus-sortierung der Standorte, an denen keine Lagermöglichkeiten vorhanden sind. Nach dieser Auslese bleiben lediglich die Standorte bestehen, die für einen tatsächlichen Bau, Kauf bzw. Anmietung einer Lagerimmobilie in Frage kommen. Ausgehend von dem tatsächlich vorhandenen Lagerstandort, der mit der Standortanforderung der zentralen Lage alle logistischen Bedingungen erfüllt, lassen sich die zusätzlichen Erweiterungen um die zu analysierenden Standortfaktoren bilden. Folglich wird der endgültige Ablaufplan des Standortbestimmungsmodells im nachfolgenden Kapitel definiert und anhand der **Abb. 21** dargestellt.

4.4 Finales Modell

Unter Bezugnahme aller vorangegangenen Kapitel der theoriebasierten, logistischen Zentral-Standortbestimmung, sowie der Eingrenzung der für die zentrale Distributionslogistik erfolgskritischen Standortfaktoren kann letztlich ein abschließendes und praxisorientiertes Entscheidungsmodell für die Bestimmung zentraler Standorte in einem gegebenen Distributionsnetzwerk vorgestellt werden.

Abbildung 20: Ablaufplan des zentralen Standort-Bestimmungsmodells.

Quelle: Eigene Darstellung.

Die finale Vorgehensweise des Modells kann anhand von sechs Schritten wie folgt beschrieben werden:

- 1. Bestimmung des zentralen Standorts in einem vorgegebenen Distributions- Netzwerk mit gegebenen Lagern sowie deren Nachfragemengen:**

Um den optimalen Standort für das zentrale Logistikzentrum zu erhalten, werden aus einer n - gegebenen Anzahl an vorhandenen Standorten (Lager) und unter Anwendung der in Kap. 2.3. erläuterten Standortbestimmungsmethoden mehrere Standortalternativen ermittelt. Dies geschieht je nach Modell unter der Berücksichtigung der geographischen Lage der existierenden Lager sowie der zusätzlichen Einbeziehung der jeweiligen Nachfragemengen.

2. *Ergänzende Analyse des K.O.-Kriteriums:*

Um die Anzahl der Faktoren weiter zu begrenzen, ist es sinnvoll, diejenigen Faktoren auszuwählen, welche ein K.O.-Kriterium beschreiben. Dies sind Kriterien, die zwingend erfüllt werden müssen und ohne deren Erfüllung es zu keiner Standortentscheidung kommen kann. Im Fall des vorliegenden Untersuchungsgegenstands wurde die „Verfügbarkeit von geeigneten Lagerimmobilien“ an dem ermittelten Standort als K.O.-Kriterium definiert. Sei es zum Bau, Kauf oder zur Anmietung eines neuen Lagers. Dementsprechend werden die analysierten zentralen Standorte einer weiteren Analyse unterzogen, um festzustellen, ob eine Lagerimmobilie zur Verfügung steht und ob diese den Anforderungen eines zentralen Lagers gerecht wird.

3. *Übertragung aller ermittelten Standorte in eine Nutzwerttabelle mit anschließender Anwendung der NWA:*

Alle für die Berechnung notwendigen Standort-Alternativen, sowie die zuvor definierten und bereits gewichteten Standortfaktoren werden in eine Nutzwerttabelle übertragen.

4. *Anwendung der Nutzwertanalyse:*

Unter Berücksichtigung der bereits definierten Standortkriterien (K_j) sowie der Teilnutzwerte (N_{ij}) wird die Nutzwertanalyse durchgeführt. (vgl. Kap. 2.3.6)

5. *Finale Standortbestimmung des zentralen Distributions- Standorts:*

Nach Ermittlung des Gesamtnutzwertes für jede Standortalternative (vgl. Anhang 3) sind diese miteinander zu vergleichen. Im Ergebnis wird der Standort mit dem höchsten Nutzwert ausgewählt und als zentraler Standort bestimmt.¹³⁴

¹³⁴ Vgl. *Bleis, C.*, Gesamtnutzwert, 2011, S. 153 ff.

5 Praxisanwendung an einem Fallbeispiel

Um die Eignung und Anwendbarkeit des entwickelten Standort-Entscheidungsmodells zu überprüfen, erfolgt in diesem Kapitel die praktische Anwendung des Modells an einem realen Praxisfall. Verwendet wird hierfür ein weltweit agierender IT-Distributor, mit einem, für diese Untersuchung eingegrenzten europäischen Tätigkeitsraum. Aufgrund des Umfangs und der Komplexität einer Standortplanung muss darauf hingewiesen werden, dass nur auf einzelne logistische sowie betriebswirtschaftliche Aspekte und Standortprobleme eingegangen werden kann. Es wird lediglich das vorhandene europäische Netzwerk des Unternehmens untersucht. Dabei entspricht das gesamte Vorgehen den Schritten des entwickelten Vorgehensmodells zur Bestimmung eines logistikdeterminierten zentralen Standorts (vgl. Kap. 4.4). Die Fallstudie schließt mit einer Standortentscheidung und einer kritischen Reflexion zur angewandten Standortentscheidungsanalyse ab. Anlässlich der Sensibilität der Unternehmensdaten werden zudem keine konkreten Werte oder anderweitig sensible Informationen preisgegeben. Dieser Forschungsbeitrag enthält einen Sperrvermerk.

5.1 Die Ausgangssituation

Das in diesem Fallbeispiel betrachtete Unternehmen ist ein weltweit agierender Distributor für Informationstechnologie (IT-Güter). Als eines der führenden Unternehmen in der Branche verfügt es über europaweite Beschaffungs- und Distributionsnetzwerke mit lokalen Lagern. Das aktuelle Netzwerk verfügt über ein zentrales, einstufiges Distributionsmodell mit einem einzigen europaweiten Distributionszentrum, welches als Beschaffungs- sowie Distributionslager für die zu beliefernden lokalen Lager fungiert. Dabei treten innerhalb des Distributionsnetzes verschiedene Transportströme auf, die sich aus den Vorläufen ab Werk zum Zentrallager, den Direktverkehren ab Werk zu den lokalen Distributionslagern sowie den Transporten zwischen den jeweiligen Lagern zusammensetzen. Die Zu-

lieferungen der zu distribuierenden Güter erfolgen zu gleichen Teilen aus verschiedenen Ländern in Europa, Fernost sowie den Vereinigten Staaten. Um für das wachsende und sich schnell drehende Distributionsgeschäft langfristig gewappnet zu sein, stehen derzeit Überlegungen an, die gesamte europäische Distributionslogistik zu überdenken, um so langfristig Kosten für den Transport als auch Umschlag zu sparen. Vor diesem Hintergrund und vor dem Aspekt der Gesamtkostenersparnis fragt das Management folglich nach einer Standortanalyse für das zentrale, einstufige Distributionsmodell. Ziel ist es eine Vergleichbarkeit der Gesamtkosten vorhandener als auch neuer zentraler Standortoption zu erhalten. Das Unternehmen verfügt derzeit über sieben in Europa verteilte Distributionslager, die in unterschiedlichen Ländern angesiedelt sind (vgl. Tab. 21). Diese und weitere mögliche neue zentrale Standorte sind Bestandteil der Untersuchung.

Tabelle 21: Vorhandene Lagerstandorte

| Standort | Land | Stadt | Jährl. Nachfragemenge in T. Stück (D_i) | Frachtkosten pro Versand-LKW |
|----------|-------------|-------------|---------------------------------------------|------------------------------|
| A | Deutschland | Straubing | 120 | 1.000 |
| B | Frankreich | Lomme | 72 | 1.400 |
| C | Niederlande | Tilburg | 62 | 900 |
| D | Spanien | Constanti | 48 | 1.900 |
| E | Italien | Settala | 43 | 1.100 |
| F | England | Northampton | 42 | 2.300 |
| G | Schweden | Rosersberg | 28 | 2.500 |

Quelle: Eigene Darstellung.

Derzeit wird Standort A in Deutschland, Straubing als zentrales Beschaffungs- und Distributionslager genutzt. Von dort aus werden alle lokalen Lager mit IT-Gütern versorgt. In der abschließenden Kalkulation sowie Nutzwertanalyse wird

der Standort A folglich als potenzieller Standort S_1 mit in die Analyse aufgenommen. Durch die gegebene Anzahl und Lage der bereits vorhandenen, zu beliefernden Lager innerhalb Europas, beschränkt sich die Suche nach dem optimalen zentralen Standort auf bereits vorhandene, sowie die sich aus der nachfolgenden Evaluation ergebenden Standorte, sofern der ermittelte Standort sich auch aus betriebswirtschaftlichen Gründen als sinnvoll erweist.

5.2 Standortbestimmung anhand des konzipierten Modells

Ein zentraler Standort ist für das vorliegende vom Unternehmen vorgegebene europäische Distributionsnetzwerk so zu bestimmen, dass die logistischen Zielsetzungen der minimalsten Transportkosten als auch der vorgegebenen Standortanforderungen der zentralen Lage möglichst optimal erfüllt werden. Zusätzlich soll die Bedingung der Kapazitätsgrenzen bedacht werden. Zusammengefasst handelt es sich um ein einstufiges Zentren- Problem unter Einbeziehung der jeweiligen Nachfragemengen pro Lager sowie einer weiteren Auflage, der zusätzlich anfallenden variablen und fixen Kosten, die im gesamten Entscheidungsmodell anhand einer Nutzwertanalyse berücksichtigt werden sollen. Die Nutzwertanalyse ist eine Form erweiterter Wirtschaftlichkeitsanalyse bzw. eine Weiterentwicklung der Kosten-Wirksamkeits-Analyse, mit der versucht wird, die Nutzwerte einzelner Faktoren systematisch aufeinander zu beziehen.¹³⁵ Das Standortproblem kann abschließend mit den gegebenen Eingangsgrößen wie folgt formuliert werden:

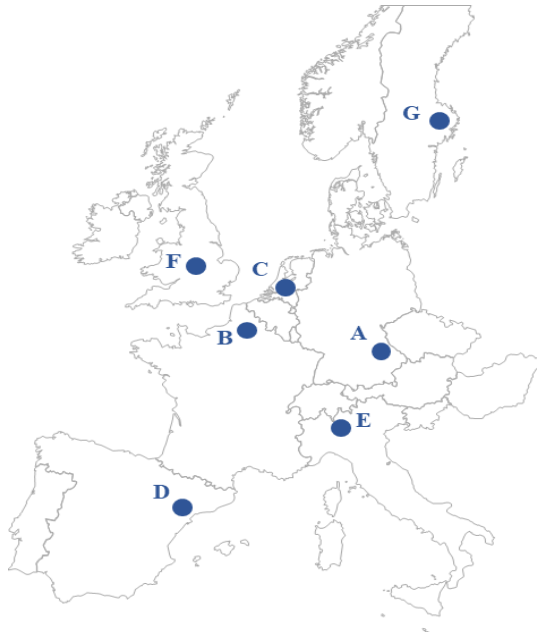
| | |
|----------------|----------------------------------------------|
| S | Potenzielle Standorte |
| n | Anzahl der zu beliefernden Standort |
| D _n | Jahresnachfragemenge vom jeweiligen Standort |

¹³⁵ Vgl. Endres, E., Nutzwerte, 2001, S. 103 -117.

| | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| f_s | Jährliche Fixkosten für Standort s |
| K_s | Maximale Kapazitätsmenge die von einem Standort geliefert bzw. aufgenommen werden kann |
| C_{ij} | Gesamtkosten für die Belieferung von Standort i zum n |

- Gegeben sei eine Menge S potenzieller Standorte
- Auf einer homogenen Fläche (Europa) sind sieben vorhandene Standorte vorgegeben, die es zu beliefern gilt. ($n = 7$)
- Es werden bestehende als auch komplett neue Standorte, die aus der Anwendung der Standortbestimmungsmethoden hervorgehen, in die Standortanalyse mit einbezogen. Die Verteilung der vorhandenen Standorte wurde anhand der unteren Abbildung auf der europäischen Landkarte abgebildet.

Abbildung 21: Darstellung der Standorte auf der Europa-Landkarte.



Quelle: Eigene Darstellung.

Die nachfolgenden Anwendungen und Berechnungen der einzelnen Methoden basieren durchgehend auf denselben Werten, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Alle im folgenden angewendeten Methoden orientieren sich an den im Unterkapitel 2.3 erläuterten Methoden zur Standortbestimmung und weisen ein identisches Vorgehen auf.

5.2.1 Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung

Als Erstes wird die Methode der Mittelpunktbestimmung anhand von gegebenen geographischen Koordinaten angewendet (vgl. Kap. 2.3.1). Hierbei wird derjenige zentrale Standort ermittelt, der abhängig von Straßenkilometern über die kürzeste Entfernung zum Zentralpunkt verfügt. Die Koordinaten werden für die vorhandenen Standorte als Erstes ermittelt. Dies geschieht durch Eingabe der jeweiligen Standorte (Adressen) in dem web-basierten Tool mapdevelopers.com. Die entsprechenden Breiten- und Längengrade werden anschließend in eine Tabelle übertragen.

Tabelle 22: Ermittelte Breiten- und Längengrade der gegebenen Standorte

| Standort | Land | Stadt | Jährl. Nachfragemenge in T. Stück (D _i) | Frachtkosten pro Versand-LKW |
|----------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------|------------------------------|
| A | Deutschland | Straubing | 120 | 1.000 |
| B | Frankreich | Lomme | 72 | 1.400 |
| C | Niederlande | Tilburg | 62 | 900 |
| D | Spanien | Constanti | 48 | 1.900 |
| E | Italien | Settala | 43 | 1.100 |
| F | England | Northampton | 42 | 2.300 |
| G | Schweden | Rosersberg | 28 | 2.500 |

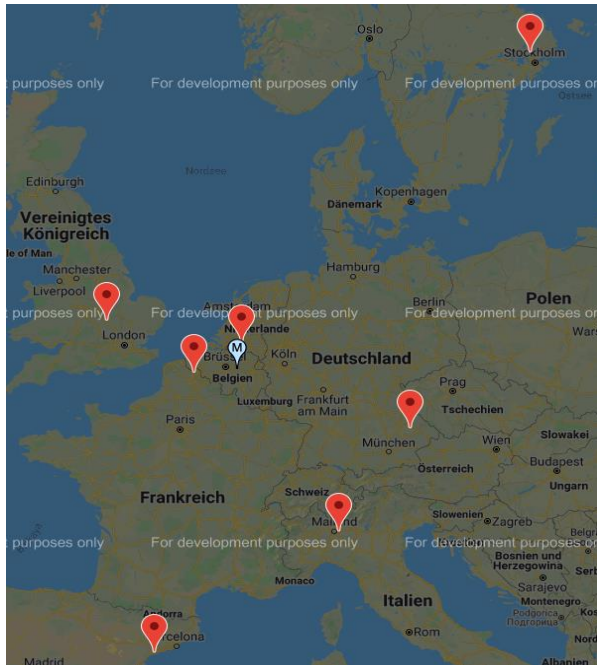
Quelle: Eigene Darstellung mit Koordinatendaten aus mapdevelopers.com¹³⁶

¹³⁶ https://www.mapdevelopers.com/geocode_tool.php, Zugriff am 30.05.2020.

Im Anschluss daran, wird mit Hilfe des web-basierten Geographic Midpoint Calculators¹³⁷ der zentrale Standort berechnet. Als Kalkulationsmethode wird die Auswahl „B. Center of minimum distance“ (deutsch: Zentrum der minimalen Entfernung) verwendet. Um den exakten Zentralpunkt zu finden verwendet diese Methode einen mathematischen Algorithmus, der die Gesamtfahrstrecke von allen Orten zum zentralen Standort minimiert, indem alle Abstände nach einem angegebenen sphärischen Kosinus-Gesetz berechnet werden. Dabei bezieht sich die mathematische Formel innerhalb des Algorithmus auf den geographischen Mittelpunkt, der zunächst im Hintergrund berechnet wird. Dieser stellt den Ausgangspunkt für die Suche dar. Es wird angenommen das die Entfernung die die am minimalsten ist die Gesamtsumme aller Entfernungen von diesem Standort zu allen eingegebenen Orten ist. Anschließend wird der Reihe nach die Gesamtentfernung zwischen den einzelnen Standorten berechnet, bis sich für einen dieser Standorte eine neue kleinste Entfernung ergibt. Sobald ein Standort mit einer minimaleren Gesamtentfernung identifiziert wird, wird dieser zum neuen Standort mit der minimalsten Entfernung bestimmt. Die Standorte sind dabei kreisförmig um den aktuellen Zentralpunkt in einem Testabstand nach Norden, Nordosten, Osten, Südosten, Süden, Südwesten, Westen und Nordwesten angeordnet. Sobald einer dieser 8 Punkte einen neuen kleinsten Abstand erhält, wird dieser Punkt zum neuen aktuellen Punkt mit der minimalsten Entfernung bestimmt. Dieser Schritt wird latent solange durchgeführt bis kein neuer kleinster Abstand zwischen den Punkten mehr gefunden werden kann, oder bis der Abstand weniger als 0,00000002 Radiant beträgt.¹³⁸ Demzufolge wurden alle sieben Standorte und die dazugehörigen Breiten- und Längengrade im Geographic Midpoint Calculator (GMC) eingegeben und berechnet. Der errechnete Zentralpunkt ist hierbei mit einer Markierung „M“ gekennzeichnet.

¹³⁷ <http://www.geomidpoint.com/>, Zugriff am 30.05.2020.

¹³⁸ Vgl. <http://www.geomidpoint.com/>, Zugriff am 30.05.2020.

Abbildung 22: Ergebnis zentraler geographischer Standort- GMC.

Quelle: Geomidpoint.com unter der Verwendung von Google Maps.

Wie man in der Abbildung 23 erkennen kann, wurde mit Hilfe des Kalkulators ein Ort in Belgien als zentraler Standort berechnet. Zusätzlich dazu gibt das web-basierte Programm die ermittelte Stadt mit den dazu gehörigen Breiten- und Längengraden aus. In dem berechneten Fallbeispiel unter Berücksichtigung der vorhandenen Standorte des Unternehmens wurde die Stadt Hoegaarden in Belgien als zentraler Standort S_2 ermittelt.

Tabelle 23: Vorhandene Lagerstandorte

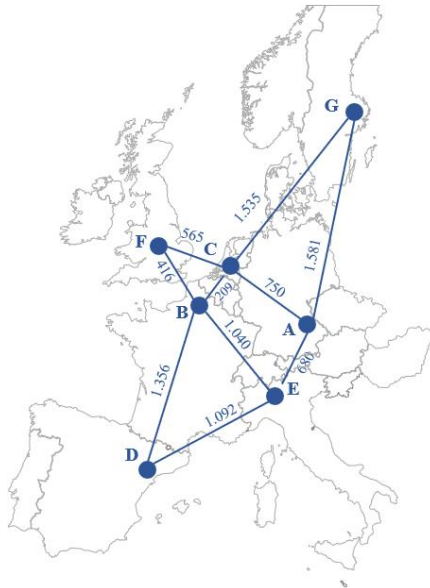
| Zentraler Standort | Land | Stadt | Breitengrad | Längengrad |
|--------------------|---------|------------|-------------|------------|
| S_2 | Belgien | Hoegaarden | 50.775333 | 4.896653 |

Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.2 Anwendung der 1-Center Methode

Die hier angewendete, und bereits in Unterkapitel 2.3.2 erläuterte 1-Center Methode beruht auf der Verwendung und Entfernungsberechnung bereits vorhandener Standorte ohne Berücksichtigung der jeweiligen Nachfragemengen (vgl. Kap. 2.3.2). Zur besseren Darstellung der jeweiligen Entfernungen in km wurden die Standorte in ein physisches Netzwerkmodell (vgl. Kap. 2.2) als Knotenpunkte übertragen. Anschließend wurde die jeweilige Distanz zwischen den Orten als Gewicht an den Kanten abgetragen, die als Entfernung in km interpretiert wird.¹³⁹ Die km-Angabe basiert dabei auf tatsächlichen Straßenverbindungen mit der kürzesten und optimalsten Route, wie sie ein LKW zurücklegen würde.

Abbildung 23: Vorhandene Standorte mit km-Angabe an den Kanten.



Quelle: Eigene Darstellung.

¹³⁹ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C., Logistiknetzwerke, 2014, S. 6 ff.*

Die Bestimmung des Centers in dem abgebildeten Netzwerk wird mit einem Kürzeste-Wege-Verfahren durchgeführt (vgl. Kap. 2.3.2). Es wird die maximale Entfernung $D_{\max}(j) = \max \{d_{jk} : k \in V\}$ zu allen vorhandenen Knoten bestimmt. Im zweiten Schritt wird derjenige Knoten als Center definiert, dessen maximale Entfernung unter allen Knoten $j = 1, \dots, n$ minimal ist.¹⁴⁰ Demnach wurden die drei Standorte A, B und C in der Mitte des Netzwerks als Mittelpunkte definiert und anhand der Entfernung in km zu den vier Extrempunkten D, G und E berechnet.

Annahme: Zentrales Lager am Standort A:

1. Entfernung zu Standort D: $680 \text{ km} + 1.092 \text{ km} = \underline{1.772 \text{ km}}$
2. Entfernung zu Standort E: $680 \text{ km} = \mathbf{680 \text{ km}}$
3. Entfernung zu Standort F: $750 \text{ km} + 565 \text{ km} = \mathbf{1.315 \text{ km}}$
4. Entfernung zu Standort G: $1.581 \text{ km} = \mathbf{1.581 \text{ km}}$

Die maximale Entfernung von Standort A ist **1.772 km**.

Annahme: Zentrales Lager am Standort B:

1. Entfernung zu Standort D: $1.356 \text{ km} = \mathbf{1.356 \text{ km}}$
2. Entfernung zu Standort E: $1.040 \text{ km} = \mathbf{1.040 \text{ km}}$
3. Entfernung zu Standort F: $416 \text{ km} = \mathbf{416 \text{ km}}$
4. Entfernung zu Standort G: $209 \text{ km} + 1.535 \text{ km} = \underline{1.744 \text{ km}}$

Die maximale Entfernung von Standort B ist **1.744 km**.

¹⁴⁰ Vgl. Mattfeld, R., Vahrenkamp, D.C., Logistiknetzwerke, 2014b, S. 103.

Annahme: Zentrales Lager am Standort C:

1. Entfernung zu Standort D: $1.356 \text{ km} + 209 \text{ km} = \underline{\underline{1.565 \text{ km}}}$

2. Entfernung zu Standort E: $209 \text{ km} + 1.040 \text{ km} = \underline{\underline{1.249 \text{ km}}}$

3. Entfernung zu Standort F: $565 \text{ km} = \underline{\underline{565 \text{ km}}}$

4. Entfernung zu Standort G: $1.535 \text{ km} = \underline{\underline{1.535 \text{ km}}}$

Die maximale Entfernung von Standort C ist **1.565 km**.

Aus den drei errechneten maximalen Entfernungen der drei Standorte, ist die Entfernung mit 1.565 km vom Standort C demnach am minimalsten. Folglich wird dieser Standort nach der 1-Center Methode als Zentrum im Netzwerk definiert und bildet somit den dritten potenziellen Standort S_3 .

Tabelle 24: Vorhandene Lagerstandorte

| Zentraler Standort | Land | Stadt | Breitengrad | Längengrad |
|--------------------|---------|------------|-------------|------------|
| S_2 | Belgien | Hoegaarden | 50.775333 | 4.896653 |

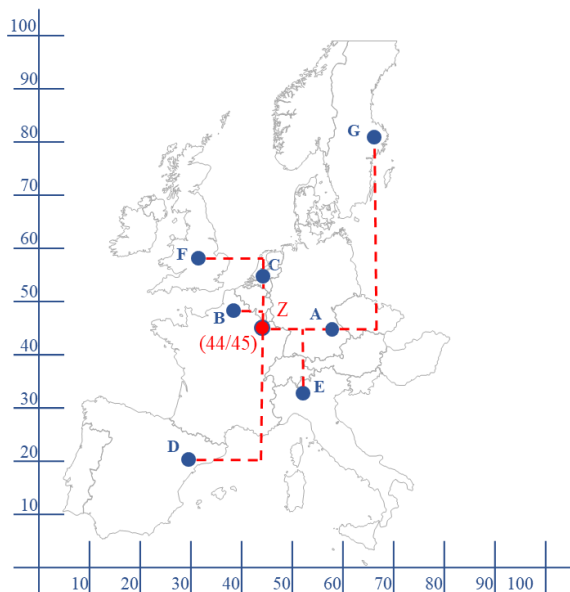
Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.3 Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung

Wie bereits in Unterkapitel 2.3.3 erläutert, wird in dieser Netzwerk-Optimierungsplanung nach der Median-Methode der Zentralort anhand bereits vorgegebener Standorte identifiziert. Hierbei werden nicht nur die vorhandenen Standorte für einen zentrales Lager in Erwägung gezogen, sondern alle im Ergebnis errechneten Punkte können als potenzieller Standort in Betracht kommen. Dabei wird von einer definierten, jährlich benötigten Stückzahl (Nachfragemenge) pro Standort ausgegangen. Die Frachtkosten werden als Stück-km von jedem Punkt identisch festgelegt. Man legt fest, dass sich der Median auf eine LKW-Ladung bezieht und

dass die Überwindung der Distanz nur in einem rechtwinkligen Wegenetz innerhalb der X- und Y-Achsen erfolgen kann. Diagonale Bewegungen werden in dem Medianmodell ausgeschlossen.¹⁴¹ Das Vorgehen zur Ermittlung des zentralen Standorts orientiert sich an der bereits beschriebenen Median-Methode (vgl. Kap. 2.3.3). Die detaillierte Berechnung findet unter Annahme der in der Ausgangssituation beschriebenen Parameter statt und kann in **Anhang 1** dieses Forschungsbeitrags nachgelesen werden. Wie auch bereits im vorherigen Kapitel wird die europäische Landkarte als physisches Netzwerkmodell mit den eingezeichneten Knoten (gegebene Standorte) als Basis für die Ortbestimmung verwendet. Um die Koordinaten des ermittelten zentralen Standorts zu erhalten wurde die europäische Landkarte in ein X-, Y-Koordinatensystem übertragen.

Abbildung 24: Ergebnis des zentralen Punktes im X-, Y-Koordinatensystem.



Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁴¹ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C., Logistiknetzwerke, 2014, S. 106.*

Ausgehend von der Berechnung in Anhang 1 kann der zentrale Punkt mit den Koordinaten (44/45) identifiziert werden. Von dort aus ist die Summe der Transportkosten zu den zu beliefernden Nachfragepunkten am minimalsten. Mit Hilfe der europäischen Karte und Google Maps kann festgestellt werden, dass sich der errechnete Zentralpunkt in Frankreich befindet. Im Umkreis der optimalen Koordinaten befindet sich die Stadt Metz.¹⁴²

Tabelle 25: Ergebnis S₄ für den zentralen Standort (Median-Methode)

| Zentraler Standort | Land | Stadt | Breitengrad | Längengrad |
|--------------------|---------|------------|-------------|------------|
| S ₂ | Belgien | Hoegaarden | 50.775333 | 4.896653 |

Quelle: Eigene Darstellung.

5.2.4 Anwendung der geographischen Mittelpunktbestimmung

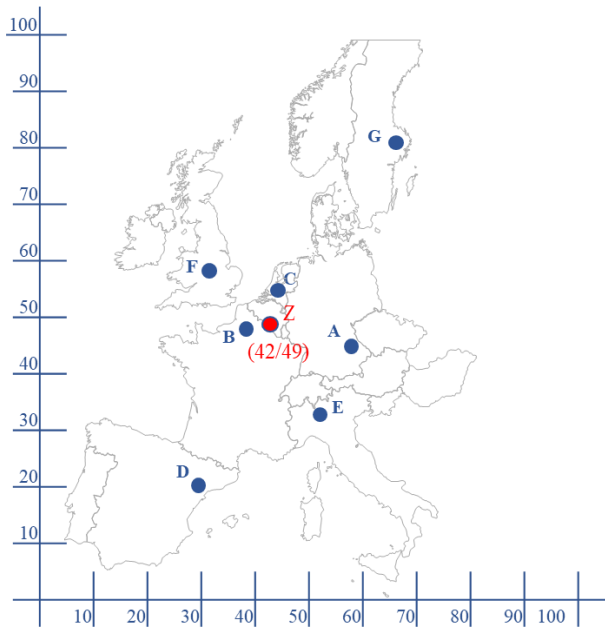
Wie auch im vorangegangenen Kapitel kann die nachfolgende Anwendung der Software LINGO an dem praktischen Fallbeispiel und unter Annahme der in der Ausgangssituation beschriebenen Parameter in **Anhang 2** dieser Forschungsarbeit eruiert werden. Die Berechnung basiert auf identischen Nachfragemengen (vgl. Kap. 5.1) je gegebenem Standort. Der Unterschied des in dem Programm LINGO angewandten linearen Optimierungsmodells zur Median-Methode besteht darin, dass hier reelle Frachtkosten pro Standort verwendet werden und der zu ermittelnde zentrale Standort sich nicht an den X- und Y-Koordinaten vorgegebener Standorte orientiert und frei in dem Netzwerk platziert werden kann.¹⁴³ Es ist eine Erweiterung des kapazitiven Standortproblems und optimiert den

¹⁴² Vgl. <https://www.google.de/maps/>, Zugriff am 03.06.2020.

¹⁴³ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014b, S. 147.

Standort für eine vordefinierte Anzahl kapazitiver Einrichtungen so, dass die erwarteten Gesamtkosten für den Transport minimiert werden.¹⁴⁴

Abbildung 25: Ergebnis aus der Berechnung in dem Programm LINGO.



Quelle: Eigene Darstellung.

Wie in Abbildung 25 und der Berechnung in dem Programm LINGO in Anhang 2 zu entnehmen ist, konnte der Punkt mit den Koordinaten (42/49) als optimaler, zentraler Standort mit den minimalsten Transportkosten identifiziert werden. Auf der europäischen Karte (Google Maps) liegen diese Koordinaten in Frankreich nahe der französisch-belgischen Grenze mitten in einem Nationalpark.¹⁴⁵ Dem-

¹⁴⁴ Vgl. *Rahmaniani, R.*, Robust Capacitated Facility Location Problem, 2013, S. 22 -35.

¹⁴⁵ Vgl. <https://www.google.de/maps/>, Zugriff am 03.06.2020.

nach entsprechen die exakten Koordinaten des Gravity-Modells nicht einem realisierbaren Standort, da hier keine Möglichkeit einer Anmietung bzw. zum Bau eines Lagers gegeben ist.

Tabelle 26: Ergebnis S_5 für den zentralen Standort (LINGO-Programm)

| Zentraler Standort | Land | Standort | Lagerimmobilie |
|--------------------|------------|-------------------------------|----------------|
| S_5 | Frankreich | Regionaler Naturpark Ardennen | nicht möglich |

Quelle: Eigene Darstellung.

Wenn die errechneten Koordinaten keinen realisierbaren Standort aufzeigen, besteht durchaus die Möglichkeit nach wünschenswerten Standorten im Umkreis der optimalen Koordinaten zu suchen, welche die gestellten Anforderungen an ein Zentrallager erfüllen. In der hier vorliegenden Untersuchung wurde festgestellt, dass sich das bestehende Lager in FR (Lomme) in unmittelbarer Nähe (nur 200 km entfernt) von den optimalen Koordinaten befindet.

5.2.5 Untersuchung und Anwendung der K.O. Kriterien

Nach der Ermittlung der zentralen Standorte anhand vier verschiedener Standortbestimmungsmethoden müssen die unterschiedlichen Ergebnisse bzw. Standorte im Detail betrachtet und nach K.O.-Kriterien vorausgewählt werden. Die untere Tabelle fasst alle Ergebnisse der ermittelten Standorte zusammen.

Tabelle 27: Ergebnisübersicht S_i für den zentralen Standort

| Ermittelte Zentralstandorte (S_i) | Land | Standort | Standortbestimmungsmethode |
|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------------------|
| Standort S_1 | Deutschland | Straubing | Aktuelles Zentrallager |
| Standort S_2 | Belgien | Hoegaarden | Geogr. Mittelpunkt |
| Standort S_3 | Niederlande | Tilburg | 1- Center Methode |
| Standort S_4 | Frankreich | Metz (Umkreis) | Median- Methode |
| Standort S_5 | Grenze FR & BE | Nationalpark | LINGO- Modell |

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Kriterienkatalog wurde nach dem Zweck der Untersuchung erstellt und dient primär dazu, die Zahl potenziell möglicher Standortalternativen n nach entscheidungsrelevanten und unabdingbaren Kriterien einzugrenzen.¹⁴⁶ Dabei wird eine Überprüfung der einzelnen Standorte auf logistische Mindestanforderungen (K.O.-Kriterien) angestrebt.¹⁴⁷ In dem beschriebenen Praxisfall ist das Vorhandensein einer geeigneten Lagerimmobilie bzw. die Möglichkeit einer Anmietung oder dem Bau eines neuen Lagers als Mindestanforderung definiert. Übertragen und angewendet auf den Praxisfall, sieht die Prüfliste mit den zu erfüllenden Anforderungen wie folgt aus:

Tabelle 28: Überprüfung der Standorte anhand der K.O.-Kriterien

¹⁴⁶ Vgl. Heuer, K., Gewichtung der Standortfaktoren, 2011, S. 161.

¹⁴⁷ Vgl. Ottmann, M., Lifka, S., Methoden der Standortanalyse, 2010, 2010, S. 74.

| K.O.-Kriterien | Ermittelte Standorte (S) | | | | |
|-------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | S ₅ |
| Besteht bereits ein Lager an dem Standort? | Ja | Nein | Ja | Nein | Nein |
| Möglichkeit zur Miete einer neuen Lagerimmobilie? | - | Ja | - | Nein | Nein |
| Möglichkeit zum Bau einer neuen Lagerimmobilie? | - | Nein | - | Ja | Nein |
| Lagerfläche / Grund (mind. 60.000 m ²) gegeben? | Ja | Ja | Nein | Ja | Nein |
| Lagerkapazität von mind. 500.000 Stück gegeben? | Ja | Nein | Nein | Ja | Nein |

Quelle: Eigene Darstellung.

Nach dem Ausschlussverfahren wurden demnach insgesamt vier K.O.-Kriterien für jeden Standort abgefragt und in der Tabelle mit „Ja“ oder „Nein“ beantwortet. Daraus hat sich folgendes Ergebnis ergeben:

Die Standortalternativen **S₁**, und **S₃** verfügen bereits über ein Lager und werden somit als potenzielle, zentrale Standortalternativen in die Untersuchung mit aufgenommen. **S₁** weist mit seinen rund 80.000 m² Lagerfläche keine Kapazitätsengpässe auf, wohingegen das Lager **S₃** in Tilburg lediglich über 40.000 m² verfügt und damit für die Anforderung eines zentralen Distributionszentrums zu klein ist. Aus diesem Grund muss das Lager **S₃** um weitere 20.000 m² ausgebaut bzw. Lagerfläche angemietet werden, um die Mindestgröße zu erfüllen. Diese Option wurde geprüft und wird erfüllt durch die Möglichkeit der Anmietung eines daneben ansässigen Lagers. Bei der Standortalternative **S₂** besteht die Möglichkeit einer Anmietung einer ansässigen Lagerimmobilie mit rund 60.000 m². Anstelle von Standortalternative **S₄** und **S₅**, die sich beide in Frankreich und in relativer Nähe zum vorhandenen, französischen Lager in Lomme befinden, wurde dieses als Standortalternative **S₄** festgelegt. Es befindet sich in einem Umkreis von maximal 400 km von dem ermittelten Standort Metz sowie dem Nationalpark entfernt und verfügt über die notwendigen 60.000 m² Lagerfläche. Die Prüfung möglicher Lageroptionen am Standort Metz wurden aus diesem Grund ausgelassen. Auch

weitere Nachforschung zum Standort **S₅** wurden nicht weiterverfolgt, da es mitten in einem Nationalpark liegt, in dem keine Lagermöglichkeiten gegeben sind. Selbst wenn an dem ermittelten Zentralpunkt ein Baurecht für ein neues Zentrallager gegeben wäre, würde ein Bau bzw. eine Neuvermietung für das Unternehmen keinen Sinn ergeben, da es sich rein aus Kostengründen nicht rentieren würde. Vor allem nicht vor dem Hintergrund, dass nur 200 km entfernt ein bereits vorhandenes Lager zur Verfügung steht. Somit wird das bestehende Lager in Lomme, Frankreich als vierte potenzielle Standortalternative **S₄** in das Modell aufgenommen. Final bleiben somit vier Standortalternativen, die es in der anschließenden Nutzwertanalyse zu überprüfen gilt. Hierbei werden die operativen und funktionalen Standortfaktoren in die Bewertung mit einbezogen.

Tabelle 29: Standortalternativen nach Anwendung der K.O.-Kriterien

| Ermittelte Standortalternativen (S _i) | Land | Standort | Verfügbarkeit Lager |
|---------------------------------------------------|------|------------|----------------------------|
| Standort S₁ | DE | Straubing | Vorhandenes Lager genügt |
| Standort S₂ | BE | Hoegaarden | Anmietung- Neues Lager |
| Standort S₃ | NL | Tilburg | Ausbau- vorhandenes Lagers |
| Standort S₄ (Neu) | FR | Lomme | Vorhandenes Lager genügt |

Quelle: Eigene Darstellung.

Ausgehend von den benötigten Gütermengen der einzelnen lokalen Lager werden jährlich durchschnittlich 415.000 Güter über das Zentrallager an die sieben verschiedenen Standorte (inklusive dem Bedarf im Zentrallager) verteilt. Dies setzt mit einer Kalkulation eines Puffers von ca. 20% eine Mindestkapazität von 500.000 Gütern und 50.000 m² voraus. Nachfolgende Tabelle stellt die vorliegenden Kapazitätsengpässe zusammenfassend dar.

Tabelle 30: Verbliebene Standortalternativen mit jeweiligen Kapazitäten

| Standortalternativen (S _i) | Standort | Lagerfläche | Kapazität in T. Stück |
|----------------------------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Standort S ₁ | Straubing (DE) | 80.000 m ² | 800 |
| (NEU) Standort S ₂ | Hoegaarden (BE) | 60.000 m ² | 600 |
| Standort S ₃ | Tilburg (NL) | 40.000 m ² | 400 |
| Standort S ₄ | Lomme (FR) | 60.000 m ² | 600 |

Quelle: Eigene Darstellung.

Der Standort S₁ verfügt bereits über eine ausreichende Kapazität von 800.000 Stück. Bei S₂ in Belgien muss ein 60.000 m² großes Lager neu angemietet werden. In Tilburg, der Standortalternative S₃ muss die vorhandene 40.000 m² Fläche um insgesamt 30.000 m² erweitert bzw. zusätzlich angemietet werden um dem lokalen sowie dem zusätzlichen europäischen Geschäft gerecht zu werden. Bei beiden Varianten S₂ und S₃ ist die Möglichkeit einer weiteren Lageranmietung gewährleistet. Das französische Lager in Lomme kann insgesamt 600.000 Stück fassen und wäre selbst inklusive dem lokalem französischen Geschäft ausreichend groß für die zusätzlichen Stückzahlen. Die Einbeziehung und Kalkulation der zusätzlich anfallenden Kosten sowie der insgesamten Kosten als auch der Standortfaktoren folgt abschließend im nächsten Kapitel.

5.2.6 Abschließende Nutzwertanalyse- Einbezug der Standortfaktoren

In der nachfolgenden Nutzwertanalyse werden nun alle für die Distributionslogistik entscheidenden Determinanten berücksichtigt und bewertet. Der wesentliche Vorteil der NWA-Methodik ist die Möglichkeit quantitative als auch qualitative Standortdeterminanten in einer Analyse zu berücksichtigen¹⁴⁸ (vgl. Kap. 2.3.5). Die entsprechenden, erfolgskritischen Faktoren wurden bereits in Kapitel 4.1 und 4.2 definiert und mit einer Gewichtung versehen. Ziel ist es, die vier identifizierten

¹⁴⁸ Vgl. Kinkel, S., Nutzwertanalyse, 2009, S. 37 f.

Standortalternativen in eine Rangfolge zu bringen, um damit die kostengünstigste und entsprechend den Kriterien einer zentralen Distributionslogistik ideale Alternative auszuwählen. Die Bewertung der Kriterien erfolgt nach einem Rangfolgeverfahren. Je höher der errechnete Gesamtnutzwert (= zahlenmäßiger Ausdruck der Vorteilhaftigkeit eines Standorts gegenüber einem anderen Standort) pro Standortalternative ausfällt, desto besser geeignet ist dieser Standort für die zentral ausgelegte Distributionslogistik des Unternehmens. Die Bewertung basiert auf tatsächlich recherchierten, am jeweiligen Standort gegebenen Daten (aus dem Controlling bzw. vorliegenden Angeboten) sowie kalkulierter, variabler und fixer Kosten als auch einer subjektiven Bewertung des Verfassers. Die Vorgehensweise basiert dabei auf den beschriebenen Schritten aus Unterkapitel 2.3.5 mit einem identischen Bewertungsmaßstab für alle Teilnutzwerte. Die Punkteskala bewegt sich bei allen bewerteten Nutzwerten zwischen 0 – 15 Punkten, wobei 15 für das bestmögliche und 0 für das schlechteste Ergebnis steht. Für die ersten beiden quantitativen Determinanten (variable & fixe Kosten) innerhalb der operativen Standortfaktoren wurde die folgende Skalierungsdefinition festgelegt:

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Die Skala für die restlichen, qualitativen Standortfaktoren ist wie folgt definiert:

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend].

Folglich kann die Standortentscheidung auf Grundlage der Wirtschaftlichkeit (variable & fixe Kosten) und der Einbeziehung erfolgsentscheidender Standortfaktoren gefällt werden.

Die einzelnen Abkürzungen in der NWA (vgl. Anhang 3) werden wie folgt definiert:

S_i = Standortalternativen

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ = Zahl der Standorte

K_j = Beurteilungskriterium (Standortfaktor)

$j = 1, 2, 3, \dots, m$ = Zahl der Beurteilungskriterien

G_j = Gewichtungsfaktor für das Beurteilungskriterium (K_j)

TN_{ij} = Teilnutzwert des Kriteriums (K_j) am Standort (S_i)

N_i = Gesamtnutzwert des Standortes (S_i)

Demgemäß folgt nun im unteren Fließtext die Begründung der einzelnen Bewertungen der zu untersuchenden Standortfaktoren pro Standort. Die finale Nutzwertanalyse mit den eingetragenen Daten kann in Anhang 5 dieser Forschungsarbeit eingesehen werden.

Variable Kosten:

Im Mittelpunkt der variablen Kosten stehen die in dieser Ausarbeitung primär zu minimierenden Transportkosten zwischen dem Zentrallager und den lokalen Lagern. Daneben werden auch die anfallenden, am neuen Standort zu erwarteten Betriebskosten sowie Lohnkosten mit in die Evaluation einbezogen. Eine tabellarische Aufzählung der einzelnen Kosten pro Standort kann in Anhang 3 eingesehen werden. Die Transportkosten basieren dabei auf realen Transportofferten, die von dem Unternehmen pro Standort eingeholt wurden. Die beste bzw. günstigste Preisleistung findet sich in den Niederlanden (S_3). An diesem Standort wären die Transportkosten für die Belieferung der lokalen Ländern am geringsten und um rund 86.000 EUR im Jahr günstiger als am aktuellen zentralen Standort in Deutschland (S_1). Für die Bewertung der Nutzwerte wurde von dem Unternehmen eine monetäre Skala festgelegt bei der alle Frachtkosten unter 380.000 EUR als sehr gut erachtet werden. Demnach schneidet die Standortalternative S_2 und S_3 mit 15 Punkten am besten ab. Knapp dahinter liegt die Standortalternative S_4 mit 389.000 EUR Frachtkosten pro Jahr. Zusammenfassend muss aber festge-

halten werden, dass die Transportkosten bei $S_2 - S_4$ aufgrund der Nähe der Länder sehr identisch sind und sich nur marginal unterscheiden. Die weiteren Unterkategorien der variablen Kosten mit den Betriebs- und Nebenkosten sowie Lohnkosten stammen aus der Controlling Abteilung des Unternehmens. Entsprechend handelt es sich dabei ebenfalls um reale, am Standort monatlich anfallenden Kosten aus S_1 sowie vorliegenden Kostenvoranschlägen / Hochrechnungen zu den Alternativen $S_2 - S_4$. Die Betriebskosten am aktuellen Standort in Straubing belaufen sich durchschnittlich auf 110.000 EUR im Monat (Sommermonate = 90.000 EUR und Wintermonate mit der Heizperiode = 120.000 EUR). Die durchschnittlichen Betriebskosten sowie zu erwartenden Lohnkosten pro Standortalternative S_2-S_4 wurden ebenfalls vom Controlling erhoben beziehen sich bereits auf die erweiterten Lagerflächen. Die Lohnkostenkalkulation wurde in Abhängigkeit der vor Ort anfallenden Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung- und Lohnsteuer sowie der durchschnittlichen Lohnkosten pro Mitarbeiter errechnet. Alle Kosten und die dazugehörigen Bewertungen können in Anhang 3 eingesehen werden.

Fixe Kosten:

Weiterhin müssen neben den variablen Kosten für das Zentrallager auch anfallende Fixkosten in die Bewertung integriert werden. Hierzu wurden die einmalig anfallenden, am Standort $S_2 - S_3$ entstehenden Ingangsetzungskosten mit einbezogen. Ingangsetzungskosten sind Kosten, die für den Aufbau einer Unternehmung und die Aufnahme des Geschäftsbetriebs entstehen, insbesondere für den Aufbau der Fertigungs- und Vertriebsorganisation einschließlich der Beschaffung von Arbeitskräften.¹⁴⁹ Am höchsten fallen diese mit 6.000.000 EUR am Standort S_2 aus, da hier ein komplett neues Lager angemietet, neue Maschinen (interne

¹⁴⁹ Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/ingangsetzungskosten/ingangsetzungskosten.htm>, Zugriff am 13.06.2020.

Beförderungsmittel wie Hubwagen, Gabelstapler, Förderbänder usw.) angeschafft, sowie neues Personal eingestellt werden muss. Zusätzlich fallen weitere Kosten für die Anpassung und Umprogrammierung des bestehenden ERP-Systems an. Auch am Standort S_3 und S_4 wurden diese Kosten für die ERP-Anpassung bereits einkalkuliert. Folglich wurden vom Controlling für die Standortalternative S_3 insgesamt 2.000.000 EUR und für S_4 600.000 EUR an Ingangsetzungskosten veranschlagt. In Frankreich fallen die Kosten gegenüber den Niederlanden geringer aus, da hier kein zusätzliches Lager angemietet und keine weiteren Inventarkosten einkalkuliert werden müssen. Die gesamten Fixkosten einschl. der darin enthaltenen Versicherungskosten sowie die auf der Kostenskala basierende Bewertung [0 - 15] kann dem Anhang 3: „Operative Standortfaktoren - Bewertung der Fixkosten“ entnommen werden. Des Weiteren, um einen Gesamtüberblick über die veranschlagten variablen sowie fixen Kosten zu erhalten, wurden alle Kosten in einer Gesamtkostenaufstellung in Anhang 3 zusammengetragen und aufsummiert.

Logistische Infrastruktur:

Innerhalb des ersten operativen Standortfaktors der logistischen Infrastruktur für den optimalen zentralen Standort ist eine möglichst kurze Anbindung des Lagers an ein gut ausgebautes Straßennetz sowie an einen See- und Flughafen gefordert. Die erste Standortalternative in Straubing (DE) schneidet aufgrund der weiten Entfernung zum Seehafen Rotterdam, aber einer erstklassigen Anbindung an ein gut ausgebautes Straßennetz mit einer guten Bewertung ab. Die Standortalternative S_3 in Tilburg (NL) wurde am besten bewertet, da das Lager neben einer guten Straßenanbindung nur wenige Kilometer vom Seehafen als auch vom Flughafen entfernt ist. Die beiden Standorte S_2 und S_4 erhalten beide ebenfalls eine gute Bewertung. Die Bewertung der Straßenbeschaffenheit erfolgte auf Basis eines Rankings der weltweiten Länder nach Qualität der Straßen im Jahr

2019.¹⁵⁰ Dabei konnte der Standort in den Niederlanden am besten abschneiden, dicht gefolgt von DE und FR. Belgien hat in dieser Kategorie am schlechtesten abgeschnitten. Die Verfügung von Personal innerhalb der Länder konnte anhand subjektiver Annahmen der unternehmerischen Personalabteilung vollzogen werden. Die gesamte und detaillierte Bewertung der logistischen Infrastruktur kann in Anhang 3: „Operative Standortfaktoren - Logistische Infrastruktur“ eingesehen werden.

Politisch-rechtliche Standortfaktoren:

Nach der Erläuterung der operativen Determinanten folgt nun die Betrachtung und Erklärung der nachgelagerten funktionalen Kriterien, beginnend mit den politisch-rechtlichen Faktoren, die sich je nach Land unterscheiden. Die Grundlage für die ersten beiden Unterkategorien (politische und wirtschaftliche Stabilität) stellt die im Internet frei verfügbare politische Risiko Mappe 2020 (engl. Political Risk Map 2020) anhand einer Skala von 0-100 dar.¹⁵¹ Dabei gilt, je höher der Wert auf der Skala, desto höher ist die politische bzw. wirtschaftliche Stabilität eines Landes. Innerhalb der hier vorliegenden unternehmerischen Bewertung wurde die Basis des *langfristigen* politischen und wirtschaftlichen Risiko-Indexes gewählt, da die Investition in Anlagevermögen insgesamt immer eine langfristige Sicherheit erfordert. Die letzte Bewertung innerhalb der politisch-rechtlichen Faktoren für die Regelung der internationalen Handelsabkommen wurde für jedes Land mit 7,5 Punkten bewertet, da sich alle vier Standorte in der EU & Zollunion mit identischen Handelsregelungen befinden.¹⁵² Die gesamte Bewertung kann in

¹⁵⁰ Vgl. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/157788/umfrage/ranking-der-laender-mit-der-hoechsten-qualitaet-der-strassen/>, Zugriff am 04.06.2020.

¹⁵¹ Vgl. <https://www.marsh.com/de/de/insights/research-briefings/political-risk-map-2020.html>, Zugriff am 06.06.2020.

¹⁵² Vgl. <https://www.consilium.europa.eu/de/policies/trade-policy/trade-agreements/>, Zugriff am 06.06.2020.

Anhang 4, Bewertung der politisch-rechtlichen Standortfaktoren eingesehen werden.

Steuer- und zollrechtliche Standortfaktoren:

Die Angaben und Informationen zur europäischen Unternehmensbesteuerung der einzelnen Standorte basieren auf dem aktuellen Informationsstand 2020 vom Bundeszentralamt für Steuern.¹⁵³ In Bezug auf die tarifliche Besteuerung des Gewinns von Kapitalgesellschaften (Körperschaftssteuer, Gewerbeertragssteuer und vergleichbare Steuern des Zentralstaats und der Gebietskörperschaften) würde innerhalb der hier angewendeten Punkteskala von 0-15 und gemäß der Daten vom Bundeszentralamt für Steuern das Land Bulgarien die höchste Punktzahl von 15 erreichen. Die gesamte Besteuerung des Gewinns von Kapitalgesellschaften liegt in Bulgarien bei lediglich 10%. Ausgehend von diesem Bestwert wurden die Punkte für die Standortalternativen vergeben. Hierbei schneidet Frankreich (S₄) mit der niedrigsten Punktzahl ab. Die Besteuerung liegt hier bei insgesamt 34,4% (im europäischen Vergleich weist nur Malta einen höheren Steuersatz auf). Deutschland (S₁) und Belgien (S₂) liegen ebenfalls im unteren Feld mit rund 30%. Die niedrigste Besteuerung (25%), und damit den Bestwert innerhalb der NWA-Gewichtung weist Niederlande (S₃) auf.¹⁵⁴ Mit der identischen Logik wurde die Bewertung für die jeweiligen Umsatzsteuerregelsätze pro Land durchgeführt. Innerhalb der EU liegen die vier Standortalternativen mit ihren jeweiligen Umsatzsteuersätzen (siehe Details in Anhang 4: „Steuer- und zollrechtliche Rahmenbedingungen“) allesamt im unteren Drittel der 28 EU-Länder. Dabei würde Ungarn mit einem Umsatzsteuersatz von 27% die niedrigste, und Luxemburg mit einem Steuersatz von 17% die höchste Bewertung erhalten. Kommend

¹⁵³ Vgl. https://europa.eu/youreurope/business/taxation/business-tax/company-tax-eu/index_de.htm, Zugriff am 06.06.2020.

¹⁵⁴ Vgl. *Die wichtigsten Steuern im internationalen Vergleich 2018*, Ausgabe 2019, S. 10 ff.

zum Unterpunkt der zollrechtlichen Kriterien wurden alle Standortalternativen einheitlich mit 7,5 Punkten bewertet, da alle vier Länder Mitglieder der europäischen Union sind.¹⁵⁵ Das bedeutet, unabhängig davon, wo eine bestimmte Ware in die EU eingeführt wird, gelten stets die gleichen Regelungen. Von jedem EU-Staat wird folglich für ein und dieselbe Ware der gleiche Zollsatz erhoben.¹⁵⁶

Umweltrelevante Standortfaktoren:

Der letzte Unterpunkt der funktionalen Standortkriterien befasst sich mit den umweltrelevanten Standortfaktoren, die sich in die Entsorgungslogistik, verschiedene Umweltauflagen zu Produkten, sowie Naturkatastrophen aufteilen. Da das, in dieser Fallstudie untersuchte Unternehmen, Informationstechnologie (IT-Güter) vertreibt, unterliegt es den jeweiligen länderspezifischen Gesetzen zu Handel und Entsorgung von Elektrogeräten. In der WEEE-Richtlinie (EU-Richtlinie 2012/19/EU, ehemals 2002/96/EG) wird das Inverkehrbringen und die Rücknahme von Elektronikgeräten in der EU geregelt. Die verkauften Mengen müssen regelmäßig gemeldet und eine umweltgerechte Entsorgung sichergestellt werden.¹⁵⁷ Ziel ist es, Elektroabfälle zum Schutz der Umwelt zu vermeiden bzw. durch Recycling zu reduzieren. Anders als bei Handelsabkommen oder der Zollunion sind dabei viele Besonderheiten und Unterschiede innerhalb der 28 EU-Länder zu beachten, denn jedes Land hat seine eigene WEEE-Gesetzgebung. In Deutschland wird die europäische WEEE-Richtlinie anhand des Elektroggesetzes [ElektroG]¹⁵⁸ umgesetzt. Auch in den anderen drei Standortalternativen sind Hersteller und Importeure von Elektrogeräten für die Rücknahme und die Verarbeitung der Altgeräte des Verbrauchers verantwortlich. In Belgien fällt die Regelung der WEEE-Richtlinie unter die Zuständigkeit der drei Regionen, Flandern,

¹⁵⁵ Vgl. https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_de, Zugriff am 05.06.2020.

¹⁵⁶ Vgl. https://europa.eu/european-union/topics/customs_de, Zugriff am 05.06.2020.

¹⁵⁷ Richtlinie 2012/19/EU-WEEE 2, ff.

¹⁵⁸ Richtlinie 2012/19/EU-WEEE 2, ff.

Wallonien und der Hauptstadtregion Brüssel mit jeweils unterschiedlichen Umsetzungen.¹⁵⁹ Die Standortalternative (S2) in Hoegaarden liegt in der Region Flandern, welche in Bezug auf die Entwicklung und Umsetzung seines Abfallbewirtschaftungsplans, am weitesten fortgeschritten ist. In den Niederlanden ist die Unterscheidung zwischen gewerblich und privat genutzten elektrischen und elektronischen Geräten für die spätere Entsorgung von entscheidender Bedeutung. Der Einzelhändler ist für die Rücknahme von Elektronikschrott aus Haushalten (B2C) verantwortlich. B2B-Geräte müssen dagegen direkt an den Produkthersteller zurückgesandt werden.¹⁶⁰ Die höchste Kostendeckung und die höchste Komplexität weisen die Regularien in Frankreich auf. Diese sind teils umfangreicher als das in der WEEE-Richtlinie vorgeschriebene Minimum. Der Hersteller oder der Händler, der die Waren aus dem Ausland einführt, ist für die Kosten der Sammlung, des Transports und der Aufbereitung aller Elektrogeräte (B2C und B2B) verantwortlich.¹⁶¹ Zusammenfassend ist das Unternehmen als Zwischenhändler (Distributor) in allen vier Ländern verpflichtet, Altgeräte eines Kunden kostenlos zurückzunehmen, wenn dieser sich ein neues gleichartiges anschafft. Allerdings ist die Pflicht zur Rücknahme privater als auch geschäftlicher Elektrogüter in Frankreich am größten. Da die lokalen Gesetzgebungen zur WEEE-Umsetzung doch sehr umfangreich sind, können sie im Rahmen dieser Forschungsausarbeitung nicht vollständig beschrieben werden. Die Bewertung erfolgt anhand der Komplexität und dem lokalen Umfang der jeweiligen Richtlinien. Außer Frankreich werden alle Standortalternativen mit einem guten Wert [10] bewertet. Frankreich erhält einen Punktabzug, da die Regelungen einen höheren Umfang darstellen als die Minimumanforderung unter der europäischen Richtlinie. (vgl. Anhang 4: „Bewertung der umweltrelevanten Standortfaktoren“).

¹⁵⁹ Vgl. *European Commission*, WEEE collection in Belgium, 2017, S. 61.

¹⁶⁰ Vgl. <https://deutsche-recycling.de/en/weee-eu-directive/>, Zugriff am 10.06.2020.

¹⁶¹ *Direction Économie Circulaire et Déchets*, French WEEE Register, 2020, S. 2-22.

Die Bewertung der Umweltfreundlichkeit der Länder erfolgte nach dem environmental Performance Index 2020¹⁶², der insgesamt 180 Länder nach 32 unterschiedlichen Umweltindikatoren beurteilt. Da die Gefahr von Naturkatastrophen in europäischen Ländern im Vergleich zu weltweiten Gebieten eher gering ist (vgl. Kap. 3.2.3) wurde die Gewichtung von dem Verfasser mit einem eher geringen Faktor von 0,2 belegt. Es kann damit grundsätzlich vernachlässigt aber nicht komplett aus der Analyse ausgeschlossen werden. Die Basis für die Bewertung bildet der Weltrisikoindex 2019, der für 173 Länder weltweit das Risiko, Opfer einer Katastrophe als Folge eines Naturereignisses (z. B. Erdbeben, Überschwemmung) zu werden aufgelistet.¹⁶³ Der Index basiert auf einer Rangfolge von 180 untersuchten Ländern, wobei der erste Platz das Land mit dem höchsten Risiko darstellt. Innerhalb der untersuchten Standortalternativen liegen Deutschland (Rang 163), Belgien (Rang 156) und Frankreich (Rang 164) am unteren Ende der Skala und haben damit gemäß der Klasseneinteilung ein sehr geringes Risiko einer Naturkatastrophe. Dementsprechend erhalten alle drei Länder einen Nutzwert von 13. Mit einer Platzierung auf Rang 77 befindet sich die Niederlande nur im mittleren Bereich der Grafik und steht mit einem Risikoindex von 7,35 kurz vor einem Rang mit einem hohen Risikopotenzial. Das Land ist in besonderem Maße durch den Meeresspiegelanstieg bedroht, kann aber dank einer sehr niedrigen Vulnerabilität das Risiko begrenzen.¹⁶⁴ Die detaillierten Daten und Indexbewertungen können in Anhang 4: „Bewertung der umweltrelevanten Standortfaktoren“ entnommen werden.

5.2.7 Ergebnis und Interpretation

Wie der abschließenden Nutzwertanalyse in Anhang 5 entnommen werden kann, sind die Ergebnisse der jeweiligen Gesamtnutzwerte pro Standortalternative ein

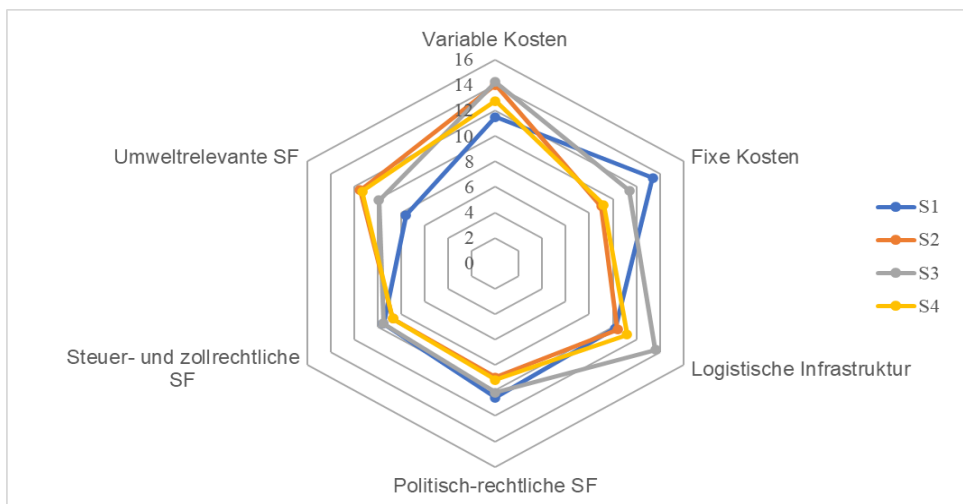
¹⁶² Vgl. <https://epi.yale.edu/epi-results/2020/component/epi>, Zugriff am 11.06.2020.

¹⁶³ Vgl. Radtke, K., Weltrisikobericht, 2019, S. 56-59.

¹⁶⁴ Vgl. Radtke, K., Weltrisikobericht, 2019, S. 48.

Resultat aus insgesamt drei Teilberechnungen (basierend auf den definierten Teilgewichtungen aus Kap. 4.2). Als erstes wurden die Unterkategorien mit dem Gewichtungsfaktor 3 (G_3) multipliziert umso die gewichteten Teilnutzwerte (TN) innerhalb der Unterkategorie zu erhalten. Anschließend wurden diese mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor 2 (G_2) pro mittlere Kategorie multipliziert, um die gewichteten Teilnutzwerte der mittleren Kategorie zu bekommen. Um die Zwischenergebnisse pro definiertem Standortfaktor übersichtlich darzustellen und auf einen Blick identifizieren zu können, wurden diese in ein Netzdiagramm übertragen und entsprechend farblich gekennzeichnet.

Abbildung 26: Gewichtungs-Profil dargestellt in einem Netzdiagramm.



Quelle: Eigene Darstellung.

Mit Hilfe des Netzdiagramms können die entsprechenden Ausprägungen anhand der unterschiedlichen Standortfaktor-Bewertungen direkt erkannt werden. Man sieht beispielsweise, dass die Logistische Infrastruktur bzw. die Lage des Standorts S_3 in Tilburg, NL aufgrund der Nähe zum Seehafen und der insgesamt guten Infrastruktur am besten bewertet ist. Innerhalb der steuer- und zollrechtlichen

Standortfaktoren liegen alle Standortalternativen ungefähr gleich auf, was auf die europäische Union zurückzuführen ist.

Der finale Gesamtnutzwert (N_j) pro Standortalternative (S_j) wurde abschließend wie folgt berechnet: $N_j = (\text{gew. TN}_{ij} * G_1) + (\text{gew. TN}_{ij} * G_1)$

Der errechnete, operative und funktionale Teilnutzwert pro Standortalternative wurde gemäß der o. g. Formel mit dem ersten Gewichtungsfaktor (G_1) multipliziert. Hierbei wurde der funktionale Teilnutzen mit einem Faktor von 0,7 und der operative mit einem Faktor von 0,3 gewichtet. Demnach spiegeln sich nicht nur einzelne Standortfaktoren, sondern der Einfluss aller für die Entscheidung wichtigen Faktoren in dem Gesamtnutzwert wider. Mit 12,24 Punkten, und damit einer sehr geringen Differenz zu Platz zwei erreicht die Standortalternative S_3 den ersten Rang in der Bewertung. Knapp dahinter folgt mit 11,13 Punkten die aktuelle Standortalternative S_1 in Deutschland. Den dritten und vierten Rang belegen S_2 in Belgien und S_4 in Frankreich mit einem knappen Unterschied von nur 0,8 Punkten. Infolgedessen werden beide Standorte in der Ergebnisanalyse als gleichrangig angesehen. Insgesamt muss festgestellt werden, dass keines der vier untersuchten Standortalternativen ein eindeutiges, für sich klares Ergebnis erzielen konnte. Die in der Untersuchung grundlegenden Transportkosten, die es mit Hilfe eines neuen zentralen Standorts zu minimieren galt, unterscheiden sich innerhalb der drei neu identifizierten zentralen Standortalternativen ($S_2 - S_4$) nur marginal. Durch ihre bessere und im vorgegebenen Distributionsnetzwerk näher gelegene Entfernungen zu den Knotenpunkten (lokale Lager) erreichen alle drei neuen Standorte gegenüber dem aktuellen zentralen Standort (S_1) günstigere Transportkosten. Der Kostenvorteil, hochgerechnet auf ein Jahr entspricht jedoch maximal nur knapp 87.000 EUR, ausgehend von der günstigsten Alternative S_3 . Folglich, aus der Gesamtkostenbetrachtung und unter Einbezug aller zusätzlich anfallenden variablen und fixen Kosten, wird dieser minimale Transportkostenvorteil ausgeräumt. Auch die nachgelagerten funktionalen Standortalternativen

konnten kein eindeutiges Gesamtergebnis liefern. Diese weisen keine gravierenden Unterschiede auf, als dass sich eine Entscheidung für eine Standortalternative rechtfertigen würde. Dementsprechend hat das in dieser Fallstudie untersuchte Unternehmen beschlossen, seinen aktuellen zentralen Standort in Deutschland zu behalten und keinen neuen zentralen Standort innerhalb Europas zu eröffnen.

6 Schlussbetrachtung

Zum Abschluss der vorliegenden Forschungsarbeit werden aus den erarbeiteten und interpretierten Ergebnissen, Handlungsempfehlungen und weiterführende Aussagen zur zentralen Bestimmung von Standorten abgeleitet. Die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchung werden reflektiert und im Hinblick auf die Kern-Problemstellung sowie Erfüllung der zu Beginn gestellten Forschungsfragen rückwirkend kritisch beleuchtet. Abschließend wird ein Fazit gezogen, um auf Basis der erarbeiteten Ergebnisse und Standortbestimmungsmethodik weiteren Forschungsbedarf aufzuzeigen.

6.1 Resümee und Handlungsempfehlung

Ziel dieses Forschungsbeitrags war es, zuerst auf Basis von theoriegeleiteten Modellen zur zentralen Standortbestimmung, denjenigen Standort in einem vorgegebenen, deterministischen Distributionsnetzwerk zu bestimmen, bei dem die Transportleistung und damit auch die Transportkosten zu den anderen Knotenpunkt (lokale Lager) am minimalsten sind. Darüber hinaus sollten weitere Kostenparameter variabler und fixer Kosten sowie zusätzliche Standortfaktoren bei der Auswahl berücksichtigt werden. Zu diesem Zweck wurde ein unterstützendes Standortbestimmungs-Modell konzipiert, welches die Entscheidungsträger in einem Unternehmen bei der Identifizierung als auch bei der finalen Entscheidung unterstützen soll. Am Ende sollte der Standort ausgewählt werden, der eine weitgehende Übereinstimmung distributionskritischer Standortanforderungen gewährleistet und bei dem die gesamten betriebswirtschaftlichen Kosten eine gute Preisleistung garantieren. Dabei galt es zunächst herauszufinden, welche erfolgskritischen Standortfaktoren in der Distributionslogistik entscheidend sind, um eine möglichst optimale logistische Standortentscheidung treffen zu können.

Forschungsfrage 1: *Welche spezifischen Standortfaktoren in der Distributionslogistik sind notwendig, um eine optimale logistische Standortbestimmung zu gewährleisten?*

Die Herausforderung bei der Bestimmung eines individuellen Standortfaktoren-Katalogs liegt in der schmalen Gratwanderung zwischen einer möglichst hohen Breite an zu erfassenden Kriterien und einer Unübersichtlichkeit durch die Auswahl von zu vielen, nur scheinbar relevanten Faktoren. Der Hauptfokus lag auf den logistischen, aber auch betriebswirtschaftlichen und für die Distributionslogistik entscheidenden Standortdeterminanten. Durch die Aufstellung eines individuellen Katalogs und die Operationalisierung der Zielgrößen (vgl. Tab. 17 sowie Kap. 4.2) konnten die daraus resultierenden Anforderungen innerhalb des Entscheidungsmodells strukturiert abgearbeitet werden. Um eine einheitliche und konsistente Beschreibung der Gewichtungen und vor allem der Bewertungsgrößen auf einer nachvollziehbaren Betrachtungsebene zu erreichen, wurde eine einfache Bewertungsskala als Bezugsgröße definiert. Hierbei muss kritisch angemerkt werden, dass es passieren kann, dass quantitative Standortfaktoren, die bereits eine konkrete monetäre Eigenschaft besitzen, durch einen subjektiv behafteten Bewertungsmaßstab verfälscht werden. Somit erscheint es ratsam, monetäre Kriterien im Rahmen einer NWA nicht zu verändern. Im Rahmen dieser Forschungsausarbeitung wurde versucht, mittels einer zusätzlichen, mit der ersten Skala identischen und auf monetärer Ebene wirkenden Bewertungsskala (vgl. Kap. 5.2.6), dieser Problematik entgegen zu wirken. Bei der Vergabe der Bewertungen ist man ständig mit dem allgegenwärtigen Thema der Subjektivität konfrontiert. Einige Daten lassen sich dabei aber nur bis zu einem gewissen Grad an Genauigkeit und Zuverlässigkeit ermitteln und bewerten. Schlussendlich muss festgehalten werden, dass es keine spezifischen und endgültigen Standortfaktoren für die Distributionslogistik gibt. Diese sind ausschließlich abhängig von der

Zielsetzung des jeweiligen Unternehmens sowie den beteiligten Entscheidungsträgern innerhalb des Standortplanungsprojekts. Dementsprechend können die für die Distributionslogistik entscheidenden Standortfaktoren je nach Ausrichtung des Unternehmens oder der Branche innerhalb des Modells angepasst werden. Die Folgerung leitet bereits die zweite in dieser Ausarbeitung gestellte Forschungsfrage ein:

Forschungsfrage 2: *Kann unter Einbezug relevanter und erfolgskritischer Standortfaktoren in einem logistischen, betriebswirtschaftlichen Standortbestimmungsmodell ein optimaler zentraler Standort für die Distributionslogistik bestimmt werden?*

Diese Forschungsfrage kann aus einer kritischen Betrachtungsweise nicht zu 100% mit einem „Ja“ beantwortet werden. Es wurde innerhalb der Forschungsausarbeitung zwar ein Vorgehensmodell entwickelt, welches die Identifikation sowie Bestimmung zentraler Distributionsstandorte unterstützt, dieses kann jedoch nicht ohne Weiteres 1:1 auf andere Unternehmen transferiert werden. Um die Erfolgswirksamkeit des konzipierten Modells zur logistikdeterminierten Standortbestimmung auf detaillierter und praktischer Betrachtungsebene aufzuzeigen, wurde im Rahmen der Ausarbeitung eine Anwendung an einem Fallbeispiel aus der Praxis angewendet und evaluiert. Dadurch konnte die Anwendbarkeit des Modells geprüft und bestätigt werden. Das Problem, dass durch die auf teils subjektiven Urteilen beruhende Gewichtung der Kriterien und deren Bewertung das Ergebnis beeinflusst werden kann, bleibt bestehen.¹⁶⁵ Darüber hinaus konnte auch keine gravierende Kostensenkung auf Seiten der Transportkosten erzielt werden. Durch die notwendige Erweiterung bzw. Neuanschaffung von Lagerflächen und den damit verbundenen Ingangsetzungs- sowie variablen Kosten

¹⁶⁵ Vgl. *Thommen, J.-P. et al*, Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 2020, S. 71-72.

konnte an keinem der untersuchten Standortalternativen ein signifikanter Kostenvorteil ausgewiesen werden. Die Kosten für die Verteilung der Güter durch ein zentrales Distributionslager, sei es aus dem bestehenden zentralen Distributionslager in Deutschland oder den neu identifizierten Standorten in Belgien, Niederlanden oder Frankreich, sind überall identisch bzw. die Kostenunterschiede sind so marginal, dass sich eine Verlagerung aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht rentiert. Dennoch kann an dieser Stelle eine mögliche Handlungsempfehlung abgeleitet werden. Anstelle der Verlagerung des zentralen Lagers und der Akzeptanz der dabei zusätzlich entstehenden Kosten, könnte das Unternehmen seine Transporte auf der Beschaffungsseite besser steuern und planen. Hierfür kann das mehrstufige Transportmodell als nachhaltiges Instrument empfohlen werden.¹⁶⁶ Damit können Güterströme modelliert und anhand einer Tabelle oder Darstellung anschaulich gelöst und abgebildet werden. Es lässt sich auf verschiedene Fälle der Konfiguration von Supply Chains erweitern, sodass jedes bestehende Lager dabei in die Lieferkette zwischen Anbietern und Nachfragern eingefügt werden kann.¹⁶⁷ Dadurch könnte das Unternehmen direkte Lieferungen von Anbietern zu den Nachfragern forcieren und mit Hilfe des Modells entsprechend modellieren. Folglich können durch eine kostengünstige Verteilung aller Transporte an mehrere lokale Lager, anstatt des Transfers über das Zentrallager in Deutschland, unnötige Transportleistungen und damit zusammenhängende Fracht- und Lagerkosten verhindert werden. Die Transportlast wird sozusagen auf den Anbieter übertragen. Grundvoraussetzung dafür ist natürlich das Einverständnis der Lieferanten, welches aber mittels einer sinnvoll ausgelegten Argumentationskette (Schnellere Lieferzeiten sowie Verbesserung des Servicelevels am Endkunden) durchaus erreicht werden kann. Dennoch steht durch die Beant-

¹⁶⁶ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014a, S. 162 f.

¹⁶⁷ Vgl. *Mattfeld., R., Vahrenkamp, D.C.*, Logistiknetzwerke, 2014b, S. 147.

wortung der zwei Forschungsfragen ein Vorgehensmodell zur Verfügung, welches eine ganzheitliche und konsistente Gestaltung einer logistikdeterminierten Standortbestimmung für eine Distributionslogistik sicherstellt.

6.2 Fazit

Alles in allem kann das in diesem Forschungsbeitrag, schrittweise erarbeitete Entscheidungsmodell zur logistikdeterminierten Standortwahl sowie die darin enthaltenen Partialmethoden auf Grundlage ihrer individuellen Stärken und Schwächen, als eine fundierte Vorgehensweise und Vorselektion potenzieller, zentraler Standortalternativen erachtet werden. Anhand der im Modell integrierten, abschließenden Nutzwertanalyse und darin berücksichtigten Standortfaktoren wird die notwendige Transparenz der bewerteten Faktoren geschaffen. Dies sorgt gegenüber unkontrollierten Entscheidungsprozessen für eine bessere Nachvollziehbarkeit und ermöglicht eine nachträgliche Kontrolle des Entscheidungsablaufs mittels der expliziten Angabe der Kriterien und ihrer Gewichtung. Auch der kombinierte Einsatz der anfänglichen zentralen Mittelpunktbestimmung in Netzwerken mit gegebenen Knotenpunkten und anschließender Untersuchung auf erfolgskritische Standortfaktoren erscheint im Kontext des Modells als ratsam, jedoch nicht zwingend erforderlich. Die Reihenfolge der Vorgehensschritte innerhalb des Modells können ebenfalls nach Bedarf variiert werden, sodass der integrative Top-Down und- Bottom-Up Ansatz auch entgegengesetzt erfolgen kann. Ebenso können Entscheidungen gegen die erarbeitete Rangfolge bzw. gegen das Ergebnis des Modells zugelassen werden. Schlussendlich kann die finale Rangfolge der Standortalternativen auch nur als ein Anhaltspunkt für eine finale Standortentscheidung gesehen werden. Mit Hinblick auf das von Kinkel beschriebene Risiko, dass bei jeder vierten bis sechsten Standortverlagerung ins Ausland innerhalb der nächsten fünf Jahre eine Rückverlagerung erfolgt,¹⁶⁸ kann

¹⁶⁸ Vgl. Kinkel, S., Standortverlagerung, 2009, S. 33.

ein gewisses Restrisiko einer solch tiefgreifenden unternehmerischen Entscheidung nie vollkommen extrahiert werden. Allerdings kann es durch ein breites Spektrum unterschiedlichster, theoriebasierter und bereits in der Praxis angewandter Instrumente möglichst rechtzeitig eingegrenzt und minimiert werden. Zahlreiche weitere, qualitative Bewertungsmethoden, bis hin zu hoch mathematischen Untersuchungsmethoden aus dem Operations-Research-Bereich, die auf komplizierten Algorithmen basieren und im Rahmen dieses Forschungsbeitrags nicht erläutert werden konnten, werden mit dem Fortschritt der Technik immer mehr an Bedeutung gewinnen. Computergestützte Optimierungs- und Simulationsmodelle anhand digitaler Repräsentationen materieller als auch immaterieller Objekte (Digital Twin) ermöglichen es bereits heute hochkomplexe Szenarien realitätsnah zu simulieren und zu bewerten.¹⁶⁹ Nichtsdestotrotz, wird das Themengebiet der generellen Standortbestimmung auch in Zukunft durch das individuelle, komplexe und interdisziplinäre Problem was es darstellt, weiteren Forschungsbedarf erfordern.

¹⁶⁹ Vgl. <https://www.industry-of-things.de/das-beste-zweier-welten-der-digital-twin-a-900237/>, Zugriff am 19.06.2020.

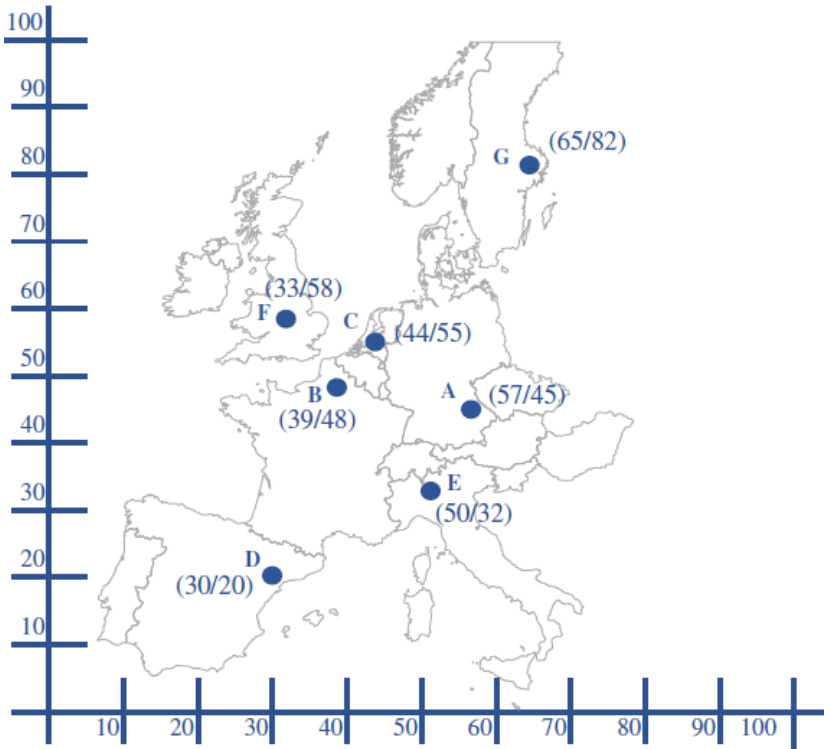
Anhang

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anhang 1: Anwendung der Median-Methode am Praxisbeispiel | 123 |
| Anhang 2: Anwendung der Software LINGO | 130 |
| Anhang 3: Operative Standortfaktoren (Evaluation) | 136 |
| Anhang 4: Funktionale Standortfaktoren (Steuer- und zollrechtliche SF)..... | 142 |
| Anhang 5: Anwendung der NWA auf das praktische Fallbeispiel..... | 145 |

Anhang 1: Anwendung der Median-Methode am Praxisbeispiel**Schritt 1:** Eintragung gegebener Daten (Koordinaten, Frachtkosten, Stückzahl)

(Koordinaten ergeben sich aus den gegebenen Standorten auf der Karte, die in ein X-Y- Koordinaten System übertragen wird)

| Standort | Koordinaten (X/Y) | Entfernung X+Y-Achse | Frachtkosten in Cent | Jähr. benötigte Stückzahl in T. | Gesamte jährl. Frachtkosten |
|----------|-------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| A | (57/45) | <i>gesucht</i> | 10 | 120 | <i>gesucht</i> |
| B | (39/48) | <i>gesucht</i> | 10 | 72 | <i>gesucht</i> |
| C | (44/55) | <i>gesucht</i> | 10 | 62 | <i>gesucht</i> |
| D | (30/20) | <i>gesucht</i> | 10 | 48 | <i>gesucht</i> |
| E | (50/32) | <i>gesucht</i> | 10 | 43 | <i>gesucht</i> |
| F | (33/58) | <i>gesucht</i> | 10 | 42 | <i>gesucht</i> |
| G | (65/82) | <i>gesucht</i> | 10 | 28 | <i>gesucht</i> |



Annahme für Frachtkosten: Frachtkosten pro 1 Stück / LWK-Ladung pro Stück Entfernung. Man nimmt an, die Frachtkosten sind zu jedem Standort identisch.

Annahme jährl. benötigte Stückzahlen pro Standort: Jährlich benötigte Stückzahlen die zwischen dem neuen Zentrallager und den lokalen Lagern bewegt werden müssen. (*Unabhängig in welche Richtung*)

| Standort | X- Koordinate | Y- Koordinate | Frachtkosten | Jährl. benötigten Stück in T. |
|---------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------------|
| A | 57 | 45 | 10 | 120 |
| B | 39 | 48 | 10 | 72 |
| C | 44 | 55 | 10 | 62 |
| D | 30 | 20 | 10 | 48 |
| E | 50 | 32 | 10 | 43 |
| F | 33 | 58 | 10 | 42 |
| G | 65 | 81 | 10 | 28 |
| SUMME: | | | | <u>415</u> |

Schritt 2: Ermittlung der gesamten jährlichen Median-LKW Ladung

Formel: Summe aus allen Stückzahlen pro Lager

Gesamt = **415**

Annahme: eine Einheit pro LKW-Ladung (1 LKW = 1 Stück)

1 2 3 4 5..... 414 415

Formel: $\frac{415}{2} = \frac{415 + 1}{2} = \underline{208}$ → (Formel für eine ungerade Zahl)

Median: = **208** Median-Stückzahl die jährlich in die verschiedenen Läger gesendet werden müssen.

Schritt 3: Ermittlung der X-Koordinate des Zentral-Lagers

Vorgehen: Man bewegt sich von links nach rechts an der X-Achse entlang
Bis man an den ersten Standort gelangt.

Rechnung:

$$48 \quad D = 1 - 48 \quad (\text{Stück müssen zu Standort D bewegt werden})$$

$$48 + 42 \quad F = 49 - 90$$

$$90 + 72 \quad B = 91 - 162$$

$$162 + 62 \quad C = 163 - 224 \quad \text{Im Bereich von C liegt der Median von } \underline{208}$$

Ergebnis: X-Koordinate des neuen zentralen Lagers entspricht der X-Koordinate des Standorts C

$$\text{Zentral-Lager} = \text{X-Koordinate} = \underline{44}$$

Schritt 4: Ermittlung der Y-Koordinate des Zentral-Lagers

Vorgehen: Man bewegt sich von unten nach oben an der Y-Achse entlang
Bis man an den ersten Standort gelangt.

Rechnung:

$$48 \quad D = 1 - 48 \quad (\text{Stück müssen zu Standort D bewegt werden})$$

$$48 + 43 \quad E = 49 - 91$$

$$91 + 120 \quad A = 91 - 211 \quad \text{Im Bereich von A liegt der Median von } \underline{208}$$

Ergebnis: Y-Koordinate des neuen zentralen Lagers entspricht der Y-Koordinate des Standorts A

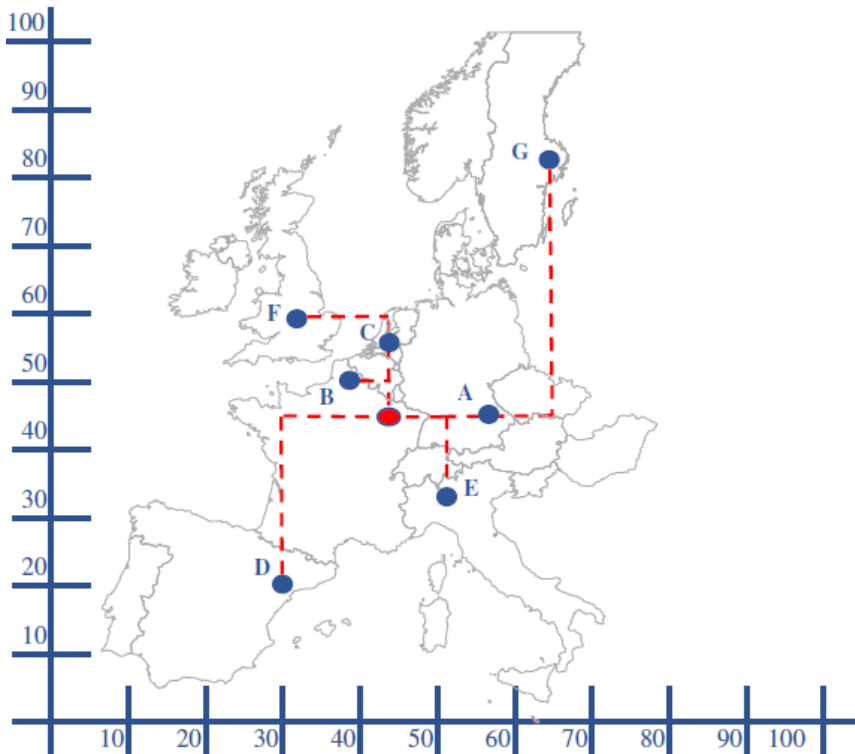
$$\text{Zentral-Lager} = \text{X-Koordinate} = \underline{45}$$

Antwort: Die Koordinaten des neuen Zentral-Lagers ZL = (44/45)

Schritt 5: Ermittlung der Entfernungen zwischen dem ZL und allen Standorten

Vorgehen: Zunächst wird das neu ermittelte ZL anhand der berechneten Koordinaten in das X-Y- Koordinaten System eingesetzt und anschließend die jeweiligen Entfernungen zwischen dem ZL und den Standorten entlang der X- und Y- Achsen eingezeichnet.

Annahme: Es wird angenommen, dass die Transporte nicht diagonal verlaufen, sondern nur entlang der X- und Y- Achsen)



Vorgehen: Es wird nun die Entfernung zwischen dem neuen ZL und den jeweils bestehenden Standorten entlang der X- und Y-Koordinaten berechnet.

Formel: $A = (X\text{-Koord. ZL} - X\text{ Koord. A}) + (Y\text{-Koord. ZL} + Y\text{-Koord. A})$

| Standort | X- Koordinate | Y- Koordinate | Formel | Entfernung zu ZL |
|-----------|---------------|---------------|---------------------|------------------|
| A | 57 | 45 | $(57-44) + (45-45)$ | 13 |
| B | 39 | 49 | $(44-39) + (50-45)$ | 9 |
| C | 44 | 55 | $(44-44) + (55-45)$ | 10 |
| D | 30 | 20 | $(44-30) + (45-20)$ | 39 |
| E | 50 | 32 | $(50-44) + (45-32)$ | 19 |
| F | 33 | 58 | $(44-33) + (58-45)$ | 24 |
| G | 65 | 81 | $(65-44) + (81-45)$ | 57 |
| ZL | 44 | 45 | | |

Ergebnis: Das Lager in Standort B (Frankreich) ist am kürzesten entfernt vom neuen ZL und das Lager in Standort G (Schweden) liegt am weitesten entfernt vom neuen ZL.

→ **Der Standort des neuen ZL liegt in Frankreich.**

Die ermittelten Entfernungen zum ZL auf der X- Y-Achse können nun in die Tabelle übertragen werden:

| Standort | Koordinaten (X/Y) | Entfernung X+Y-Achse | Frachtkosten in Cent | Jährl. benötigte Stückzahl in T. | Gesamte Frachtkosten |
|----------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| A | (57/45) | 13 | 10 | 120 | <i>gesucht</i> |
| B | (39/50) | 8 | 10 | 72 | <i>gesucht</i> |
| C | (44/55) | 10 | 10 | 62 | <i>gesucht</i> |
| D | (30/20) | 39 | 10 | 48 | <i>gesucht</i> |
| E | (50/32) | 19 | 10 | 43 | <i>gesucht</i> |
| F | (33/58) | 24 | 10 | 42 | <i>gesucht</i> |
| G | (65/82) | 57 | 10 | 28 | <i>gesucht</i> |

Schritt 6: Berechnung der jeweiligen Gesamt-Frachtkosten pro Lager

Vorgehen: Es wird im XY-Koordinaten System die Differenz zwischen dem Neuen Zentrallager (ZL) und den restlichen Lägern berechnet.

Formel: Entfernung \times Frachtkosten pro Einheits-Entfernung \times jährl. Stückzahl
= Summe aus allen Standorten = **Gesamt-Frachtkosten pro Jahr**

| Standort | Koordinaten (X/Y) | Entfernung X+Y-Achse | Frachtkosten in Cent | Jährl. benötigte Stückzahl in T. | Gesamte jährl. Frachtkosten in T. € |
|---------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| A | (57/45) | 13 | 10 | 120 | 15.600 |
| B | (39/48) | 8 | 10 | 72 | 5.760 |
| C | (44/55) | 10 | 10 | 62 | 6.200 |
| D | (30/20) | 39 | 10 | 48 | 18.720 |
| E | (50/32) | 19 | 10 | 43 | 8.170 |
| F | (33/58) | 24 | 10 | 42 | 10.080 |
| G | (65/82) | 57 | 10 | 28 | 15.960 |
| SUMME: | | | | | <u>80.490</u> |

| Standort | Koordinaten (X/Y) | Entfernung X+Y-Achse | Frachtkosten in Cent | Jährl. benötigte Stückzahl in T. | Gesamte jährl. Frachtkosten in € |
|---------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| A | (57/45) | 13 | 0,10 | 120.000 | 156.000 |
| B | (39/48) | 8 | 0,10 | 72.000 | 57.600 |
| C | (44/55) | 10 | 0,10 | 62.000 | 62.000 |
| D | (30/20) | 39 | 0,10 | 48.000 | 187.200 |
| E | (50/32) | 19 | 0,10 | 43.000 | 81.700 |
| F | (33/58) | 24 | 0,10 | 42.000 | 100.800 |
| G | (65/82) | 57 | 0,10 | 28.000 | 159.600 |
| SUMME: | | | | | <u>804.900</u> |

Anhang 2: Anwendung der Software LINGO (lineares Optimierungsproblem)

Annahme: Alle Entfernungen werden als geometrischer Abstand zwischen zwei Punkten in der Ebene bestimmt. Es werden die pro Standort tatsächlich anfallenden Transportkosten in dem linearen Optimierungsmodell verwendet. Es wird nach dem zentralen Standort gesucht, der die anderen Lieferpunkte mit Gütermengen versorgt. Ziel ist es anhand der Software LINGO den zentralen Standort mit den optimalen Koordinaten zu ermitteln, bei dem Produkte zu den geringsten Transportkosten an die jeweiligen Lager geliefert werden. Folgende Daten werden definiert:

| Lokales Lager | Koordinate X_n | Koordinate Y_n | Frachtkosten €/Stückkm(F_n) | Jährl. Stückzahl in T. (D_n) |
|---------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| A | 57 | 45 | 1,0 | 120 |
| B | 40 | 48 | 1,4 | 72 |
| C | 44 | 55 | 0,9 | 62 |
| D | 30 | 20 | 1,9 | 48 |
| E | 50 | 32 | 1,1 | 43 |
| F | 33 | 58 | 2,3 | 42 |
| G | 65 | 81 | 2,5 | 28 |

x_n, y_n = Koordinatenort eines Marktes oder einer Bezugsquelle n .

F_n = Kosten für den Versand einer Einheit für einen km zwischen den gegebenen Standorten n .

D_n = Jährliche Nachfragemenge die verschickt werden muss zwischen den gegebenen Lagern und dem neuen zentralen Standort.

Entfernung: Wenn (x,y) der für den zentralen Standort ausgewählte Standort ist, ist die Entfernung d_n zwischen dem zentralen Standort und Bezugsquelle n gegeben durch:

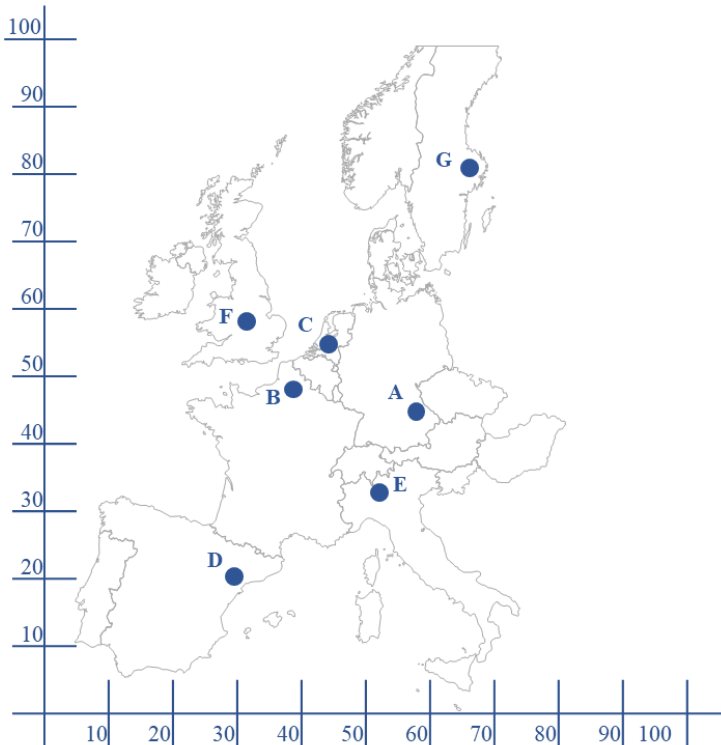
$$\sqrt{(x-x_n)^2+(y+y_n)^2}$$

TK= Transportkosten definiert durch:

$$TK = \sum_{n=1}^k d_n D_n F_n$$

Höhe der Transportkosten, die bei der Distribution der jährlich benötigten Güter aus dem zentralen Lager in die zu beliefernden Knotenpunkte anfallen. *(Die Kosten basieren auf tatsächlich vorliegenden Frachtofferten von dem aktuellen Spediteur und wurden entsprechend gekürzt).*

Beispiel A: Transportkosten 1.000 → gekürzt auf 1.0



1. Eingabe der Sets im Programm LINGO für das zu berechnende Model:

(vgl. Unterkapitel 2.3.4)

SET-Eingabe:

MODEL :

SETS :

STANDORTE: TRANSPORTKOSEN, GUETER-
MENGE, X, Y, D;

ENDSETS

2. Eingabe der entsprechenden Daten im Abschnitt „Daten“ im Programm LINGO:

Funktion-Eingabe:**DATA:**

```

STANDORTE = A, B, C, D, E, F, G;
TRANSPORTKOSTEN= 1.0, 1.4, 0.9, 1.9,
1.1, 2.3, 2.5;
GUETERMENGE = 120, 72, 62, 48, 43,
42,28;
X = 57, 39, 44, 30, 50, 33, 65;
Y = 45, 48, 55, 20, 32, 58, 81;
ENDDATA

```

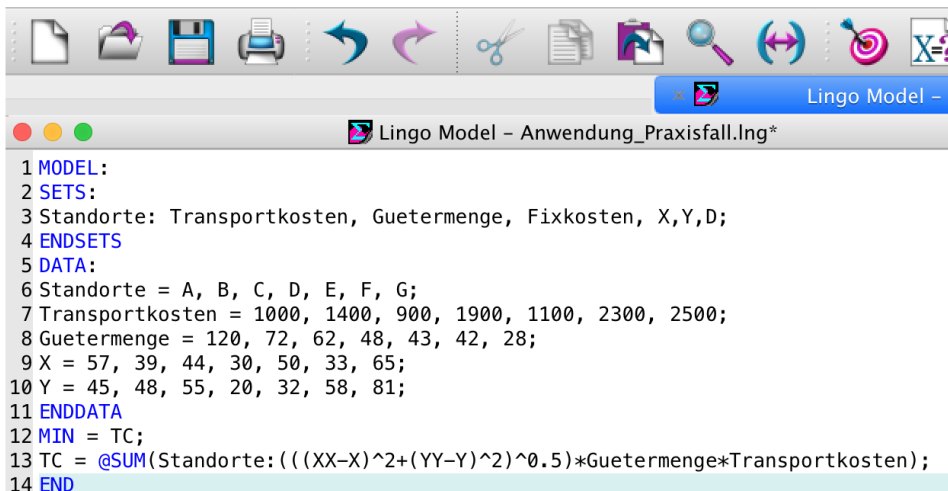
3. Einstellung der beabsichtigten Funktionen im Programm LINGO:**Daten-Eingabe:**

```

MIN = TK;
TK = @SUM(STANDORTE: ((XX-X)^2+(YY-
Y)^2)^0.5)*GUETERMENGE*TRANSPORT-
KOSTEN);
END

```

Die untere Abbildung zeigt die tatsächliche Eingabe der Daten im Programm LINGO.



The screenshot shows the LINGO software interface. The title bar reads "Lingo Model - Anwendung_Praxisfall.Ing*". The main window displays the following LINGO code:

```

1 MODEL:
2 SETS:
3 Standorte: Transportkosten, Guetermenge, Fixkosten, X,Y,D;
4 ENDSETS
5 DATA:
6 Standorte = A, B, C, D, E, F, G;
7 Transportkosten = 1000, 1400, 900, 1900, 1100, 2300, 2500;
8 Guetermenge = 120, 72, 62, 48, 43, 42, 28;
9 X = 57, 39, 44, 30, 50, 33, 65;
10 Y = 45, 48, 55, 20, 32, 58, 81;
11 ENDDATA
12 MIN = TC;
13 TC = @SUM(Standorte: ((XX-X)^2+(YY-Y)^2)^0.5)*Guetermenge*Transportkosten);
14 END

```

Nach der Eingabe alle Parameter und Funktionen zum Fallbeispiel (aus Tabelle 11) wird der „SOLVE“ (Englisch: Lösen) Knopf betätigt, um das Ergebnis des

Modells zu berechnen. Die gesuchten Ausgabeparameter, nämlich die XY- Koordinaten des zentralen Punktes in der Ebene wurden gelb markiert.

```

Local optimal solution found.
Objective value:                10271.06
Infeasibilities:                0.000000
Total solver iterations:        30
Elapsed runtime seconds:        0.08

Model Class:                    NLP

Total variables:                17
Nonlinear variables:            2
Integer variables:              0

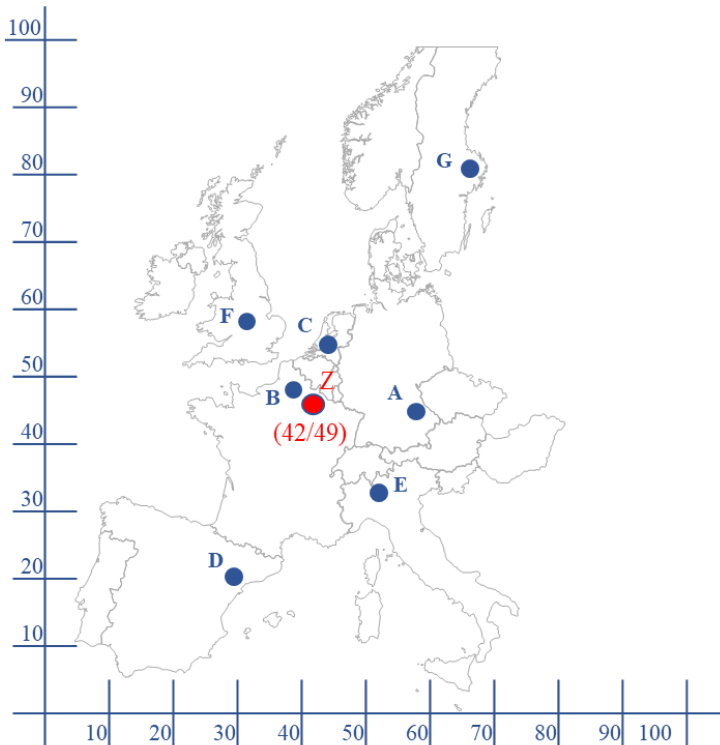
Total constraints:              2
Nonlinear constraints:          1

Total nonzeros:                 4
Nonlinear nonzeros:            2

```

| Variable | Value |
|----------|----------|
| TC | 10271.06 |
| XX | 41.68401 |
| YY | 48.68541 |

Wie man an dem Ergebnis des Programms in der Abbildung erkennen kann, werden nach der Berechnung der Mindest- Transportkosten eines zentralen Standorts die entsprechenden X- und Y- Koordinaten für den zentralen Koordinatenpunkt in der Ebene ausgegeben, von dem aus die Transportkosten zu den fünf Punkten am minimalsten sind. Folglich werden die Koordinaten **X = 42** und **Y = 49** (gerundet) identifiziert und in das Koordinatensystem übertragen.



Unter den berechneten Koordinaten (42/49) und unter Anwendung von Google Maps konnte auf der europäischen Karte ein Nationalpark als Standort identifiziert werden.

| Zentraler Standort | Land | Ermittelter Standort |
|--------------------|------------|-------------------------------|
| S ₄ | Frankreich | Regionaler Naturpark Ardennen |

Anhang 3: Operative Standortfaktoren & Bewertung der logistischen Infrastruktur

| Standortalternative Si: | Entfernung zum Flughafen in km | Entfernung zum Seehafen in km | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------|
| S1 | 110 | 820 | 10 |
| S2 | 200 | 200 | 12 |
| S3 | 147 | 106 | 14 |
| S4 | 206 | 254 | 11 |

| Standortalternative Si: | Weltweites Ranking nach der Qualität der Straßen im Jahr 2019 | | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------|--|-------------------|
| S1 | DE = 5,3 von 7 möglichen Punkten des weltweiten Rankings (Platz 22) | | 11 |
| S2 | BE = 4,4 von 7 möglichen Punkten des weltweiten Rankings (Platz 55) | | 8 |
| S3 | NL = 6,4 von 7 möglichen Punkten des weltweiten Rankings (Platz 2) | | 15 |
| S4 | FR = 5,4 von 7 möglichen Punkten des weltweiten Rankings (Platz 18) | | 11 |

| Standortalternative Si: | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|------------------------|-------------------|
| S1 | | 10 |
| S2 | Kleiner Ort in Belgien | 8 |
| S3 | Gute Infrastruktur | 11 |
| S4 | | 12 |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend

Anhang 3: Operative Standortfaktoren- Bewertung der Transportkosten

| Transportkosten ex: | Land | Standort | Kosten in EUR | Fahrten pro Woche | Fahrten pro Jahr | Transportkosten Gesamt: | TNij |
|------------------------------------------------------|------|-------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------------|-----------|
| Straubing 94315 (S1) Deutschland | FR | Lomme | 1.200 | 5 | 60 | 72.000 | 11 |
| | NL | Tilburg | 950 | 5 | 60 | 57.000 | |
| | IT | Settala | 1.100 | 5 | 60 | 66.000 | |
| | ES | Constantini | 1.950 | 4 | 48 | 93.600 | |
| | UK | Northampton | 2.300 | 4 | 48 | 110.400 | |
| | SE | Rosersberg | 2.500 | 2 | 24 | 60.000 | |

| Transportkosten ex: | Land | Standort | Kosten in EUR | Fahrten pro Woche | Fahrten pro Jahr | Transportkosten Gesamt: | TNij |
|-------------------------------------------------|------|-------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------------|-----------|
| Hoegarden 3320 (S2) Belgien | FR | Lomme | 400 | 5 | 60 | 24.000 | 14 |
| | IT | Settala | 1.300 | 5 | 60 | 78.000 | |
| | DE | Straubing | 900 | 5 | 60 | 54.000 | |
| | ES | Constantini | 1.800 | 4 | 48 | 86.400 | |
| | UK | Northampton | 1.600 | 4 | 48 | 76.800 | |
| | SE | Rosersberg | 2.300 | 2 | 24 | 55.200 | |
| GESAMT: | | | | | | 374.400 | |

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Anhang 3: Operative Standortfaktoren- Bewertung der Transportkosten

| Transportkosten ex | Land | Standort | Kosten in EUR | Fahrten pro Woche | Fahrten pro Jahr | Transportkosten Gesamt: | TNij |
|--------------------|------|-------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------------|------|
| | FR | Lomme | 400 | 5 | 60 | 24.000 | 11 |
| | DE | Straubing | 900 | 5 | 60 | 54.000 | |
| | IT | Settala | 1.350 | 5 | 60 | 81.000 | |
| | ES | Constantini | 1.800 | 4 | 48 | 86.400 | |
| | UK | Northampton | 1.500 | 4 | 48 | 72.000 | |
| | SE | Rosersberg | 2.300 | 2 | 24 | 55.200 | |
| | | | | | | | |

| Transportkosten ex | Land | Standort | Kosten in EUR | Fahrten pro Woche | Fahrten pro Jahr | Transportkosten Gesamt: | TNij |
|--------------------|------|-------------|---------------|-------------------|------------------|-------------------------|------|
| | DE | Straubing | 1.150 | 5 | 60 | 69.000 | 14 |
| | NL | Tilburg | 500 | 5 | 60 | 30.000 | |
| | IT | Settala | 1.350 | 5 | 60 | 81.000 | |
| | ES | Constantini | 1.600 | 4 | 48 | 76.800 | |
| | UK | Northampton | 1.500 | 4 | 48 | 72.000 | |
| | SE | Rosersberg | 2.500 | 2 | 24 | 60.000 | |
| | | | | | | | |

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Anhang 3: Operative Standortfaktoren- Bewertung der Betriebs- und Nebenkosten

| Standortalternative Si: | Durchschnittl. Betriebskosten pro Monat | Jährliche Betriebskosten: | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| S1 | 110.000 | 1.320.000 | 12 |
| S2 | 90.000 | 1.080.000 | 15 |
| S3 | 100.000 | 1.200.000 | 13 |
| S4 | 95.000 | 1.140.000 | 14 |

| Standortalternative Si: | Sozialversicherung und Einkommenslohnsteuer | Durchschn. Lohnkosten pro Monat |
|-------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------|
| S1 | 34,4% | 1.300.000 |
| S2 | 37,3% | 1.200.000 |
| S3 | 32,6% | 1.080.000 |
| S4 | 39,4% | 1.500.000 |

| Standortalternative Si: | Jährliche Lohnkosten in EUR: | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|------------------------------|-------------------|
| S1 | 15.600.000 | 12 |
| S2 | 14.400.000 | 13 |
| S3 | 12.960.000 | 14 |
| S4 | 18.000.000 | 11 |

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Anhang 3: Operative Standortfaktoren- Bewertung der Fixkosten

| Standortalternative Si: | Ingangsetzungskosten in EUR* | Kommentar: | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| S1 | 0 | Keine Ingangsetzungskosten | 15 |
| S2 | 6.000.000 | Sehr hohe Ingangsetzungskosten | 5 |
| S3 | 2.000.000 | Erweiterungskosten | 8 |
| S4 | 600.000 | Anpassungskosten | 6 |

| Standortalternative Si: | Mtl. Mietkosten in EUR** | Jährliche Mietkosten in EUR: | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|--------------------------|------------------------------|-------------------|
| S1 | 280.000 | 3.360.000 | 13 |
| S2 | 300.000 | 3.600.000 | 11 |
| S3 | 250.000 | 3.000.000 | 14 |
| S4 | 280.000 | 3.360.000 | 12 |

| Standortalternative Si: | Mtl. Versicherungskosten in EUR** | Jährliche Lohnkosten in EUR: | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| S1 | 20.000 | 240.000 | 11 |
| S2 | 18.000 | 216.000 | 13 |
| S3 | 18.000 | 216.000 | 13 |
| S4 | 21.000 | 252.000 | 10 |

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Anhang 3: Operative Standortfaktoren- Gesamte Kostenaufstellung (Jährliche Kosten in EUR)

| | 1- Jahr Hochrechnung | | | | 10- Jahres Hochrechnung | | | |
|--------------------------------|----------------------|------------|------------|------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | S1 | S2 | S3 | S4 | S1 | S2 | S3 | S4 |
| Variable Kosten | | | | | | | | |
| Transportkosten | 459.000 | 374.400 | 372.600 | 388.800 | 4.590.000 | 3.744.000 | 3.726.000 | 3.888.000 |
| Betriebs- und Nebenkosten | 1.320.000 | 1.080.000 | 1.200.000 | 1.140.000 | 13.200.000 | 10.800.000 | 12.000.000 | 11.400.000 |
| Lohnkosten | 15.600.000 | 14.400.000 | 12.960.000 | 18.000.000 | 156.000.000 | 144.000.000 | 129.600.000 | 180.000.000 |
| Gesamte Variable Kosten | 17.379.000 | 15.854.400 | 14.532.600 | 19.528.800 | 173.790.000 | 158.544.000 | 145.326.000 | 195.288.000 |
| Fixe Kosten | | | | | | | | |
| Ingangsetzungskosten | 0 | 6.000.000 | 2.000.000 | 600.000 | 0 | 6.000.000 | 2.000.000 | 600.000 |
| Mietkosten | 3.360.000 | 3.600.000 | 3.000.000 | 3.360.000 | 33.600.000 | 36.000.000 | 30.000.000 | 33.600.000 |
| Versicherungskosten | 240.000 | 216.000 | 216.000 | 252.000 | 2.400.000 | 2.160.000 | 2.160.000 | 2.520.000 |
| Gesamte Fixe Kosten | 3.600.000 | 9.816.000 | 5.216.000 | 4.212.000 | 36.000.000 | 34.160.000 | 34.160.000 | 36.720.000 |
| Kosten Gesamt in EUR | 20.979.000 | 25.670.400 | 19.748.600 | 23.740.800 | 209.790.000 | 202.704.000 | 179.486.000 | 232.008.000 |

[15 = Beste Preisleistung; 10 = gute Preisleistung; 5 = befriedigende Preisleistung; 0 = ungenügende Preisleistung]

Anhang 4: Funktionale Standortfaktoren- Bewertung der politisch- rechtlichen Standortfaktoren

| Standortalternative Si: | Langfristiger politischer Risiko-Index* | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| S1 | 87,2 | Ein Wert zwischen 80 - 100 wird auf der Risiko- Landkarte als grüner und stabiler Wert angegeben. | 13 |
| S2 | 80,2 | | 11 |
| S3 | 86,5 | | 13 |
| S4 | 80,6 | | 11 |
| Standortalternative Si: | Langfristiger wirtschaftlicher Risiko-Index* | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
| S1 | 80,0 | Ein Wert zwischen 80 - 100 wird auf der Risiko- Landkarte als grüner und stabiler Wert angegeben. | 11 |
| S2 | 71,1 | | 8,5 |
| S3 | 78,1 | | 10 |
| S4 | 74,8 | | 9 |
| Standortalternative Si: | Internationale Abkommen | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
| S1 | Deutschland ist in der Europäischen Union | Einheitliche Handelspolitik in der EU | 7,5 |
| S2 | Belgien ist in der Europäischen Union | | 7,5 |
| S3 | Niederlande ist in der Europäischen Union | | 7,5 |
| S4 | Frankreich ist in der Europäischen Union | | 7,5 |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Anhang 4: Funktionale Standortfaktoren- Bewertung der steuer- und zollrechtlichen Standortfaktoren

| Standortalternative S <i>i</i> : | Besteuerung des Gewinns von Kapitalgesellschaften* | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|----------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| S1 | 29,9 | Körperschaftsteuern, Gewerbesteuern und verträglichere andere Steuern. | 6 |
| S2 | 29,6 | | 6 |
| S3 | 25,0 | | 8 |
| S4 | 34,4 | | 5 |

| Standortalternative S <i>i</i> : | Umsatzsteuer- Normsätze in der EU 2018* | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|----------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| S1 | 19% | Kein Einbezug der Umsatzsteuersenkung in Deutschland auf 16% aufgrund der Covid-19 Pandemie und stabiler Wert angegeben. | 14 |
| S2 | 21% | | 12 |
| S3 | 21% | | 12 |
| S4 | 20% | | 13 |

| Standortalternative S <i>i</i> : | Zollsätze | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| S1 | Identische Zollsätze (Zollunion) | Da alle vier Standortalternativen in der Europäischen Union sind, wird in dem Land der gleich Zollsatz erhoben | 7,5 |
| S2 | Identische Zollsätze (Zollunion) | | 7,5 |
| S3 | Identische Zollsätze (Zollunion) | | 7,5 |
| S4 | Identische Zollsätze (Zollunion) | | 7,5 |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Anhang 4: Funktionale Standortfaktoren- Bewertung der umweltrelevanten Standortfaktoren

| Standortalternative Si: | Entsorgungslogistik* | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
|-------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| S1 | gemäß lokaler WEEE-Umsetzung | Standortalternative S4 (Frankreich) wurde aufgrund der umfangreicheren und komplexen Umsetzung der WEEE-Richtlinie ein Punkt abgezogen | 10 |
| S2 | gemäß lokaler WEEE-Umsetzung | | 10 |
| S3 | gemäß lokaler WEEE-Umsetzung | | 10 |
| S4 | gemäß lokaler WEEE-Umsetzung | | 9 |
| Standortalternative Si: | Umweltfreundlichkeit der Länder** | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
| S1 | EPI-Wert 77,2 (Rang 10) | Die EPI (Environmental Performance Index) zeigt das Ranking der umweltfreundlichsten Länder der Welt. (180 bewertete Länder) | 13 |
| S2 | EPI-Wert 73,3 (Rang 15) | | 13 |
| S3 | EPI-Wert 75,3 (Rang 11) | | 13 |
| S4 | EPI-Wert 80,0 (Rang 5) | | 14 |
| Standortalternative Si: | Naturkatastrophen*** | Kommentar | Teilnutzwert TNij |
| S1 | Risikoindex 2,43 (Rang 163) | Weltrisikoindex 2019 aus 180 bewerteten Ländern. NL erhält den kleinsten Wert [10 = gut] da hierzulande eine höheres Risiko an Hochwasser besteht | 13,0 |
| S2 | Risikoindex 2,79 (Rang 156) | | 13,0 |
| S3 | Risikoindex 7,35 (Rang 77) | | 5,0 |
| S4 | Risikoindex 2,37 (Rang 164) | | 13,0 |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Anhang 5: Nutzwertanalyse- Operative Standortfaktoren

| Nutzwertanalyse- Zentrales Distributionslager | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------|----|-------|--------------------|----|-------|--------------------|------|-----|--------------------|----|-------|------|
| Nr. | Operative Standortfaktoren (Kj) | Gewichtung (Gj) | Standort S1 | | | Standort S2 | | | Standort S3 | | | Standort S4 | | | |
| | | | Begründung | TN | G*n | Begründung | TN | G*n | Begründung | TN | G*n | Begründung | TN | G*n | |
| 1. | Variable Kosten | 0,5 | | | 11,5 | | | | | 14,3 | | | | | 12,8 |
| 2.1 | Transportkosten | 0,5 | 459.000 € | 11 | 5,5 | 374.400 € | 14 | 7,0 | 372.600 € | 15 | 7,5 | 388.800 € | 13 | 6,5 | |
| 2.2 | Betriebs- und Nebenkosten | 0,25 | 1.320.000 € | 12 | 3,0 | 1.080.000 € | 15 | 3,8 | 1.200.000 € | 13 | 3,3 | 1.140.000 € | 14 | 3,5 | |
| 2.3 | Lohnkosten | 0,25 | 15.600.000 € | 12 | 3,0 | 14.400.000 € | 13 | 3,3 | 12.960.000 € | 14 | 3,5 | 18.000.000 € | 11 | 2,8 | |
| 2. | Fixe Kosten | 0,3 | | | 13,4 | | | 9,0 | | | | | | 9,2 | |
| 3.1 | Ingangsetzungskosten | 0,4 | 0 € | 15 | 6,0 | 6.000.000 € | 5 | 2,0 | 2.000.000 € | 8 | 3,2 | 600.000 € | 6 | 2,4 | |
| 3.2 | Mietkosten | 0,4 | 3.360.000 € | 13 | 5,2 | 3.600.000 € | 11 | 4,4 | 300.000 € | 14 | 5,6 | 3.360.000 € | 12 | 4,8 | |
| 3.3 | Versicherungskosten | 0,2 | 240.000 € | 11 | 2,2 | 216.000 € | 13 | 2,6 | 216.000 € | 13 | 2,6 | 252.000 € | 10 | 2,0 | |
| 3. | Logistische Infrastruktur | 0,2 | | | 10,2 | | | 10,4 | | | | | | 11,2 | |
| 1.1 | Anbindung an Straße, Luft, Wasser | 0,6 | siehe Kap. 5.2.6 | 10 | 6,0 | siehe Kap. 5.2.6 | 12 | 7,2 | siehe Kap. 5.2.6 | 14 | 8,4 | siehe Kap. 5.2.6 | 11 | 6,6 | |
| 1.2 | Beschaffenheit der Straßennetze | 0,2 | 5,3 von 7 Punkten* | 11 | 2,2 | 4,4 von 7 Punkten* | 8 | 1,6 | 6,4 von 7 Punkten* | 15 | 3,0 | 5,4 von 7 Punkten* | 11 | 2,2 | |
| 1.3 | Personalverfügbarkeit | 0,2 | siehe Kap. 5.2.6 | 10 | 2,0 | siehe Kap. 5.2.6 | 8 | 1,6 | siehe Kap. 5.2.6 | 11 | 2,2 | siehe Kap. 5.2.6 | 12 | 2,4 | |
| | Operativer Nutzwert (Nj) | 0,7 | | | 11,81 | | | 11,78 | | | | | | 11,38 | |
| | | | | | | | | | | | | | | 13,27 | |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Anhang 5: Nutzwertanalyse- Funktionale Standortfaktoren

| Nr. Funktionale Standortfaktoren (Kj) | | Standort S1 | | Standort S2 | | Standort S3 | | Standort S4 | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------|-----|----------------|----------------------|-------------|----------------|----------------------|-----|----------------|
| | | Begründung | TN | G ⁿ | Begründung | TN | G ⁿ | Begründung | TN | G ⁿ |
| 4. Politisch-rechtliche SF | | | | 10,6 | | 9,0 | | | | 9,2 |
| 4.1 | Politische Stabilität | 87,2* | 13 | 3,9 | 80,2* | 11 | 3,3 | 86,5* | 13 | 3,9 |
| 4.2 | Wirtschaftliche Stabilität | 80,0* | 11 | 4,4 | 71,1* | 8,5 | 3,4 | 78,1* | 10 | 4,0 |
| 4.3 | Internationale Handelsabkommen | Zollunion | 7,5 | 2,3 | Zollunion | 7,5 | 2,3 | Zollunion | 7,5 | 2,3 |
| 5. Steuer-zollrechtliche SF | | | | 9,5 | | 8,7 | | | | 8,7 |
| 5.1 | Unternehmensbesteuerung | 29,9%** | 6 | 2,4 | 29,6%** | 6 | 2,4 | 25%** | 8 | 3,2 |
| 5.2 | Umsatzsteuerersatz | 19%** | 14 | 5,6 | 21%** | 12 | 4,8 | 21%** | 12 | 4,8 |
| 5.3 | Tarifäre Handelshemmnisse (Zoll) | Zollunion | 7,5 | 1,5 | Zollunion | 7,5 | 1,5 | Zollunion | 7,5 | 1,5 |
| 6. Umweltrelevante SF | | | | 7,6 | | 11,5 | | | | 11,3 |
| 6.1 | Entsorgungslogistik | Siehe Anhang 4 | 10 | 5,0 | Siehe Anhang 4 | 10 | 5,0 | Siehe Anhang 4 | 10 | 5,0 |
| 6.2 | Umweltfreundlichkeit | EPI-Wert: 77,2 | 13 | 0,0 | EPI-Wert: 73,3 | 13 | 3,9 | EPI-Wert: 75,3 | 13 | 3,9 |
| 6.3 | Naturkatastrophen | Risikoindex: 2,43*** | 13 | 2,6 | Risikoindex: 2,79*** | 13 | 2,6 | Risikoindex: 7,35*** | 5 | 1,0 |
| Funktionaler Nutzwert (Nj) | | | | 9,54 | | 9,36 | | 9,84 | | 9,40 |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Anhang 5: Abschließende Nutzwertanalyse, angewendet am praktischen Fallbeispiel

| Nutzwertanalyse- Kapitel 5.2.6 | | Standort (S1) | | Standort (S2) | | Standort (S3) | | Standort (S4) | |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Nr. | Operative Standortfaktoren (Kj) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) |
| Gewichtun g (gi) | | 11,5 | | 14,0 | | 14,3 | | 12,8 | |
| 1. | Variable Kosten | | | | | | | | |
| 2.1 | Transportkosten | 11 | 5,5 | 14 | 7,0 | 15 | 7,5 | 13 | 6,5 |
| 2.2 | Betriebskosten | 12 | 3,0 | 15 | 3,8 | 13 | 3,3 | 14 | 3,5 |
| 2.3 | Lohnkosten | 12 | 3,0 | 13 | 3,3 | 14 | 3,5 | 11 | 2,8 |
| 2. | Fixe Kosten | 13,4 | | 9,0 | | 11,4 | | 9,2 | |
| 3.1 | Ingangsetzungskosten | 15 | 6,0 | 5 | 2,0 | 8 | 3,2 | 6 | 2,4 |
| 3.2 | Mietkosten | 13 | 5,2 | 11 | 4,4 | 14 | 5,6 | 12 | 4,8 |
| 3.3 | Versicherungskosten | 11 | 2,2 | 13 | 2,6 | 13 | 2,6 | 10 | 2,0 |
| 3. | Logistische Infrastruktur | 10,2 | | 10,4 | | 13,6 | | 11,2 | |
| 1.1 | Anbindung an Straße, Luft, Wasser | 10 | 6,0 | 12 | 7,2 | 14 | 8,4 | 11 | 6,6 |
| 1.2 | Beschaffenheit der Straßennetze | 11 | 2,2 | 8 | 1,6 | 15 | 3,0 | 11 | 2,2 |
| 1.3 | Personalverfügbarkeit | 10 | 2,0 | 8 | 1,6 | 11 | 2,2 | 12 | 2,4 |
| | Operative Nutzwerte (Nj) | 11,81 | | 11,78 | | 13,27 | | 11,38 | |
| Nr. | Funktionale Standortfaktoren (Kj) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) | TN (nij) | gew. TN (gi*nij) |
| Gewichtun g (Gj) | | 10,6 | | 9,0 | | 10,2 | | 9,2 | |
| 4. | Politisch-rechtliche SF | | | | | | | | |
| 4.1 | Politische Stabilität | 13 | 3,9 | 11 | 3,3 | 13 | 3,9 | 11 | 3,3 |
| 4.2 | Wirtschaftliche Stabilität | 11 | 4,4 | 8,5 | 3,4 | 10 | 4,0 | 9 | 3,6 |
| 4.3 | Internationale Handelsabkommen | 7,5 | 2,3 | 7,5 | 2,3 | 7,5 | 2,3 | 7,5 | 2,3 |
| 5. | Steuer-zollrechtliche SF | 9,5 | | 8,7 | | 9,5 | | 8,7 | |
| 5.1 | Unternehmensbesteuerung | 6 | 2,4 | 6 | 2,4 | 8 | 3,2 | 5 | 2,0 |
| 5.2 | Umsatzsteuerregelsatz | 14 | 5,6 | 12 | 4,8 | 12 | 4,8 | 13 | 5,2 |
| 5.3 | Tarifäre Handelshemmnisse (Zoll) | 7,5 | 1,5 | 7,5 | 1,5 | 7,5 | 1,5 | 7,5 | 1,5 |
| 6. | Umweltrelevante SF | 7,6 | | 11,5 | | 9,9 | | 11,3 | |
| 6.1 | Umweltauflagen, Entsorgungslogist | 10 | 5,0 | 10 | 5,0 | 10 | 5,0 | 9 | 4,5 |
| 6.2 | Regelungen und Haftungstragen | 13 | 3,9 | 13 | 3,9 | 13 | 3,9 | 14 | 4,2 |
| 6.3 | Naturkatastrophen | 13 | 2,6 | 13 | 2,6 | 5 | 1,0 | 13 | 2,6 |
| | Funktionale Nutzwerte (Nj) | 9,54 | | 9,36 | | 9,84 | | 9,40 | |
| Gesamtnutzwert N/ | | 11,13 | | 11,05 | | 12,24 | | 10,78 | |
| Rangfolge | | 2 | | 3 | | 1 | | 4 | |

[15 = sehr gut; 10 = gut; 5 = befriedigend; 0 = ungenügend]

Literaturverzeichnis

Monografien und Sammelbände:

Alda, Willi, Hirschner Joachim (Steuerarten, 2014): Projektentwicklung in der Immobilienwirtschaft, Grundlagen für die Praxis, 5. Aufl., Springer Vieweg, 2014

Bach, Lüder (zentrale Standortbestimmung, 1978): Standortbestimmungsmodelle für Systeme zentraler Einrichtungen, 1. Auflage, Basel, 1978

Bamberg, G., Coenenberg, A.G., Krapp, M. (Entscheidungslehre, 2008): Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre, 14. Aufl., Vahlen Verlag, 2008

Bea, Franz, Xaver (Entscheidungsmodell, 2000): Entscheidungen des Unternehmens, in: *Bea, F., X., Dichtl, E., Schweitzer* (Hrsg.): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Band 1: Grundfragen, 8. Aufl., Stuttgart, 2000, S. 303 – 410

Beckmann, Holger (Prozessorientiertes Supply Chain, 2012): Prozessorientiertes Supply Chain Engineering, Strategien, Konzepte und Methoden zur modellbasierten Gestaltung, 1. Aufl., Gabler Verlag, 2012

Behrens, Karl Christian (Standorttheorie, 1971): Allgemeine Standortbestimmungslehre, 2. Aufl., Westdt. Verl., 1971

Bleis, Christian (Gesamtnutzwert, 2011): Grundlagen Investition und Finanzierung: Lehr und Arbeitsbuch, Wissenschaftsverlag, Oldenbourg, 2011

Bloech, J., Götze, J., Huch, U., Lücke, B., Rudolph, F. (Hrsg.) (Qualitative Modelle, 1994): Strategische Planung, Instrumente, Vorgehensweisen und Informationssysteme, Physica-Verlag, Heidelberg, 1994

- Blohm, Hans, Lüder, Klaus*, (Subjektivität der Standortfaktoren, 1995): Investition: Schwachstellenanalyse des Investitionsbereichs und Investitionsrechnung, 8. Aufl., Vahlen Verlag, 1995
- Bretzke, Wolf-Rüdiger* (Entscheidungsmodelle, 1980): Der Problembezug von Entscheidungsmodellen, 1. Aufl., Tübingen, Mohr, 1980
- Daskin, Mark-S.* (Netzwerkmodelle, 2013): Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications (Englisch), 2. Aufl., Wiley Verlag, 2013
- Domschke, Wolfgang* (Standortfaktoren, 1994): Strategische Produktions- und Distributionsplanung, Deutscher Universitäts-Verlag, 1994
- Domschke, Wolfgang, Drexl, Andreas* (Standortplanung, 1996): Logistik Standorte, 4. Aufl., Oldenbourg, München, Wien, 1996
- Domschke, W., Drexl, A., Klein R., Scholl, A.* (Standortplanung, 2015): Einführung in Operations-Research, 9. Aufl., München, 2015
- Eiselt, H.A., Sandblom C-L.* (Nonlinear Optimization, 2019): Nonlinear Optimization, Methods and Applications, 1. Aufl., Springer Verlag, 2019
- Endres, Egon* (Nutzwerte, 2001): Erfolgsfaktoren des Managements von Netzwerken, 1. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden, 2001
- Finkenbrink, Hannes* (Standortbewertung, 2012): Standortbewertung bei der Internationalisierung von F & E-Einheiten, Universitätsbibliothek der TU München, 2012
- Fleischmann, B., Nunen., J.A.E.E. van, Grazia Speranza, M., Stähly, P.* (Hrsg.) (Distribution, 1998): Advances in Distribution Logistics, 1. Aufl., Springer Gabler Verlag, Berlin Heidelberg, 1998
- Francis, R. L., McGinnies, L. F., White, J. A.* (Facility Layout and Location, 1992), Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ., 2. Auflage, 1992

- Funk, Benjamin, Kuhn, A.*, (Hrsg.) (Bottom-up-Ansatz, 2014): Entwicklung von Fabrikstrukturen in der variantenreichen Produktion auf Basis eines integrativen Strukturmodells, 1. Aufl., Praxiswissen Service, 2014
- Furmans, K., Kilger, C., Tempelmeier, H., ten Hompel, M., Schmidt, T.* (Modellierung logistischer Systeme, 2020): Handbuch Logistik, 4. Aufl., Springer Vieweg, 2020
- Glätte, Thomas* (Die Nutzwertanalyse, 2017): Kompendium Standortstrategien für Unternehmensimmobilien, Die Standortplanung als Teil der internationalen Unternehmensführung, 1. Aufl., Springer Vieweg, 2017
- Georg, Stefan* (Steuerlehre, 2019), Basiswissen betriebliche Steuerlehre, 1. Auflage, 2019
- Goette, Thomas* (mathematische Standortfaktoren, 1994): Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben, 2. Aufl., Dt. Univ.-Verl., 1994, (Göttingen, Univ., Diss., 1993)
- Götze, Uwe, Wilke Ulrike* (Simultanplanung, 1994): Ansätze zur Simultanplanung von Standorten und betrieblichen Funktionsbereichen, Band 92., 1992
- Haas, Hans-Dieter, Neumair, Simon-Martin* (Lokalisierungsproblem, 2007): Wirtschaftsgeographie, 2. Aufl., WBG Verlag, 2007
- Hansmann, Karl-Werner* (Standortfaktor, 1974): Entscheidungsmodelle zur Standortplanung der Industrieunternehmen, 1. Aufl., Gabler Verlag, 1974
- Hansmann, Karl-Werner* (Standortfaktor, 2006): Industrielles Management, 8. Aufl., De Gruyter Verlag, Oldenbourg, 2006
- Heuer, Kai R.* (Gewichtung der Standortfaktoren, 2011): Logistik, Eine praxisorientierte Einführung, 1. Aufl., De Gruyter Verlag, Oldenbourg, 2011

- Hines, Mary, Alice* (Steuerbelastung, 1990): Global Corporate Real Estate Management: A Handbook for Multinational Business and Organizations, Quorum Books, 1990
- Heiserich, Otto-Ernst, Helbig, Klaus, Ullmann, Werner* (Hrsg.) (Logistik, 2011): Logistik, Eine praxisorientierte Einführung, 4. Aufl., Springer Verlag, 2011
- Hompel, Michael, Heidenblut, Volker* (Hrsg.) (Taschenlexikon Logistik, 2011): Taschenlexikon Logistik, Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik, 3. Aufl., Springer Verlag, 2011
- Jockisch, Maïke, Rosendahl, Jens* (Modelle, 2010): Klassifikation von Modellen, in: *Bandow, G., Holzmüller, Hartmut H.* (Hrsg.), Das ist gar kein Modell, Gabler Verlag, 2010
- Lambert, Douglas M., Enz Matias G.* (Moderne Lieferketten, 2017): Issues in Supply Chain Management: Progress and potential, Volume 62, 2017
- Launhardt, Wilhelm*, (Der zweckmäßigste Standort, 1882): Der zweckmäßigste Standort einer gewerblichen Anlage, VDI, 1882
- Laux, Helmut, Gillenkirch, Robert.M., Schenk-Mathes, Heike.* (Entscheidungstheorie 2018): Gründliche Einführung in die Entscheidungstheorie, Springer Verlag, 10. Aufl., 2018
- Liefner, Ingo, Schätzl, Ludwig* (Wirtschaftsgeographie 2012): Theorien der Wirtschaftsgeographie, UTB GmbH Verlag, 10. Aufl., Paderborn, 2012
- Kinkel, Steffen* (Standortplanung, 2009): Dynamische Standortbewertung und strategisches Standortcontrolling – Erfolgsmuster, kritische Faktoren, Instrumente, Springer Verlag, 2. Aufl., 2009

- Kinkel, Steffen* (Dynamische Standortbewertung, 2003): Dissertation, in: *Kötzle, A., Bea, F., Zahn, E.* (Hrsg.): Schriften zur Unternehmensplanung (Band 66), Frankfurt am Main, 2003
- Koether, Reinhard* (Distributionslogistik, 2018): Distributionslogistik, Effiziente Absicherung der Lieferfähigkeit, 3. Aufl., Springer Verlag, 2018
- Korndörfer, Wolfgang* (Unternehmensstandort, 1993): Standort der Unternehmung und Unternehmenszusammenschlüsse-Rechtsformen im Überblick, in: *Korndörfer, Wolfgang* (Hrsg.), Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Gabler Verlag, 1993
- Köbernik, Gunner* (Skalierung, 2006): Fabrikplanung, Hochschule Mittweida, 2006
- Kuehn, Alfred, A., Hamburger, Michael, J.* (Heuristic Program, 1963): A Heuristic Program for Locating Warehouses, in: *Funke, Ursula, H.* (Hrsg.), Mathematical Models in Marketing, 1. Aufl., Springer Gabler Verlag, 1976
- Mattfeld Dirk Christian, Vahrenkamp, Richard* (Logistiknetzwerke 2014): Logistiknetzwerke, Modelle für Standortwahl und Tourenplanung, 2. Aufl., Springer Gabler Verlag, 2014
- Maier, Gunther, Tödting, Franz, Tripl, Michaela* (Betriebe 2012): Regional- und Stadtökonomik 2, Regionalentwicklung und Regionalpolitik, 4. Aufl., Springer Gabler Verlag, Wien, 2012
- Muchna, C., Brandenburg, H., Fottner, J., Gutermuth, J.* (Hrsg.) (Logistikgrundlagen 2020): Grundlagen der Logistik, Begriffe, Strukturen und Prozesse, 2. Aufl., Springer Gabler Verlag, 2020
- Nemuth, Tilo* (Risikoeinschätzung aus eigenen Ländergesellschaften, 2006): Risikomanagement bei internationalen Bauprojekten, 1. Aufl., expert Verlag, 2006

- Oehrich, Marcus* (Wissenschaftliches Arbeiten, 2019): Wissenschaftliches Arbeiten und Schreiben, 2. Aufl., Springer Gabler Verlag, 2019
- Ottmann, Matthias, Lifka, Stephan* (Standortanalyse, 2010): Methoden der Standortanalyse, 2. Aufl., Wiss. Buchges., 2010
- Pfohl, Hans-Christian* (Logistiksysteme, 2018): Logistiksysteme, Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 9. Aufl., Springer Gabler Verlag, 2018
- Riehm, Klaus* (Standorttheorie, 1969): Vergleich der Standorttheorien, 1. Aufl., University of California, 1969
- Schierenbeck, Henner* (Standort, 1993): Grundzüge der Betriebswirtschaft, 11. Aufl., Gießen Verlag, 1993
- Tempelmeier, Horst* (Hrsg.) (Logistische Systeme, 2018): Planung logistischer Systeme, 1. Aufl., Springer Vieweg Verlag, 2018
- Thommen, J.-P., Achleitner, A.-K., Gilbert, D.U., Hachmeister, D., Jarchow, S., Kaiser, G.* (Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 2020): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht, 9. Aufl., Gabler Verlag, 2020
- Thonemann, Ulrich* (Operations Management, 2010): Operations Management, Konzepte, Methoden und Anwendungen, 2. Aufl., Pearson Studium Verlag, 2010
- Töllner, A., Jungmann, T., Bücken, M., Brutscheck, T.* (Modellierung, 2010): Modelle und Modellierung, in: *Bandow, G., Holzmüller, Hartmut H.* (Hrsg.), Das ist gar kein Modell, Gabler Verlag, 2010
- Voigt, R.*, (Hrsg.) (Volkswirtschaft, 2018): Handbuch Staat, 1. Aufl., VS Verlag für Sozialwissenschaften, 2018
- Weber, Alfred* (Standorttheorie, 1909): Über den Standort der Industrien, Erster Teil. Reine Theorie des Standorts, 1. Aufl., Verlag von J. C. B. Mohr, 1909

Werners, Brigitte (Standorttheorie, 2006): Grundlagen des Operations-Research, 1. Aufl., Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2006

Fachpublikationen und Journale

Baumol, William, J., Wolfe, Philip (Warehouse-Location Problem, 1958): A Warehouse-Location Problem, in: Operations-Research, Vol. 6, No.2, 1958, S. 165-302

Buettner, Thiess, Ruf, Martin (Steuersätze, 2005): Tax incentives and the location of FDI: evidence from a panel of German multinationals, in: Discussion Paper, Series 1: Economic Studies, No.17/2005, S. 151-164

Bénassy-Quéré, Agnes, Fontagne, Lionel, Lahreche-Revil, Amina (Wechselkursauswirkungen, 2001): Exchange-Rate Strategies in the Competition for Attracting Foreign Direct Investment, in: Journal of the Japanese and international Economies, Vol. 15, Issue 2, June 2001, S. 178-198

Direction Économie Circulaire et Déchets, (French WEEE Register, 2020): French WEEE Register for Producers of Electrical and Electronic Equipment, in: User Guide for authorized Representatives, January 2020, S. 2 - 22.

Dorn, F., C. Fuest, M., Götttert, C., Krolage, S., Lautenbacher, S., Link, A., Peichl, M., Reif, S., Sauer, M., Stöckli, K., Wohlrabe, T., Wollmershäuser, T. (Wirtschaftliche Gesamtkosten, 2020): A Note on the Optimum Location of New Machines in Existing Plant Layouts, in: ifo Schnelldienst 73 Nr. 6, 13. Mai 2020, S. 6 – 7.

European, Commission, (WEEE collection, 2017): WEEE compliance promotion exercise, Final Report, in: Bipro, December 2017, S. 62 - 64.

Fallgatter, Michael (Standortwahl, 2006): Standortwahl bei Unternehmensgründungen, in: Das Wirtschaftsstudium, Vol. 35.2006, S. 75-80

Francis, Richard, L. (Optimale Position, 1963): A Note on the Optimum Location of New Machines in Existing Plant Layouts, in: Journal of Industrial Engineering 14 (1963), S. 57-59

Rahmaniani, Ragheb, Saidi-Mehrabad, Mohammad, Ashouri, Hojjat (Capacitated Facility Location Problem, 2013): Robust Capacitated Facility Location Problem: Optimization Model and Solution Algorithms, in: Journal of Uncertain Systems, Vol.7, No. 1, S. 22-35

Radtke, Katrin (Weltrisikobericht, 2019): Weltrisikobericht 2019, Fokus Wasserversorgung, in: Bündnis Entwicklung hilft, S. 48-59

Schilling, D.A., Rosling, K.E., ReVelle, C.S. (Medianproblem, 2000): Network distance characteristics that affect computational effort in p-median location problems, in: European Journal of Operational Research, Heft 3/2000, S.525-536

Zanker, Claus (Lohn-und Arbeitskosten, 2018): Branchenanalyse Logistik, Der Logistiksektor zwischen Globalisierung, Industrie 4.0 und Online-Handel, in: Study Nr. 390 – Juni 2018, S. 122 – 126

Quellenverzeichnis (andere):

LINDO Systems Inc. (Lingo, 2020): Lingo the modeling language and optimizer, (Bedienungsanleitung des Programms Lingo von Lindo Systems, 2020

Internetquellen:

An Overview of LINGO (Lindo Systems Inc. 2020): LINGO 18.0 – Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear, and Integer Programming, <

<https://www.lindo.com/index.php/products/lingo-and-optimization-modeling> > (keine Datumsangabe), S. 1. [Zugriff 2020-16-05]

Ahlswede, Andreas, (Statista, 2019): Ranking der weltweiten Länder nach der Qualität der Straßen im Jahr 2019, Index, <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/193199/umfrage/gefaehrdeste-laender-laut-weltrisikoindex/>> (2019-11-12) [Zugriff 2020-04-06]

Bhatnagar, Gaurav (Political Risk Map Report, 2020): Political Risk Map 2020: Handelskonflikte belasten die politische Stabilität, <<https://www.marsh.com/de/de/insights/research-briefings/political-risk-map-2020.html>> (2019-03-01) [Zugriff 2020-06-06]

Breitkopf, A., (Statista, 2019): Länder mit dem größten Gefährdungsgrad durch Naturkatastrophen laut Weltrisikoindex 2019, <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/193199/umfrage/gefaehrdeste-laender-laut-weltrisikoindex/>> (2019-09-12) [Zugriff 2020-05-21]

Brien, Jörn (t3n digital pioneers, 2020): Steuervermeidung von Amazon, Apple und anderen angeblich 100 Milliarden Dollar schwer, <<https://t3n.de/news/steuervermeidung-amazon-apple-1229795/>> (2019-12-05) [Zugriff 2020-04-18]

BRS (Business Risk Service, 2020): Business Environment Risk Intelligence, Risk Ratings, Analyses, and Forecasts for over 140 countries, <<https://www.beri.com/Publications/BRS.aspx>> (2019-04-08) [Zugriff 2020-04-08]

Bmwi, (Bmwi, 2020): Freihandelsabkommen der EU, <<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Aussenwirtschaft/freihandelsabkommen-der-eu.html>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-04-13]

- Europäischer Rat* (EU, 2020): EU-Handelsabkommen, <<https://www.consilium.europa.eu/de/policies/trade-policy/trade-agreements/>> (2019-11-26) [Zugriff 2020-06-06]
- Eurostat* (Frachttransport, 2017): Freight transport statistics, <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Freight_transport_statistics> (2019-06-16) [Zugriff 2020-04-26]
- Firma.de* (Lohnnebenkosten, 2020): Lohnnebenkosten: Was zahlt der Arbeitgeber? Übersicht und Beispiel, <<https://www.firma.de/rechnungswesen/lohnnebenkosten-was-zahlt-der-arbeitgeber-beispiel/>> (2020-01-07) [Zugriff 2020-04-26]
- Georg, Stephan* (Entfernungsrechner): Entfernungsrechner, <<http://www.geomidpoint.com/>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-05-03]
- Geo Midpoint* (Midpoint Calculator, 2007-2020): Geographic Midpoint Calculator, <<http://www.geomidpoint.com/>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-05-03]
- Google*, (Google Maps, 2020): Die Stadt Metz, <<https://www.google.de/maps/place/Metz,+Frankreich/@48.8634694,5.8965666,8.82z/data=!4m13!1m7!3m6!1s0x47c2d557b14c6403:0x260af13f80091761!2sLomme,+59160+Lille,+Frankreich!3b1!8m2!3d50.6457268!4d2.9877112!3m4!1s0x4794dc1b6074b6a9:0x596be4b635bba669!8m2!3d49.1192761!4d6.1756897>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-06-03]
- Google*, (Google Maps, 2020): Regionaler Naturpark Ardennen, <https://www.google.de/maps/place/Regionaler+Naturpark+Ardennen/@49.8522852,4.6212927,10z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0xf26b95d67c4f68a5?sa=X&ved=2ahUKEwifwOCineDpAhUA2MBHXYpDnQQ_BlwC3oECBMQCA> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-06-04]

- Gries, Lothar* (boerse.ARD, 2019): Naturkatastrophen 2019, 150 Milliarden Dollar Schäden weltweit, <<https://www.tagesschau.de/inland/naturkatastrophen-munich-re-101.html>> (2020-01-08) [Zugriff 2020-05-21]
- Handel* (Europäische Union, 2020): Für offenen und fairen Welthandel, <https://europa.eu/european-union/topics/trade_de> (2019-11-06) [Zugriff 2020-05-10]
- Jerzy, Nina* (Capital, 2019): Die 5 besten Länder für Unternehmer, <<https://www.capital.de/karriere/die-besten-laender-fuer-gruender>> (2019-04-08) [Zugriff 2020-04-13]
- Jüngst, Ilona* (Eurotransport, 2020): Weltweiter Fachkräftemangel, Lkw-Fahrer heiß begehrt, <<https://www.eurotransport.de/artikel/weltweiter-fachkraef-temangel-lkw-fahrer-heiss-begehrt-11152069.html>> (2020-02-19) [Zugriff 2020-04-25]
- Lammi, Julia* (Elektroniknet, 2020): Corona-Pandemie, Lieferketten unter Stress, <<https://www.elektroniknet.de/elektronik/distribution/lieferketten-unter-stress-175256.html>> (2019-04-03) [Zugriff 2020-22-06]
- Länder* (Europäische Union, 2020): Die 27 Mitgliedsstaaten in der EU, <https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_de> (2019-05-04) [Zugriff 2020-05-06]
- Lindo Systems* (Lindo Systems Inc. 2020): The Lindo Story, <<https://www.lindo.com/index.php/company/the-lindo-story>> (keine Datumsangabe), S. 1. [Zugriff 2020-16-05]
- Map Developers* (Geocode Finder, keine Datumsangabe): Geocode Finder, Map your location and provide geocoded information about that address, <<http://www.geomidpoint.com/>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-05-03]

- Mehren, Dennis* (Deutsche Recycling, 2020): The WEEE EU Directive: Distribution and disposal of electrical appliances in the EU, <<https://deutsche-recycling.de/en/weee-eu-directive/>> (Keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-11-06]
- Meindl, Hanspeter* (Industry of Things, 2020): Das Beste zweier Welten: der Digital Twin, <<https://www.industry-of-things.de/das-beste-zweier-welten-der-digital-twin-a-900237/>> (2020-02-03) [Zugriff 2020-06-19]
- Rogers, Jim* (PRS Group, 2020): The international Country Risk Guide (ICRG), <<https://www.prsgroup.com/explore-our-products/international-country-risk-guide/>> (2019-04-08) [Zugriff 2020-04-08]
- Staubhaar, Thomas* (DVZ, 2019): Fachkräftemange in der Logistik, <<https://www.eurotransport.de/artikel/weltweiter-fachkraeftemangel-lkw-fahrer-heiss-begehrt-11152069.html>> (2019-04-15) [Zugriff 2020-04-25]
- Steuern* (Europäische Union, 2020): Unternehmensbesteuerung in der EU, <https://europa.eu/youreurope/business/taxation/business-tax/company-tax-eu/index_de.htm> (2019-05-27) [Zugriff 2020-06-06]
- Urmersbach, Bruno* (Lohnnebenkosten, 2020): Lohnnebenkosten auf 100 Euro Bruttoverdienst in der Privatwirtschaft in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union in den Jahren 2017 bis 2019, <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/182879/umfrage/lohnnebenkosten-in-der-eu/>> (2020-05-22) [Zugriff 2020-04-26]
- Wirtschaftslexikon24* (Definition, 2020): Ingangsetzungskosten, <<https://www.prsgroup.com/explore-our-products/international-country-risk-guide/>> (Keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-06-13]

Zoll (Europäische Union, 2020): Die EU-Zollunion in der Praxis, <https://europa.eu/european-union/topics/customs_de> (2019-02-03) [Zugriff 2020-05-06]

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 Übersee-transporten – 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., Mönnig, M., Koop, W., Kleffmann, M., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Logistikqualifikation und Gamification – Softwareentwicklung und Pilotierung der MARTINA-App
- Band 55 Metzlauff, 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

ISBN (Print) 978-3-89275-178-6

ISSN (Print) 1866-0304

ISBN (eBook) 978-3-89275-179-3

ISSN (eBook) 2569-5355



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

FOM Hochschule

ild

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Die mit bundesweit über 57.000 Studierenden größte private Hochschule Deutschlands 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



Im Forschungsblog werden unter dem Titel „FOM forscht“ Beiträge und Interviews rund um aktuelle Forschungsthemen und -aktivitäten der FOM Hochschule veröffentlicht.

Besuchen Sie den Blog unter fom-blog.de