

Thomas Hanne
Rolf Dornberger

Computational Intelligence in Logistik und Supply Chain Management



Springer Gabler

Computational Intelligence in Logistik und Supply Chain Management

Thomas Hanne • Rolf Dornberger

Computational Intelligence in Logistik und Supply Chain Management



Springer Gabler

Thomas Hanne
Institut für Wirtschaftsinformatik
Fachhochschule Nordwestschweiz
Olten, Schweiz

Rolf Dornberger
Institut für Wirtschaftsinformatik
Fachhochschule Nordwestschweiz
Basel, Schweiz

This book is a translation of the original English edition “Computational Intelligence in Logistics and Supply Chain Management” by Hanne, Thomas, published by Springer Nature Switzerland AG in 2017. The translation was done with the help of artificial intelligence (machine translation by the service DeepL.com). A subsequent human revision was done primarily in terms of content, so that the book will read stylistically differently from a conventional translation. Springer Nature works continuously to further the development of tools for the production of books and on the related technologies to support the authors.

ISBN 978-3-031-21451-6

ISBN 978-3-031-21452-3 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-031-21452-3>

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

Springer Gabler

© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert an Springer Nature Switzerland AG 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Susanne Kramer

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Nature Switzerland AG und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Vorwort

In den letzten Jahrzehnten haben sich Logistik und Supply Chain Management (SCM) zu einem der am häufigsten und intensivsten diskutierten Bereiche in Management und Wirtschaft entwickelt. Obwohl viele der in der Logistik und im SCM verwendeten Ideen und Konzepte schon recht alt sind, wurden große Anstrengungen unternommen, um sie in die Praxis zu übertragen und weiter zu verbessern. Es sind zahlreiche Veröffentlichungen sowohl in der akademischen als auch in der anwendungsorientierten Literatur erschienen. Logistik und SCM haben sich zu Bereichen entwickelt, die reich an Innovationen und Fortschritten sind.

Trotz dieser vielversprechenden Entwicklungen gibt es immer noch Hindernisse, um fortschrittliche Visionen einer verbesserten Planung und Zusammenarbeit entlang logistischer Prozesse und Lieferketten in die Realität umzusetzen. Einerseits gibt es viele praktische Probleme, wie z. B. die Verfügbarkeit und transparente Verarbeitung von Informationen, Schwierigkeiten beim Aufbau von Kooperationen oder aufgrund eines zunehmend unsicheren oder sich schnell verändernden Planungsumfelds. Zum anderen zeigt sich immer deutlicher, dass die zugrundeliegenden Planungsprobleme selbst dann sehr komplex und schwer zu lösen sind, wenn die entsprechenden Daten vollständig verfügbar und sicher sind.

Aus rechnerischer Sicht können viele dieser Probleme als NP-schwer bezeichnet werden, was bedeutet, dass die Anzahl der möglichen Lösungen exponentiell mit der Problemgröße zunimmt und dass vermutlich keine Algorithmen existieren, die sie innerhalb akzeptabler Zeitgrenzen exakt lösen können – zumindest wenn die Probleme „ziemlich groß“ sind. Leider können die meisten Probleme der realen Welt als ziemlich groß angesehen werden.

Vor allem in den letzten 20 Jahren wurden diese Probleme in der akademischen Literatur intensiv untersucht, und es wurden viele geeignete Lösungsansätze vorgeschlagen. Da die Probleme in der Regel nicht innerhalb einer akzeptablen Zeit exakt gelöst werden können, erlauben diese Methoden, ausreichend gute, wenn auch nicht unbedingt optimale Lösungen zu finden.

Eine der immer noch wachsenden Strömungen von Methoden gehört zum Bereich der Computational Intelligence (CI), der hauptsächlich Ansätze umfasst, die von Konzepten aus der Natur inspiriert sind, z. B. der natürlichen Evolution oder

dem Verhalten von Schwärmen. Diese Methoden basieren auf allgemeinen heuristischen Ideen und Konzepten zur Problemlösung, die – mit einigen Anpassungen – auf ein breites Spektrum von Problemen angewendet werden können. Um diese Methoden von einfachen Heuristiken zu unterscheiden, die oft sehr spezifisch für einen einzigen Problemtyp sind, werden sie auch als Metaheuristiken bezeichnet.

Obwohl die entsprechenden Computational-Intelligence-Methoden in zahlreichen Anwendungen im Zusammenhang mit Logistik und Supply Chain Management untersucht wurden, werden sie in allgemeinen Lehrbüchern in diesen Bereichen kaum behandelt. Die Behandlung formaler Planungsprobleme in diesen Büchern geht oft nicht über einige recht einfache und allgemeine Ergebnisse hinaus, die in der Praxis oft nicht anwendbar sind, wie z. B. die mehr als 100 Jahre alte Gleichung zur Berechnung wirtschaftlicher Bestellmengen.

Das Buch soll diese Lücke zwischen allgemeinen Lehrbüchern in Logistik und Supply Chain Management und neueren Forschungen zu formalen Planungsproblemen und entsprechenden Algorithmen schließen. Es konzentriert sich auf Ansätze aus dem Bereich der Computational Intelligence und anderer Metaheuristiken zur Lösung der komplexen operativen und strategischen Probleme in diesen Bereichen.

Das Buch richtet sich somit an Leser, die von einführenden Texten über Logistik und Supply Chain Management zur wissenschaftlichen Literatur übergehen wollen, die sich mit der Anwendung fortgeschrittener Methoden beschäftigt. Dazu werden aktuelle Beschreibungen der entsprechenden Probleme und geeignete Methoden zu deren Lösung bereitgestellt. Das Buch richtet sich in erster Linie an Studierende und Praktiker als potentielle Leser. Es kann als zusätzliches Nachschlagewerk für Grundkurse in Logistik, Supply Chain Management, Operations Research oder Computational Intelligence oder als Hauptlehrmittel für einen entsprechenden Postgraduiertenkurs verwendet werden. Praktiker können das Buch lesen, um sich mit fortgeschrittenen Methoden vertraut zu machen, die in ihrem Arbeitsbereich zum Einsatz kommen können. Für den Leser wird ein grundlegendes Verständnis der mathematischen Notation und Algebra sowie einführendes Wissen über Operations Research (z. B. über den Simplex-Algorithmus oder Graphen) empfohlen.

Das Buch ist wie folgt gegliedert: Die ersten beiden Kapitel bieten allgemeine Einführungen in Logistik und Supply Chain Management einerseits und in Computational Intelligence andererseits. In den folgenden Kapiteln werden spezifische Bereiche der Logistik und des Supply Chain Management behandelt, die wichtigsten Probleme dieser Bereiche herausgearbeitet und Lösungsansätze diskutiert. In Kap. 3 werden Probleme der Transportplanung, wie z. B. verschiedene Arten von Vehicle-Routing-Problemen, betrachtet. In Kap. 4 werden Probleme aus dem Bereich der Produktions- und Lagerverwaltung erörtert. Kap. 5 befasst sich mit Planungsaktivitäten auf einer feineren Granularitätsebene, die üblicherweise als Scheduling bezeichnet wird. Während die Kap. 3 bis 5 eher Planungsprobleme behandeln, die auf der operativen Ebene auftreten, werden in Kap. 6 die strategischen Probleme bei der Gestaltung einer Lieferkette oder eines Netzwerks erörtert. Das letzte Kapitel gibt einen Überblick über akademische und kommerzielle Software und Informationssysteme für die diskutierten Anwendungen.

Wir hoffen, den Lesern einen umfassenden Überblick mit spezifischen Details über den Einsatz von Computational Intelligence in Logistik und Supply Chain Management zu geben.

Olten, Schweiz
Basel, Schweiz

Thomas Hanne
Rolf Dornberger

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in Logistik und Supply Chain Management	1
1.1	Das Konzept der Logistik und des Lieferkettenmanagements.	1
1.2	Eine kurze Geschichte der Logistik.	4
1.3	Jüngste Trends und die moderne Bedeutung der Logistik.	5
1.4	Die Notwendigkeit einer besseren Planung.	10
	Literatur.	13
2	Computational Intelligence	15
2.1	Grundlagen von Computational Intelligence.	15
2.1.1	Künstliche Intelligenz, Computational Intelligence und verwandte Techniken	15
2.1.2	Eigenschaften von Computational Intelligence	18
2.1.3	Das große Bild von Computational Intelligence	20
2.1.4	Anwendungsbereiche von Computational Intelligence	22
2.2	Methoden der Computational Intelligence.	25
2.2.1	Evolutionäre Berechnungen – Evolutionary Computation	25
2.2.2	Evolutionäre Algorithmen – Evolutionary Algorithms	26
2.2.3	Schwarmintelligenz – Swarm Intelligence	36
2.2.4	Neuronale Netze – Neural Networks	39
2.2.5	Fuzzy-Logik – Fuzzy Logic.	40
2.2.6	Künstliches Immunsystem – Artificial Immune Systeme	41
2.2.7	Weitere verwandte Methoden	41
	Literatur.	44
3	Transportprobleme	47
3.1	Zuordnungsprobleme	48
3.2	Kürzeste Wege	49
3.3	Das Travelling-Salesman-Problem	51
3.4	Methoden zur Lösung des Travelling-Salesman-Problems	54
3.4.1	Heuristiken für das Travelling-Salesman-Problem	55
3.4.2	Evolutionäre Algorithmen für das Travelling-Salesman- Problem	56

3.4.3	Andere Metaheuristiken und neuronale Netze für das Travelling-Salesman-Problem	60
3.4.4	Über die Leistungsfähigkeit von Lösungsansätzen	62
3.5	Das Vehicle-Routing-Problem	63
3.5.1	Das Vehicle-Routing-Problem mit Zeitfenstern.	64
3.5.2	Das Vehicle-Routing-Problem mit mehreren Fahrzeugen . . .	65
3.5.3	Das Vehicle-Routing-Problem mit mehreren Depots.	66
3.5.4	Weitere Problemvarianten	67
3.6	Lösungsansätze für Vehicle-Routing-Probleme.	68
3.7	Abhol- und Zustellprobleme	71
3.8	Netzwerk-Flussprobleme	73
	Literatur.	74
4	Bestandsplanung und Losgrößenbestimmung	79
4.1	Die Notwendigkeit einer Bestandsplanung	79
4.2	Wirtschaftliche Bestellmengen und Sicherheitsbestände	81
4.3	Losgrößenprobleme mit beschränkten Kapazitäten.	86
4.4	Lösungsansätze für kapazitätsbezogene Losgrößenprobleme.	89
4.5	Planung des Lagerbetriebs	92
4.6	Lagerorte	94
4.7	Inventory Routing	95
	Literatur.	102
5	Scheduling	107
5.1	Einleitung.	107
5.2	Einfache Regeln und Heuristiken	108
5.3	Standard-Scheduling-Probleme	112
5.3.1	Job-Shop-Scheduling	113
5.3.2	Flow-Shop-Scheduling	115
5.3.3	Open Shop Scheduling.	116
5.4	Spezifische Scheduling-Probleme in der Logistik.	117
5.5	Lösung von Scheduling-Problemen mit Techniken der Computational Intelligence	119
5.5.1	Aspekte der Kodierung	120
5.5.2	Verwendung von Metaheuristiken im Scheduling.	125
	Literatur.	126
6	Standortplanung und Netzwerkgestaltung	129
6.1	Standortplanung als multikriterielles Entscheidungsproblem	129
6.2	Diskrete Standortprobleme	132
6.2.1	Das p-Median-Problem	132
6.2.2	Das p-Center-Problem	137
6.2.3	Das Unkapazitierte Facility Location-Problem (UFLP)	139
6.2.4	Das Capacitated Facility Location Problem (CFLP).	142
6.3	Kontinuierliche Standortprobleme.	144

6.3.1	Das „Uncapacitated Multi-facility Weber Problem“ (UMWP)	145
6.3.2	Das Capacitated Multi-facility Weber Problem (CMWP).....	148
6.4	Location-Routing-Probleme	151
6.5	Probleme mit Hub-Standorten	154
6.6	Multi-Echelon-Netzwerkgestaltung.....	156
6.7	Schlussfolgerungen	157
	Literatur.....	158
7	Intelligente Software für die Logistik	163
7.1	Allgemeine Optimierungssoftware	163
7.1.1	Erstellen eines geeigneten Modells für die Optimierungssoftware	165
7.1.2	Integration von Optimierungssoftware mit Logistikanwendungen	166
7.1.3	Anpassung der Methode an das zu betrachtende Problem	167
7.2	Software mit spezifischen Optimierungsalgorithmen oder für spezifische Optimierungsprobleme	168
7.3	Allgemeine Business-Software	171
7.4	Logistik-Software	174
7.4.1	Lagerverwaltungssysteme	174
7.4.2	Software für die Transportplanung	176
7.4.3	Software für das Packen und Laden.....	177
7.5	Schlussfolgerungen	178
	Literatur.....	179
	Anhang A. Kurzbiographien der Autoren	181

Danksagungen

Die Autoren danken ihrem Arbeitgeber, der Fachhochschule Nordwestschweiz, insbesondere dem Fachbereich Wirtschaft, für die Unterstützung beim Lektorat des Buches. Unser besonderer Dank gilt Christine Lorgé, Assistentin an unserem Institut für Wirtschaftsinformatik, die dieses Fachbuch mit großer Leidenschaft gelesen hat, obwohl sie nicht aus diesen Disziplinen kommt.

Unsere tiefe Dankbarkeit gilt unseren geliebten Familien, d. h. unseren Frauen und Kindern. Als Professoren, die in Forschung und Lehre tätig sind, Rolf zusätzlich als Institutsleiter und Thomas als Leiter eines der Kompetenzzentren, verbringen wir so viel Zeit mit der Arbeit, dass wir immer das Gefühl haben, dass unsere Familien zu kurz kommen. Deshalb möchten wir ihnen unseren größten Dank für ihr großes Verständnis und ihre unermüdliche Unterstützung aussprechen! Thomas dankt außerdem seiner Frau Doris für das Korrekturlesen einiger Kapitel, für die Diskussion einiger Inhalte und für die Unterstützung bei den Listen der Symbole und Akronyme.

Liste von Symbolen

λ	Anzahl der Nachkommen (Parameter einer Evolutionsstrategie)
π	Permutation
$\Re$	Menge der reellen Zahlen
ρ	Anzahl der rekombinierten Eltern (Parameter einer Evolutionsstrategie)
σ	Standardabweichung, Vorhersagefehler
σ_d	Standardabweichung für die Nachfrage
σ_{LT}	Standardabweichung für die Vorlaufzeit
μ	Anzahl der Eltern (Parameter einer Evolutionsstrategie)
A	(zulässige) Menge von Alternativen, Suchraum
A, B	Start- und Zielort eines Transports
a	Kapazitätsbedarf pro Einheit
a_i	Kapazitätsbedarf am Standort i
(a_{i1}, a_{i2})	Koordinaten des Kunden i
a_{ij}	Einflussfaktoren (in der Particle Swarm Optimization)
a_p	Kapazitätsbedarf pro Einheit von Produkt p
at_i	Ankunftszeit von Auftrag i
b	Kapazitätsbedarf pro Rüstvorgang/Setup
C, C_i	Erledigungszeit (von Auftrag i)
c, c_t	Kosten, Stückkosten
c_i^{best}, c_i^{global}	Beschleunigungsfaktoren (bei der Particle Swarm Optimization)
c_{ij}	Transportkosten (zwischen i und j)
C_{max}	Gesamtdurchlaufzeit
D	Gesamtbedarfsmenge (im Zeithorizont)
$d(.,.)$	Abstandsfunktion
dd_i	Fälligkeitsdatum des Auftrags i
d_{ij}	Abstand zwischen i und j
dl_i	Deadline für Auftrag i
d_p	Nachfrage nach Produkt p
d_t	Nachfrage in t

$\hat{d}_t$	Voraussichtliche Nachfrage in t
$\bar{d}$	Durchschnittliche Nachfrage
E	Menge der Kanten eines Graphen
ea	Verfrühung
e_i	Kante eines Graphen
$f(\cdot)$	Zielfunktion
f_i	Fertigstellungszeit
f_j	Einrichtungskosten des Standorts j
$G = (V, E)$	Graph
$G = (V, E, c)$	Graph mit Gewichten (die den Kosten entsprechen)
h, h_p, h_p	(Stück-) Lagerkosten
h^r	Lagerkostensatz
i_{pt}	Bestand des Produkts p in t
i_{pt}^A, i_{pt}^B	Bestand des Produkts am Ort $A(B)$ in t
i_t	Bestand in t
L	Menge von Standorten
L^C	Menge der Kundenstandorte
L^D	Menge der Depotstandorte
$\underline{LT}$	Vorlaufzeit (Lead Time)
$\overline{LT}$	Durchschnittliche Vorlaufzeit
la	Verspätung
l_i	Standort
l_j^C	Standort eines Kunden
l_j^D	Standort eines Depots
M	Große konstante Zahl
m	Anzahl der Neuronen
$N(0, \sigma)$	Normalverteilung mit Erwartungswert 0 und Standardabweichung σ
n	Anzahl der Variablen (z. B. Orte in einer Tour)
$n!$	Fakultät von n
$O(\cdot)$	Laufzeitkomplexität eines Algorithmus (Groß-O-Schreibweise)
P	Teilmenge der Standorte
p	Preis pro Einheit
p	Anzahl der zu eröffnenden Standorte bei einem p -Median-Problem
p^{global}	Global beste Position eines Partikels (in der Particle Swarm Optimization)
p_i	Partikel i (in der Particle Swarm Optimization)
p_i^{best}	Beste vorherige Position von Partikel i (in der Particle Swarm Optimization)
p_{ij}	Bearbeitungszeit von Auftrag i (auf Maschine j)
q, q_j	Kapazität (z. B. eines Fahrzeugs oder eines Standorts)
q_{ij}	Transportierte Menge zwischen zwei Orten
RP	Bestellpunkt (Reorder Point)

r_i^{best}, r_i^{global}	Zufällige Koeffizienten (in der Particle Swarm Optimization)
S	Menge von Standorten der Einrichtungen
SS	Sicherheitsbestand (Safety Stock)
s_i	Startzeit des Auftrags i
s_{ik}	Ankunftszeit des Fahrzeugs k am Ort i
s_i^{max}	Letzte Ankunftszeit am Ort i (mit angegebenem Zeitfenster)
s_i^{min}	Früheste Ankunftszeit am Ort i (mit angegebenem Zeitfenster)
T	Planungshorizont, Zeithorizont, Gesamtzahl der Perioden
t_{ij}	Fahrzeit von i nach j
u, u_b, u_p	Fixkosten pro Auftrag, Rüstkosten eines Produktionsprozesses
U_i	Bestellung bis zu einer bestimmten Menge eines Produkts i (Order-up-to level)
V	Menge der Knoten eines Graphen, Menge der Fahrzeuge
v_i	Knoten eines Graphen, Geschwindigkeitsvektor eines Partikels (in der Particle Swarm Optimization)
w_i	Trägheitsgewicht (in der Particle Swarm Optimization)
w_L, w_E	Gewichte (für Verspätung und Verfrühung)
w_t	Produktionskapazität in Periode t
$x, x_{ij}, x_{ijk}, x_{pt}$	Entscheidungsvariablen
x_o	Wirtschaftliche Bestellmenge (Economic Order Quantity)
x_t	Produktionsmengen in t
y_b, y_{pt}	Binäre Entscheidungsvariablen
Z	Service Level
z	Hilfsvariable für Zielfunktionswerte
z_{it}	Binäre Variablen (die angeben, ob der Knoten i zum Zeitpunkt t besucht wird)

Liste der Abkürzungen und Akronyme

2E-VRP	Zwei-Echelon Vehicle Routing Problem
ABC	Artificial Bee Colony
ACO	Ant Colony Optimization
AGV	Fahrerlose Transportfahrzeuge (Automated Guided Vehicles)
AI	Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence)
AIMMS	Advanced Interactive Multidimensional Modeling System
AIS	Künstliches Immunsystem (Artificial Immune System)
AMPL	A Mathematical Programming Language
ANN	Künstliches neuronales Netz (Artificial Neural Network)
AP	Alternating Position Crossover
APS	Advanced Planning System oder Advanced Planning and Scheduling
AS/RS	Regalbediengerät (Automated Storage/Retrieval System)
ATP	Available-to-promise (Funktionalität, die in APS zur Unterstützung der Auftragszusage und -erfüllung verwendet wird)
BA	Bienen-Algorithmus
BE	Bionic Engineering
BOM	Stückliste (Bill Of Materials)
CCLSP	Koordiniertes Losgrößenproblem mit Kapazitäten (Coordinated Capacitated Lot-Sizing Problem)
CFLP	Problem der Standortplanung mit Kapazitäten Einrichtung (Capacitated Facility Location Problem)
CI	Computational Intelligence
CMA	Anpassung der Kovarianzmatrix
CMA-ES	Evolutionsstrategie mit Anpassung der Kovarianzmatrix
CMWP	Weber-Problem bei mehreren kapazitätsbeschränkten Einrichtungen (Capacitated Multi-facility Weber Problem)
COI	Cube-per-Order-Index
CS	Cuckoo Search
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals

CULSP	Koordiniertes Losgrößenproblem ohne Kapazitäten (Coordinated Uncapacitated Lot-Sizing Problem)
CVRP	Problem der Tourenplanung mit kapazitätsbeschränkten Fahrzeugen (Capacitated Vehicle Routing Problem)
CX	Cycle – Crossover
DE	Differential Evolution
DLL	Dynamisch verknüpfte Bibliothek (Dynamic Linked Library)
DPSO	Diskrete Partikelschwarmoptimierung (Discrete Particle Swarm Optimization)
DPX	Abstandserhaltendes Crossover
EA	Evolutionärer Algorithmus
EC	Evolutionäre Berechnungen (Evolutionary Computation)
ELS	Wirtschaftliche Losgröße (Economic Lot Size)
EOQ	Wirtschaftliche Bestellmenge (Economic Order Quantity)
EP	Evolutionäre Programmierung
ER	Genetisches Kantenrekombination-Crossover (Genetic Edge Recombination Crossover)
ERP	Enterprise Resource Planning
ERX	Kantenrekombination-Crossover (Edge Recombination Crossover)
ES	Evolutionsstrategie
FA	Firefly-Algorithmus
FIFO	First-in-first-out
FL	Unschärfe Logik (Fuzzy Logic)
FNN	Feedforward Neural Network
GA	Genetischer Algorithmus
GAMS	General Algebraic Modeling System
GCLSP	Allgemeines Losgrößenproblem mit Kapazitäten (General Capacitated Lot-Sizing Problem)
BIP	Bruttoinlandsprodukt
GE	Grammatical Evolution
GEP	Gene Expression Programming
GIS	Geografische Informationssysteme
GNX	Verallgemeinerter n-Punkt-Crossover (Generalized n-Point Crossover)
GP	Genetische Programmierung
GPS	Global Positioning System
GRASP	Greedy Randomized Adaptive Search Procedure
GSO	Glowworm Swarm Optimization (Glühwürmchen-Schwarmoptimierung)
HNN	Neuronale Hopfield-Netze
HS	Harmony Search
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ILS	Iterierte lokale Suche
ILS-FDD	Iterierte lokale Suche mit fitnessdistanzbasierter Diversifizierung

JiT	Just-in-time
LCS	Lernende Klassifizierungssysteme (Learning Classifier Systems)
LGP	Lineare genetische Programmierung
LOX	Linear Order Crossover
LSAP	Linear Sum Assignment-Problem
MA	Memetische Algorithmen
MACS	System mit mehreren Ameisenvölkern (Multiple Ant Colony System)
MCFP	Multicommodity-Flussproblem
MCLC	Kriterium der maximalen Abdeckung des Standorts (Maximal Covering Location Criterion)
MGP	Metagenetische Programmierung
MICLSP	Kapazitätsbeschränktes Losgrößenproblem für mehrere Produkte (Multi-Item Capacitated Lot-Sizing Problem)
MIP	Gemischt-ganzzahlige Optimierungsprobleme
ML	Maschinelles Lernen
MLLSP	Mehrstufiges Problem der Losgrößenbestimmung (Multilevel Lot-Sizing Problem)
MLULSP	Mehrstufiges Losgrößenproblem ohne Kapazitäten (Multilevel Uncapacitated Lot-Sizing Problem)
MNS	Suche in mehreren Nachbarschaften (Multi-Neighborhood Search)
MOO	Mehrzieloptimierung (Multiobjective Optimization)
MPX	Maximal Preservative Crossover
MRP	Materialbedarfsplanung (Material Requirement Planning)
MRP II	Manufacturing Resource Planning
NC	Natürliches Rechnen (Natural Computing)
NN	Neuronale Netze
NP	Nichtdeterministisch Polynomiell (Komplexitätsklasse)
NP-schwer	Komplexitätsklasse
NSGA, NSGA-II	Non-dominated Sorting Genetic Algorithms
OOP	Objektorientierte Programmierung
OpenOPAL	Software-Toolbox für Optimierung und Lernen
OPL	Optimierungsprogrammiersprache
OptimJ	Java-basierte Modellierungssprache für die Optimierung
OX, OX1, OX2	Order (oder Order-based) Crossover
PACO	Populationsbasierte Ameisenkolonie-Optimierung (Population-based Ant Colony Optimization)
PMX	Partially Mapped Crossover
PNN	Neuronale Perceptron-Netze
POS	Positionsbasiertes Crossover
POX	Precedence Preserving Order-based Crossover
PPS	Präzedenzerhaltende Verschiebungsmutation (Precedence Preserving Shift Mutation)
PSO	Partikelschwarm-Optimierung (Particle Swarm Optimization)

RFID	Radio-Frequency Identification
RIL	Verstärkungslernen (Reinforcement Learning)
ROI	Kapitalrendite (Return-on-investment)
RVNS-VNS	Reduzierte und Standard-Variable-Nachbarschaftssuche (Reduced and Standard Variable Neighborhood Search)
SA	Schwarm-Algorithmen
SC	Soft Computing
SCM	Supply Chain Management
SCX	Sequentiell-konstruktives Crossover (Sequential Constructive Crossover)
SI	Schwarmintelligenz
SICLSP	kapazitätsbeschränktes Losgrößenproblem bei einem Produkt (Single-Item Capacitated Lot-Sizing Problem)
SLAP	Problem der Lagerortzuweisung (Stock Location Assignment Problem)
SLSP	Single Link Shipping Problem
SOFM	Selbstorganisierende Merkmalskarten (Self-Organizing Feature Maps)
SOM	Selbstorganisierende Karten (Self-Organizing Maps)
SPEA, SPEA2	Strength Pareto Evolutionary Algorithms
SPT	Kürzeste Bearbeitungszeit (Shortest Processing Time)
SSCFLP	kapazitätsbeschränktes Standortproblem mit einer Quelle (Single Source Capacitated Facility Location Problem)
TMS	Transport-Management-System
TSP	Handlungsreisenden-Problem (Traveling Salesman Problem)
TSPLIB	Bibliothek für Traveling Salesman-Probleme
UFLP	Standortproblem ohne Kapazitäten (Uncapacitated Facility Location Problem)
UMWP	Weber-Problem mit mehreren Standorten ohne Kapazitätsbeschränkungen (Uncapacitated Multi-facility Weber Problem)
USILSP	Losgrößenproblem bei einem Produkt ohne Kapazitätsbeschränkung (Uncapacitated Single Item Lot-Sizing Problem)
VLSN	Sehr groß angelegte Nachbarschaftssuche (Very Large-scale Neighborhood Search)
VND	Variable Neighborhood Descent
VNDS	Variable Neighborhood Decomposition Search
VNS	Variable Nachbarschaftssuche (Variable Neighborhood Search)
VR	Voting Recombination Crossover
VRP	Tourenplanungsproblem (Vehicle Routing Problem)
VRPTW	Vehicle Routing-Problem mit Zeitfenstern (time windows)
WES, WMS	Lagerverwaltungssystem (Warehouse Execution/Management System)
LVS	Lagerverwaltungssystem
ZIO	Bestellung ohne Lagerbestand (Zero Inventory Ordering)

Kapitel 1

Einführung in Logistik und Supply Chain Management



1.1 Das Konzept der Logistik und des Lieferkettenmanagements

Grob vereinfacht kann ein Unternehmen als ein System betrachtet werden, das einen bestimmten Input erhält, daraus Waren oder Dienstleistungen herstellt und den Output an seine Kunden liefert. Diese drei Hauptaktivitäten können als Beschaffung (oder Einkauf), Produktion und Vertrieb (oder Verkauf) bezeichnet werden. Bei Input und Output handelt es sich häufig um physische Objekte oder Materialien, die eine bestimmte Handhabung wie Transport oder Lagerung erfordern, um die Grundfunktionen eines Unternehmens zu erfüllen. Diese Tätigkeiten werden als die Kernaufgaben der Logistik betrachtet (Abb. 1.1).

Genauer gesagt kann die Inputs eines Unternehmens, die oft als Produktionsfaktoren bezeichnet werden, in einen Input, der während der Produktion verbraucht wird, und einen Input, der über einen längeren Zeitraum zur Verfügung steht, unterschieden werden. Die erste Gruppe der Produktionsfaktoren wird oft nur als Material oder Verbrauchsfaktoren bezeichnet, während die zweite Gruppe die klassischen Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit (Personal) umfasst. Diese Faktoren werden oft auch als Ressourcen bezeichnet und umfassen Maschinen, Anlagen und Gebäude. Sie werden während der Produktion nicht verbraucht, aber häufig muss ihre Kapazität (verfügbare Zeit in einem bestimmten Zeitraum) mit der für die Produktion benötigten Zeit in Einklang gebracht werden. Auch „moderne“ Produktionsfaktoren wie Informationen, Humankapital oder Management gehören zu der letztgenannten Gruppe.

In einem eher traditionellen Verständnis bezieht sich die Logistik nur auf die Materialien und könnte daher auch als Materiallogistik bezeichnet werden. Natürlich lassen sich viele Konzepte der Logistik auch auf andere „Objekte“ wie Menschen anwenden. Auch Menschen (z. B. Touristen) müssen transportiert und untergebracht werden.