Edition KWV

Die „Edition KWV“ beinhaltet hochwertige Werke aus dem Bereich der Wirtschaftswissenschaften. Alle Werke in der Reihe erschienen ursprünglich im Kölner Wissenschaftsverlag, dessen Programm Springer Gabler 2018 übernommen hat.

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/16033>

Alexander Weyers

Güterwagenmanagement

Analyse wesentlicher Potenziale des
Eisenbahngüterverkehrs anhand von
Simulationen

Alexander Weyers
Wiesbaden, Deutschland

Bis 2018 erschien der Titel im Kölner Wissenschaftsverlag, Köln

Edition KVV

ISBN 978-3-658-24658-7

ISBN 978-3-658-24659-4 (eBook)

<https://doi.org/10.1007/978-3-658-24659-4>

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

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2007, Nachdruck 2019

Ursprünglich erschienen bei Kölner Wissenschaftsverlag, Köln, 2007

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.

Springer Gabler ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Westfälische Wilhelms Universität in Münster und der Universität zu Köln. Die Motivation zu meiner Forschung entstand durch ein gemeinsames Forschungsprojekt mit einem europäischen Eisenbahnverkehrsunternehmen. Während des Projekts habe ich die Herausforderungen des europäischen Gütertransports kennengelernt. Darüber hinaus habe ich gesehen, welche Möglichkeiten für den Gütertransport der Schienenverkehr bietet.

Mit diesem Vorwort möchte ich all denjenigen danken, die mich während meiner Disziplinationszeit begleitet und unterstützt haben. An erster Stelle möchte ich hier Herrn Univ.-Prof. Dr. Ulrich W. Thonemann danken. Durch seine jederzeitige Gesprächs- und Diskussionsbereitschaft, sein Engagement und seinen Ideen war er Unterstützer und Vorbild zugleich. Des Weiteren ist es ihm immer gelungen eine vertrauensvolle und kontinuierliche Forschungsumgebung zu erschaffen. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Horst Tempelmeier für die Übernahme des Zweitreferats. Herrn Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. Werner Delfmann möchte ich für die Übernahme des Vorsitzes in der Prüfungskommission danken.

Meine Tätigkeit am Seminar wird mir stets in guter Erinnerung bleiben. Durch eine Vielzahl gemeinsamer Aktivitäten haben sich ein toller Teamgeist und viele Freundschaften entwickelt: Wir haben als „Kühe“ an Altweiber das Münsterland erschreckt und ein Jahr später als „Imis“ Köln entdeckt. Für die tolle Arbeitsatmosphäre möchte ich meinen Kollegen Marc Albers, Kerstin Baumgartner, Michael Becker, Andreas Brinkhoff, Nadine Holtvogt, Silke Jütte, Ulf Merschmann, Felix Papier und Marcel Sieke danken. Mein Dank gilt auch meinen ehemaligen Kollegen Kai Hoberg, Peer Kleinau, Karl Hendrik Magnus und Karin Möllering, die mich mit ihrer Erfahrung stets unterstützt haben.

Darüber hinaus möchte ich auch unseren beiden Sekretärinnen, Jeanette Seifert und Christel Fischer, danken, die eine große Hilfe bei allen Verwaltungstätigkeiten waren.

Ferner möchte ich unseren studentischen Hilfskräften meinen Dank aussprechen. Ana- lena Fuchs, Claudia Perl, Vladislav Richter, Jan Wienpahl und Eva Wilbuer möchte ich für ihre engagierte und schnelle Arbeit danken. Dieser Dank gilt auch Katja Henne, Kathrin Rieger und Jingnan Zhu, denen ich außerdem für die perfekte Tutorenarbeit im Rahmen der Veranstaltung „Operations Management“ dankbar bin.

Der Grundstein zur Dissertation wurde durch mein erfolgreiches Studium an der Westfälischen Wilhelms-Universität gelegt. Während des Studiums hat sich ein Kreis von Kommilitonen gebildet, der WiWis-Kreis, innerhalb dessen wir uns gegenseitig inspiriert und angetrieben haben, ohne das gemeinsame Feiern dabei zu vernachlässigen. Beim WiWis-Kreis möchte ich für die tolle Zeit bedanken.

Ebenfalls danken möchte ich meinen langjährigen Freunden Tim Lohse, Christian Sievers, Rafael Schmidt und Andreas Trauten, die stets Ansprechpartner waren.

Besonderen Dank gilt auch meinen Eltern, Christine und Volker Weyers, die mich bei allen meinen Vorhaben immer unterstützt und gefördert haben.

Meinen größten Dank möchte ich meiner Frau, Sara Weyers, aussprechen. Sie hat mich jederzeit unterstützt, motiviert und bestärkt.

Köln, im April 2007

Alexander Weyers

Inhaltsverzeichnis

Vorwort.....	V
Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XIII
Symbolverzeichnis	XIV
1 Einleitung.....	1
2 Grundlagen der Simulation	7
2.1 Einführung in die Simulation.....	7
2.1.1 Begriff der Simulation	7
2.1.2 Vorteile der Simulation.....	11
2.1.3 Nachteile der Simulation	13
2.1.4 Anwendungsbereiche der Simulation	14
2.2 Stufen einer Simulationsstudie	16
2.2.1 Problem- und Zielabgrenzung	17
2.2.2 Konzeptionelle Modellbildung	18
2.2.3 Datenmodellierung.....	20
2.2.4 Implementierung	26
2.2.5 Verifizierung und Validierung.....	29
2.2.6 Durchführung.....	32
2.2.7 Interpretation und Umsetzung	34
3 Darstellung des Simulationsmodells.....	37
3.1 Anforderungen an das Simulationsmodell.....	37
3.1.1 Aufgabenbereich des Güterwagenmanagements	38
3.1.2 Stellhebel des Güterwagenmanagements.....	40
3.1.3 Kennzahlen des Güterwagenmanagements	43
3.2 Detailgrad des Simulationsmodells.....	49
3.2.1 Abbildungsebene der Güterwagen.....	49
3.2.2 Abbildungsebene der Infrastruktur	51
3.2.3 Abbildungsebene der Traktion.....	53
3.2.4 Abbildungsebene der Prozesse	54

3.3	Beschreibung des Simulationsmodells	56
3.3.1	Beschreibung der Modellblöcke der Simulation	56
3.3.1.1	Allgemeine Zusammenhänge der Modellblöcke	57
3.3.1.2	Zentrale Modellblöcke: Erstellung und Disposition	58
3.3.1.3	Lokale Modellblöcke: Knotenbereich	59
3.3.1.4	Verbindender Modellblock: Fernverkehr	63
3.3.2	Beschreibung des Güterwageneinsatzes	63
3.3.2.1	Beschreibung des Güterwageneinsatzes im Allgemeinen	64
3.3.2.2	Beschreibung des Güterwageneinsatzes im Einzelwagen- verkehr	65
3.3.2.3	Beschreibung des Güterwageneinsatzes im Ganzzug- verkehr	67
3.3.3	Beschreibung der Eingabedaten	67
3.3.3.1	Verfahren zur Parameterschätzung	68
3.3.3.2	Verfahren zur Datenabgrenzung	75
3.3.3.3	Eingabedaten: Überblick	76
3.3.3.4	Eingabedaten: Feste Werte	77
3.3.3.5	Eingabedaten: Wahrscheinlichkeiten	80
3.3.3.6	Eingabedaten: Verteilungsfunktionen	82
3.3.4	Beschreibung der Ausgabedaten	89
3.4	Ablauf von Simulationsexperimenten	90
3.4.1	Anfangszustand	91
3.4.2	Durchführungsplanung	91
3.4.3	Validierung	93
4	Simulationsstudien	95
4.1	Konfiguration der Simulation	95
4.1.1	Eingrenzung der Nachfrage	96
4.1.2	Warm-Up-Periodenlänge	100
4.1.3	Lauflänge und Replikationsanzahl	103
4.2	Analyse der Flottengröße	107
4.2.1	Beschreibung der Studie	108
4.2.2	Ergebnisse der Studie	110
4.2.2.1	Einfluss auf die Qualität	110
4.2.2.2	Einfluss auf die Zeiten	115
4.2.2.3	Einfluss auf die Kosten	117

4.3	Analyse der Flottenspezialisierung.....	125
4.3.1	Beschreibung der Studie	125
4.3.2	Ergebnisse der Studie.....	127
4.3.2.1	Flottenspezialisierung von Bestandstyp A und B	127
4.3.2.2	Flottenspezialisierung von Bestandstyp F, G, H und J ...	130
4.3.2.3	Fusionierte Bestandstypen I, II und III	133
4.4	Analyse der Flottennachfrage	140
4.4.1	Beschreibung der Studie	140
4.4.2	Ergebnisse der Studie.....	142
4.4.2.1	Einfluss auf die Qualität.....	142
4.4.2.2	Einfluss auf die Zeiten	145
4.4.2.3	Einfluss auf die Kosten	146
4.5	Analyse der Flottenzeiten.....	150
4.5.1	Beschreibung der Studie	151
4.5.2	Ergebnisse der Studie.....	153
4.5.2.1	Einfluss der gesamten Flottenzeit	153
4.5.2.2	Einfluss der Bestandteile der Flottenzeit	157
4.5.2.3	Beeinflussbarkeit der Bestandteile der Flottenzeit	161
4.5.2.4	Einfluss der Varianz der Flottenzeit.....	164
4.6	Analyse der Flottenlagerung	165
4.6.1	Beschreibung der Studie	165
4.6.2	Ergebnisse der Studie.....	168
4.6.2.1	Einfluss der Flottenlagerung auf die Kennzahlen	169
4.6.2.2	Ableitung von Potenzialen	171
5	Schlussbetrachtungen	175
	Literaturverzeichnis	179

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1:	Güterverkehrsvolumen nach Verkehrsträgern	2
Abb. 2.1:	Abgrenzung von Verifizierung und Validierung	31
Abb. 3.1:	Relevante Stellhebel und Kennzahlen.....	38
Abb. 3.2:	Visualisierung eines Knotenbereichs der Simulation	52
Abb. 3.3:	Visualisierung zweier Knotenbereiche der Simulation.....	53
Abb. 3.4:	Relevante Teilprozesse des Güterwageneinsatzes	55
Abb. 3.5:	Darstellung der Modellblöcke der Simulation.....	57
Abb. 3.6:	Jahresganglinie der Nachfrage je Monat für vier Bedarfstypen	78
Abb. 3.7:	Wahrscheinlichkeit eines Werkstattaufenthalts für 155 Bestandstypen.....	81
Abb. 3.8:	Inlands- versus Auslandswiederbeladungen je Bestandstyp.....	82
Abb. 3.9:	Abhängigkeit der Auslandsdauer vom Wochentag für 155 Bestandstypen.....	83
Abb. 3.10:	Abhängigkeit der Auslandsdauer vom Bestandstyp	84
Abb. 3.11:	Abhängigkeit der Beladungszeit vom Wochentag für 155 Bestandstypen.....	85
Abb. 3.12:	Abhängigkeit der Instandhaltungsdauern vom Bestandstyp für 155 Bestandstypen	88
Abb. 3.13:	Modellierung der Nachfrage in der Simulation	89
Abb. 4.1:	Wochen- versus Monatsschwankungen der Nachfrage	96
Abb. 4.2:	Drei Möglichkeiten der Nachfragemodellierung	99
Abb. 4.3:	Konfiguration der Warm-Up-Periode der Simulation	101
Abb. 4.4:	Konfidenzintervalle zur Replikationsanzahl versus Lauflänge	105
Abb. 4.5:	Simulationsaufwand versus Lauflänge	106
Abb. 4.6:	Konfidenzintervall für vier Kennzahlen in Abhängigkeit der Replikationsanzahl.....	107
Abb. 4.7:	Bedarfsdeckungsquote zur Flottengröße für Bestandstyp G	111

Abb. 4.8: Bedarfsdeckungsquote zur Flottengröße für weitere Bestandstypen.....	112
Abb. 4.9: Bedarfsdeckungsquote zum Auslastungsgrad für weitere Bestands- typen.....	113
Abb. 4.10: Bedarfsdeckungsquote zur Flottengröße bei optimierter Güterwa- genanzahl.....	115
Abb. 4.11: Zeiten des Güterwagenumlaufs zur Flottengröße.....	116
Abb. 4.12: Kilometer und Flottengröße je Transport bei alternativen Flotten- größen.....	118
Abb. 4.13: Abstellzeit und Revisionen je Transport bei alternativen Flottengrö- ßen.....	119
Abb. 4.14: Transport- und Güterwagenkosten bei alternativen Flottengrößen	121
Abb. 4.15: Transport- und Güterwagenkosten zur Bedarfsdeckungsquote	122
Abb. 4.16: Gesamt-, Straf-, Transport- und Güterwagenkosten bei alternativen Flottengrößen	123
Abb. 4.17: Umsatz, Deckungsbeitrag und Gesamtkosten bei alternativen Flot- tengrößen.....	124
Abb. 4.18: Bedarfsdeckungsquoten der Bestandstypen A und B bei unter- schiedlicher Flottenspezialisierung.....	128
Abb. 4.19: Bedarfsdeckungsquoten der Bestandstypen F, G, H und J bei unter- schiedlicher Flottenspezialisierung.....	131
Abb. 4.20: Bedarfsdeckungsquoten der Bestandstypen I, II und III bei unter- schiedlicher Flottenspezialisierung.....	134
Abb. 4.21: Umlauf- und Abstellzeit der Bestandstypen I, II und III bei unter- schiedlicher Flottenspezialisierung.....	135
Abb. 4.22: Güterwagen-, Transport- und Strafkosten der Bestandstypen I, II und III bei unterschiedlicher Flottenspezialisierung.....	136
Abb. 4.23: Deckungsbeitrag der Bestandstypen I, II und III bei unterschiedli- cher Flottenspezialisierung	137
Abb. 4.24: Bedarfsdeckungsquote zur Flottennachfrage.....	142
Abb. 4.25: Bedarfsdeckungsquote zum Auslastungsgrad.....	144

Abb. 4.26: Bedarfsdeckungsquote zum Auslastungsgrad auf Basis der Flotten- nachfrage und -größe.....	145
Abb. 4.27: Zeiten des Güterwagenumlaufs zur Flottennachfrage	146
Abb. 4.28: Abstellzeit und Revisionen je Transport bei alternativen Flotten- nachfragen	148
Abb. 4.29: Gesamt-, Straf-, Transport- und Güterwagenkosten bei alternativen Flottennachfragen.....	149
Abb. 4.30: Deckungsbeitrag gesamt und je Transport bei alternativen Flotten- nachfragen	150
Abb. 4.31: Bedarfsdeckungsquote zu Flottenzeiten.....	154
Abb. 4.32: Umlaufzeit zu Flottenzeiten	155
Abb. 4.33: Kosten zu Flottenzeiten.....	156
Abb. 4.34: Illustration der Wechselwirkungen der Ladevorgänge	158
Abb. 4.35: Auswirkungsquoten der Ladevorgänge	159
Abb. 4.36: Ladezeiten je Ladevorgang zur produktiven Umlaufzeit und Flot- tengröße.....	160
Abb. 4.37: Kosten zur Beladungszeit je Beladungsvorgang.....	161
Abb. 4.38: Maßnahmen zur Reduktion der Ladezeiten	162
Abb. 4.39: Einfluss alternativer Varianzen auf die Kennzahlen.....	164
Abb. 4.40: Bedarfsdeckungsquote zum Vorlaufzeitenindex	172

Tabellenverzeichnis

Tab. 3.1:	Überblick über statistische Anpassungstests.....	70
Tab. 3.2:	Überblick über statistische Schätzmethoden.....	73
Tab. 3.3:	Überblick über die Eingabedaten der Simulation	76
Tab. 3.4:	Quadratische Abweichungen diverser Verteilungen bei der Modellierung der Auslandszeiten.....	84
Tab. 3.5:	Quadratische Abweichungen diverser Verteilungen bei der Modellierung der Beladungszeiten.....	86
Tab. 3.6:	Quadratische Abweichung diverser Verteilungen bei der Modellierung der Ent- und Wiederbeladungszeiten.....	87
Tab. 3.7:	Erfasste Treiber der Simulation mit Bezugspunkten	90
Tab. 4.1:	Auswirkungen der unterschiedlichen Nachfragemodellierung.....	99
Tab. 4.2:	Ergebnisse der Konfiguration der Warm-Up-Periode	102
Tab. 4.3:	Eckdaten der zehn untersuchten Bestandstypen	108
Tab. 4.4:	Kosten-/ Gewinnänderung der Bestandstypen A und B bei unterschiedlicher Flottenspezialisierung und 1.250 Güterwagen	129
Tab. 4.5:	Kosten-/ Gewinnänderung der Bestandstypen F, G, H und J bei unterschiedlicher Flottenspezialisierung und 2.000 Güterwagen	132
Tab. 4.6:	Aggregierte Kennzahlen der Bestandstypen I, II und III bei deckungsbeitragsoptimaler Flottengröße.....	138
Tab. 4.7:	Kosten-/ Gewinnänderung je Transport des Bestandstyps I bei alternativen Konzepten der Flottenlagerung.....	170

Symbolverzeichnis

AG_b	Auslastungsgrad eines Bestandstyps b
AK_b	Anschaffungskosten eines Bestandstyps b
AQ	Auswirkungsquote
b	b-ter Bestandstyp
B	Anzahl an Bestandstypen
β	Rückladequote von Auslandstransporten
BDQ_b	Bedarfsdeckungsquote eines Bestandstyps b
BDQ^*_b	Angepasste Bedarfsdeckungsquote eines Bestandstyps b
BG_b	Beschäftigungsgrad eines Bestandstyps b
c^A_b	Kostensatz der Abstellung eines Bestandstyps b je Tag
$c^{F}_{p,b,l}$	Kostensatz des Transports eines Bestandstyps b je Kilometer in Produktart p und Ladungszustand l
c^H_b	Kostensatz der Abschreibung eines Bestandstyps b je Güterwagen
c^L_b	Kostensatz der Finanzierung eines Bestandstyps b je Güterwagen
c^N_b	Kostensatz der Güterwagenvorhaltung eines Bestandstyps b je Güterwagen
c^R_b	Kostensatz der Revision eines Bestandstyps b je Revisionsereignis
c^S_b	Strafkostensatz eines Bestandstyps b

c_b^U	Kostensatz der Umstellung eines Bestandstyps b je Umstellungsereignis
c_b^W	Kostensatz der Werkstatt eines Bestandstyps b je Werkstattereignis
$CI_{(1-\alpha)}$	Konfidenzintervall $(1-\alpha)$
δ	Abweichung der Konfidenz vom Mittelwert
$d_{p,b,l}^F$	Gefahrene Distanz eines Bestandstyps b in Kilometer in Produktart p und Ladungszustand l
DB_b	Deckungsbeitrag eines Bestandstyps b
E_b^R	Anzahl an Revisionen eines Bestandstyps b
E_b^U	Anzahl an Umstellungen eines Bestandstyps b
E_b^x	Anzahl an Ereignissen des Status x eines Bestandstyps b
E_b^w	Anzahl an kleinen Inspektionen eines Bestandstyps b
ε^2	Kumulierte Quadratische Abweichung bei der Verteilungsanpassung
$\varepsilon_{(1-\alpha)}$	Konfidenz des Konfidenzintervalls $(1-\alpha)$
$F_N(x)$	Beobachtete Werte einer Stichprobe
$F(x)$	Erwartete Werte bei bestimmter Verteilung
FG_b	Flottengröße eines Bestandstyp b
γ	Wiederbeladungsquote der Transporte
GK	Kennzeichnung der gekürzten Nachfrage beim Sammelplatzkonzept
K_b^A	Kosten der Abstellung eines Bestandstyps b

K_b^F	Kosten der Zugförderung eines Bestandstyps b
K_b^G	Gesamtkosten des Güterwageneinsatzes eines Bestandstyps b
K_b^N	Kosten der Güterwagenanschaffung einschließlich Kapitalkosten eines Bestandstyps b
K_b^R	Kosten der Revisionen eines Bestandstyps b
K_b^S	Strafkosten eines Bestandstyps b
k_b^S	Strafkosten eines Bestandstyps b je Transport
K_b^T	Gesamte Güterwagentransportkosten eines Bestandstyps b
k_b^T	Gesamte Güterwagentransportkosten eines Bestandstyps b je Transport
K_b^U	Kosten der Umstellung eines Bestandstyps b
k_b^V	Gesamte Güterwagenvorhaltungskosten eines Bestandstyps b je Transport
K_b^V	Gesamte Güterwagenvorhaltungskosten eines Bestandstyps b
K_b^W	Kosten der kleinen Inspektionen eines Bestandstyps b
λ	Auslandsquote der Transporte
l	l-ter Ladezustand des Güterwagens
L	Anzahl der Ladezustände
LaL_b	Anzahl Transporte eines Bestandstyps b
ND_b	Nutzungsdauer eines Bestandstyps b
O_b	Anzahl Bestellungen eines Bestandstyps b

P	p-te Produktart des Güterwagens
P	Anzahl Produktarten
PO	Eingrenzung der Nachfrage beim Sammelplatzkonzept, auf diejenigen, die aus den Sammelplätzen bedient werden
r_b	Umsatz je Transport eines Bestandstyps b
RE	Eingrenzung der Nachfrage beim Sammelplatzkonzept, auf diejenigen, die nicht aus den Sammelplätzen bedient werden
RG_b	Anzahl rechtzeitig-gestellter Güterwagen eines Bestandstyps b
S^2	Stichprobenvarianz eines beobachteten Werts Y
$S_b^{Abstellung}$	Durchschnittlich Dauer der Abstellung eines Bestandstyps b je Transport
S_b^x	Durchschnittlich Dauer des Status x eines Bestandstyps b je Transport
$\bar{S}_b^x$	Durchschnittliche Dauer des Status x eines Bestandstyps b je Statusergebnis
SIM	Dauer der Lauflänge einer Simulation
t	Wert der Studentverteilung
T_b^A	Dauer der Abstellung eines Bestandstyps b in Tagen
$T_{b,n}^{AUS,x}$	n-ter Zeitpunkt des Verlassens des Status x von einem Güterwagen eines Bestandstyps b
$T_{b,n}^{EIN,x}$	n-ter Zeitpunkt des Eintritts in den Status x von einem Güterwagen eines Bestandstyps b
TR_b	Anzahl Transporte ohne Wiederbeladungen eines Bestandstyps b
U_b	Dauer eines Güterwagenumlaufs eines Bestandstyps b in Tagen

UK	Kennzeichnung der ungekürzten Nachfrage beim Sammelplatzkonzept
VL	Eingrenzung der Flottengröße beim Sammelplatzkonzept auf frei verfügbare Güterwagen
$WACC$	Gewichteter Kapitalkostensatz der Eigen- und Fremdfinanzierung
WIE_b	Anzahl an Wiederbeladungen eines Bestandstyps b
x	Status eines Güterwagens
X	Anzahl an Status
$\bar{Y}$	Stichprobenmittelwert eines beobachteten Werts Y