

Produktion und Logistik

Niklas Labitzke

Wertorientierte Simulation zur taktischen Planung logistischer Prozesse der Stahlherstellung



RESEARCH

Niklas Labitzke

Wertorientierte Simulation zur taktischen Planung logistischer Prozesse der Stahlherstellung

GABLER RESEARCH

Produktion und Logistik

Herausgegeben von
Professor Dr. Bernhard Fleischmann,
Universität Augsburg
Professor Dr. Martin Grunow,
Technische Universität München
Professor Dr. Hans-Otto Günther,
Technische Universität Berlin
Professor Dr. Stefan Helber,
Universität Hannover
Professor Dr. Karl Inderfurth,
Universität Magdeburg
Professor Dr. Herbert Kopfer,
Universität Bremen
Professor Dr. Herbert Meyr,
Technische Universität Darmstadt
Professor Dr. Thomas S. Spengler,
Technische Universität Braunschweig
Professor Dr. Hartmut Stadtler,
Universität Hamburg
Professor Dr. Horst Tempelmeier,
Universität Köln
Professor Dr. Gerhard Wäscher,
Universität Magdeburg

Kontakt: Professor Dr. Hans-Otto Günther, Technische Universität Berlin,
H 95, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin

Diese Reihe dient der Veröffentlichung neuer Forschungsergebnisse auf den Gebieten der Produktion und Logistik. Aufgenommen werden vor allem herausragende quantitativ orientierte Dissertationen und Habilitationsschriften. Die Publikationen vermitteln innovative Beiträge zur Lösung praktischer Anwendungsprobleme der Produktion und Logistik unter Einsatz quantitativer Methoden und moderner Informationstechnologie.

Niklas Labitzke

Wertorientierte Simulation zur taktischen Planung logistischer Prozesse der Stahlherstellung

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Thomas S. Spengler



GABLER

RESEARCH

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

Dissertation Technische Universität Braunschweig, 2010

1. Auflage 2011

Alle Rechte vorbehalten

© Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2011

Lektorat: Stefanie Brich | Sabine Schöller

Gabler Verlag ist eine Marke von Springer Fachmedien.

Springer Fachmedien ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.

www.gabler.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags 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 dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-2895-5

Für meine Mutter

Geleitwort

In den letzten Jahren haben Wettbewerb, Produktdifferenzierung und Prozessautomatisierung in vielen Unternehmen zu einer gestiegenen Komplexität geführt. Dies trifft insbesondere auf die stahlherstellenden Unternehmen in Westeuropa zu, die ein sehr offenes Produktportfolio hoher Qualität und Heterogenität anbieten. Um trotz der Komplexität eine wirtschaftliche Fertigung sicherzustellen, sind hochmoderne und flexible Planungssysteme eine unbedingte Voraussetzung. Hiervon ist insbesondere die taktische Planung der logistischen Prozesse betroffen. Gegenstand dieser mittelfristigen Planungsaufgabe ist die Überführung der langfristigen strategischen Vorgaben in eine Aufbau- und Ablauforganisation, auf deren Basis ein effizienter operativer Betrieb gewährleistet werden kann. Dies umfasst neben der Auswahl und Dimensionierung von Prozessen und Anlagen insbesondere auch die Festlegung von Steuerungsverfahren. Durch diese Schnittstellenfunktion ergeben sich bipolare Anforderungen an die Planung. Zum einen gilt es im Rahmen einer ökonomischen Bewertung zu evaluieren, inwiefern Gestaltungsoptionen die Vorgaben der strategischen Planung erfüllen. Zum anderen sind die Charakteristika der logistischen Prozesse zu berücksichtigen, um die Zulässigkeit der Planungsergebnisse sicherzustellen. Hierbei sind die vorliegenden Produktionstypen, Restriktionen und Prozessunsicherheiten zu beachten. In der Konsequenz ist in der Stahlindustrie eine konzeptionelle Dichotomie aus technisch geprägten Planungssystemen auf der einen Seite und kaufmännisch geprägten Rechnungssystemen auf der anderen Seite festzustellen. Während für beide Teilaufgaben ein reichhaltiger Fundus an Literatur existiert, fehlt bislang eine fundierte Verknüpfung beider Bereiche. In der Praxis ist man daher auf informelle Modellanpassungen oder interaktive Verfahren angewiesen. Als Konsequenz ergeben sich langwierige Entscheidungsprozesse, in denen nicht alle relevanten Einflussfaktoren bzw. deren Wechselwirkungen berücksichtigt werden. Fehlentscheidungen mit teilweise schwerwiegenden monetären Konsequenzen können daher nicht ausgeschlossen werden. Abhilfe schaffen Ansätze zur Verknüpfung von Rechnungs- und Prozessmodell. Bedingt durch konzeptionelle Schwächen im Bereich der betriebswirtschaftlichen Rechnungsmodelle verfügen die bisherigen Arbeiten allerdings lediglich über eine sehr eingeschränkte Aussagekraft.

Dieser Herausforderung stellt sich die von Herrn Labitzke vorgelegte Dissertation. Die zugrunde gelegte Zielsetzung besteht in erster Linie in der Entwicklung eines simulationsbasierten Ansatzes zur Unterstützung der Gestaltung logistischer Prozesse. In zweiter Linie erfolgt die Evaluation des erarbeiteten Ansatzes mit Hilfe einer umfangreichen Fallstudie aus der Stahlindustrie. Schließlich setzt sich Herr Labitzke das Ziel, aus den Ergebnissen Gestaltungsempfehlungen zur Verbesserung von Sys-

temen zur Planung logistischer Prozesse abzuleiten. Nach einer aussagekräftigen Einleitung wird in Kapitel 2 eine Charakterisierung und Einordnung der logistischen Prozessgestaltung als taktische Planungsaufgabe vorgenommen. Im Ergebnis werden Anforderungen an eine Entscheidungsunterstützung abgeleitet. Aufbauend auf diesen Grundlagen umfasst Kapitel 3 die kritische Würdigung bestehender Ansätze im Hinblick auf die Anforderungen. Keiner der in der Literatur vorgestellten Ansätze erfüllt diese Anforderungen zur Gänze, so dass Herr Labitzke in Kapitel 4 die konzeptionellen Arbeiten zur hierarchischen Planung von Herrn Schneeweiß aufgreift und zunächst einen konzeptionellen Rahmen für eine Entscheidungsunterstützung entwickelt. Dieser Rahmen bildet die Grundlage für die Entwicklung der wertorientierten Simulation in Kapitel 5. In Kapitel 6 wird nun die Evaluation der entwickelten Entscheidungsmodelle auf Basis einer umfangreichen Fallstudie aus der Stahlindustrie vorgenommen. Die Arbeit schließt mit einer kritischen Würdigung der entwickelten Ansätze und der Ableitung von Handlungsempfehlungen in Kapitel 7 sowie einer aussagekräftigen Zusammenfassung in Kapitel 8.

Herr Labitzke deckt mit seiner vorgelegten Dissertation eine sowohl unter theoretischen als auch praxisorientierten Gesichtspunkten äußerst aktuelle und anspruchsvolle Thematik ab, und dies auf sehr hohem Niveau. Das von ihm entwickelte Verfahren zur logistischen Prozessgestaltung ist wissenschaftlich fundiert, innovativ und an den Anforderungen der Praxis ausgerichtet. Dabei ist das Verfahren so flexibel, dass in weiterführenden Studien auch eine Reihe weiterer Rechenmodelle zur betriebswirtschaftlichen Bewertung ohne Weiteres integriert werden können. Besondere Würdigung verdienen darüber hinaus die von Herrn Labitzke zur Validierung des Verfahrens durchgeführte umfangreiche Fallstudie und die hieraus abgeleiteten Ergebnisse seiner Arbeit, die einen wichtigen Beitrag zur Unterstützung von Entscheidungen der logistischen Prozessgestaltung leisten. Besonders eindrucksvoll ist die hohe Praxisrelevanz der Ausführungen, die nur durch seine mehrjährige aktive Mitarbeit in einem integrierten Hüttenwerk der Eisen- und Stahlindustrie möglich wurde. Insgesamt hat Herr Labitzke mit seiner Dissertation den Stand der Forschung im Themengebiet der logistischen Prozessgestaltung einen entscheidenden Schritt vorangebracht und beachtenswerte Erfolge bei der Umsetzung des von ihm entwickelten Ansatzes in der Eisen- und Stahlindustrie erzielt.

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion der Technischen Universität Braunschweig. Ich möchte an dieser Stelle all denjenigen Personen danken, die mich während meiner Zeit am Institut begleitet und zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Thomas S. Spengler, Leiter des Instituts für Automobilwirtschaft und Industrielle Produktion, danke ich für die fachlichen Anregungen, die konstruktiven Diskussionen und die persönliche Unterstützung während meiner gesamten Zeit am Institut. Die gewährten Freiheiten, sowohl hinsichtlich meiner wissenschaftlichen Arbeit als auch meiner persönlichen Ziele, hinterlassen einen bleibenden Eindruck und haben wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Dissertation beigetragen. Herzlich bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr. Heinz Ahn, Leiter des Institutes für Controlling und Unternehmensrechnung, für die Übernahme des Korreferates und die äußerst gewissenhafte und dennoch sehr zügige Begutachtung meiner Arbeit. Für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission danke ich Herrn Prof. Dr. Dirk Konietzka, Leiter des Lehrstuhls für Soziologie, sowie Herrn Prof. Dr. Dirk C. Mattfeld, Leiter des Institutes für Decision Support.

Mein herzlicher Dank gilt all meinen Kollegen für die zahlreichen konstruktiven Gespräche, die angenehme Zusammenarbeit und die gemeinsam verlebten Abende und Wochenenden. Ganz besonders möchte ich Dr. Thomas Volling danken, der mich während meiner gesamten Zeit am Institut fachlich begleitet und durch seine vielfältigen Anregungen wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat. Innerhalb unserer Arbeitsgruppe POM-Stahl bedanke ich mich bei Matthias Wichmann und André Hintsches für die wertvolle Unterstützung. Frau Birgit Haupt danke ich für ihre Unterstützung bei allen administrativen Aufgaben. Auch den übrigen, teilweise schon ausgeschiedenen Kollegen Dr. Stefan Rehkopf, Dr. Eberhard Schmid, Oliver Seefried, Anne Schatka, Jörg Wansart, Kerstin Schmidt, Jenny Steinborn, Karsten Kieckhäfer, Kai Wittek, Claas Hoyer, Martin Grunewald, Andreas Matzke, Philipp Zeise und Katharina Wachter danke ich für die ereignisreichen und schönen letzten viereinhalb Jahre. Meine drei fleißigen Hiwis in den letzten zwei Jahren Jan-Julius Schmidt, Fabian Schulze und Florian Krieg sollen ebenfalls nicht ungenannt bleiben.

Einen Großteil meiner Arbeit führte ich im Rahmen einer Forschungskooperation mit der Salzgitter Flachstahl GmbH durch. Hierdurch war es mir möglich, meine Forschung eng mit der industriellen Praxis der Stahlherstellung zu verknüpfen. In die-

sem Zusammenhang möchte ich mich besonders bei meinem betrieblichen Vorgesetzten, Herrn Jan Oppermann, Leiter des Controllings der Salzgitter Flachstahl GmbH, für die Unterstützung und Betreuung im Rahmen der durchgeführten Projekte sowie die wertvollen Diskussionen und Anregungen bedanken. Mein Dank gilt ebenfalls Herrn Dr. Udo Vogeler, Leiter betriebswirtschaftliche Betreuung Walzwerke im Controlling, für die gute Zusammenarbeit und die spannenden Diskussionen.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie – meinen Eltern Prof. Dr. Reiner Labitzke und Dr. Annette Labitzke sowie meinen beiden Schwestern Christiane und Nina Labitzke. Ihr habt mich auf meinem bisherigen Lebensweg bedingungslos unterstützt, gefördert und begleitet. Zuletzt gilt mein herzlichster Dank meiner Freundin Frau StB Christina Günther. Danke für das lange Warten, Deine aufmunternden Worte und die Zuwendung in allen Lebenslagen.

Braunschweig im Januar 2011

Niklas Labitzke

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	XV
Tabellenverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XIX
Abkürzungsverzeichnis	XXV
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangslage und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise.....	4
2 Logistische Prozessgestaltung bei der Stahlherstellung als taktische Planungsaufgabe	9
2.1 Zum Begriff der Planung	9
2.1.1 Zielsystem.....	9
2.1.2 Sachlicher Bezug der Planung.....	11
2.1.3 Zeitlicher Bezug der Planung	11
2.1.4 Hierarchie der Planungsebenen.....	12
2.2 Prozesse der Stahlherstellung	16
2.2.1 Überblick des Herstellungsprozesses	17
2.2.2 Charakteristika der Prozesse.....	26
2.3 Logistische Prozessgestaltung bei der Stahlherstellung	35
2.3.1 Hierarchische Abgrenzung der Planungsaufgaben bei der Stahlherstellung	35
2.3.2 Einordnung der logistischen Prozessgestaltung	37
2.4 Anforderungen an eine Entscheidungsunterstützung zur logistischen Prozessgestaltung	42
2.4.1 Anforderungen an die ökonomische Bewertung	43
2.4.2 Anforderungen an die Prozessbeschreibung und -analyse.....	45
3 Planungsansätze zur logistischen Prozessgestaltung	49
3.1 Bezugsrahmen zur Strukturierung bestehender Ansätze	49
3.2 Ansätze zur ökonomischen Bewertung	50

3.2.1	Ansätze der interperiodischen Finanzrechnung	50
3.2.2	Ansätze der intraperiodischen Erfolgsrechnung.....	52
3.2.3	Informationstechnische Einbindung der Ansätze	58
3.2.4	Beurteilung der Ansätze.....	60
3.3	Ansätze zur Prozessbeschreibung	62
3.3.1	Qualitative Ansätze	64
3.3.2	Quantitative Ansätze	65
3.3.3	Ereignisdiskrete Ablaufsimulation	66
3.3.4	Beurteilung der Ansätze.....	70
3.3.5	Simulationsbasierte Prozessbeschreibung und -analyse bei der Stahlherstellung	74
3.4	Ansätze zur übergreifenden Prozessbeschreibung und ökonomischen Bewertung	76
3.4.1	Ansätze der Produktions- und Erfolgtheorie.....	76
3.4.2	Simulationsbasierte Ansätze.....	85
3.5	Anforderungslücke der bestehenden Ansätze.....	99
4	Entwicklung eines hierarchischen Planungskonzeptes zur logistischen Prozessgestaltung	101
4.1	Konzept der hierarchischen Planung nach SCHNEEWEIß	102
4.2	Dichotomie von Management- und Prozessebene.....	106
4.3	Merkmale der Entscheidungssituation von Management- und Prozessebene	110
4.3.1	Beziehungen der logistischen Zielkriterien auf der Prozessebene.....	111
4.3.2	Kausalität zwischen Mengen- und Wertgerüst.....	111
4.3.3	Wertorientierte Steuerung der Prozessebene	112
4.3.4	Ableitung von Koordinationsansätzen aus den Merkmalen	114
4.4	Vergleich der Koordinationsansätze von Management- und Prozessebene	116
4.4.1	Nicht-koordinativer Ansatz	118
4.4.2	Sequentieller Ansatz	122
4.4.3	Integrierter Ansatz.....	126

4.5	Anforderungen an die methodische Umsetzung des hierarchischen Planungskonzeptes	129
5	Wertorientierte Simulation zur Umsetzung des Planungskonzeptes	133
5.1	Auswahl und Anpassung der einbezogenen Ansätze	135
5.1.1	Erfolgsrechnung nach RIEBEL	135
5.1.2	Prozessbeschreibung durch die ereignisdiskrete Ablaufsimulation.....	137
5.1.3	Aktivitätsanalyse nach KOOPMANS.....	140
5.1.4	Verbrauchsfunktionen und Elementarkombinationen nach HEINEN.....	141
5.2	Integration der einbezogenen Ansätze zur wertorientierten Simulation....	145
5.2.1	Struktur des Rechnungsmodells	147
5.2.2	Struktur und Fortschreibung des Mengengerüstes	149
5.2.3	Kopplung von Mengengerüst und Prozessmodell.....	155
5.2.4	Transformation des Mengengerüstes in das Wertgerüst und Bewertung.....	157
5.2.5	Integration einer wertorientierten Steuerung.....	158
5.3	Erweiterungen	159
5.3.1	Finanzrechnerische Bewertung.....	160
5.3.2	Varianten zur Verbrauchsfunktion nach HEINEN	161
5.3.3	Systematische Lösungssuche durch simulationsbasierte Optimierung	162
5.4	Erreichter Stand der Umsetzung	163
5.4.1	Einordnung in den konzeptionellen Bezugsrahmen	163
5.4.2	Erfüllung der Anforderungen	165
6	Fallstudie zur Darstellung und Validierung der wertorientierten Simulation	169
6.1	Vorgehen.....	169
6.2	Problemstellung.....	170
6.3	Zielformulierung.....	173
6.3.1	Auswahl des Bewertungsansatzes	173
6.3.2	Festlegung der entscheidungsrelevanten Kosten	174
6.3.3	Darstellung der Entscheidungssituation.....	174

6.4	Datenanalyse	177
6.4.1	Datenanalyse des Prozessmodells	177
6.4.2	Datenanalyse des Mengengerüsts	178
6.4.3	Datenanalyse des Rechnungsmodells	180
6.5	Modellierung	180
6.5.1	Modellierung des Prozessmodells	180
6.5.2	Modellierung des Mengengerüsts	186
6.5.3	Modellierung des Rechnungsmodells	190
6.6	Validierung und Durchführung der Simulationsexperimente	193
6.7	Beschreibung der Gestaltungsoptionen	195
6.8	Ergebnisse	196
6.8.1	Grenzen der klassischen Ablaufsimulation	197
6.8.2	Vergleich der Bewertungsansätze	199
6.8.3	Wertorientierte Steuerung	202
6.9	Handlungsempfehlungen und Diskussion	204
7	Kritische Würdigung und Ausblick	207
7.1	Entwickelter Bezugsrahmen zur logistischen Prozessgestaltung	207
7.2	Entwickeltes Verfahren der wertorientierten Simulation	209
7.3	Implikationen für die unternehmerische Praxis	212
8	Zusammenfassung	215
	Literaturverzeichnis	219
	Anhang	237

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....	7
Abbildung 2: Hauptebenen der Unternehmensplanung.....	15
Abbildung 3: Hauptaggregate und Pfade zur Herstellung von Flachstahl.....	18
Abbildung 4: Gegenläufige Materialflussteuerung im prozessindustriellen Produktionsabschnitt.....	32
Abbildung 5: Faktoren für Prozessunsicherheiten.....	34
Abbildung 6: Abgrenzung und Beschreibung der logistischen Prozessgestaltung ...	38
Abbildung 7: Sachliche Kongruenz von Prozessbeschreibung und -bewertung.....	45
Abbildung 8: Bezugsrahmen zur Strukturierung von Ansätzen zur logistischen Prozessgestaltung.....	50
Abbildung 9: IT-Struktur eines deutschen Stahlherstellers.....	59
Abbildung 10: Zeitanteile der Zustände zwischen 08:00 und 09:00 Uhr.....	68
Abbildung 11: Geläufige Auswertungskennzahlen einer Ablaufsimulation.....	69
Abbildung 12: Kategorien von Auswertungskennzahlen.....	70
Abbildung 13: Aktivitätsorientierte Kostenrechnung mit festgesetzter Kostenhöhe.....	96
Abbildung 14: Modell der hierarchischen Planung nach Schneeweiß (2003).....	104
Abbildung 15: Hierarchischer Bezugsrahmen zur logistischen Prozessgestaltung.....	108
Abbildung 16: Regelkreis der rückgekoppelten wertorientierten Steuerung.....	114
Abbildung 17: Regelkreis der einfachen wertorientierten Steuerung.....	114
Abbildung 18: Referenzmodell zur Koordination von Management- und Prozessebene.....	118
Abbildung 19: Abstimmung im Rahmen des nicht-koordinativen Ansatzes.....	119
Abbildung 20: Abstimmung im Rahmen des sequentiellen Ansatzes.....	124
Abbildung 21: Abstimmung im Rahmen des integrierten Ansatzes.....	127
Abbildung 22: Einbettung des neuen Ansatzes in das aufgearbeitete Wissen.....	133
Abbildung 23: Vorgehen zur Erläuterung der wertorientierten Simulation.....	134
Abbildung 24: Technische Verbrauchsfunktionen für einen Verbrennungsmotor ...	142
Abbildung 25: Zusammenhang zwischen Leistung und Verbrauch.....	143

Abbildung 26: Verknüpfung des Rechnungs- und Prozessmodells durch das Mengengerüst in statischer und dynamischer Hinsicht	147
Abbildung 27: Struktur des Rechnungsmodells	149
Abbildung 28: Kategorisierung von Basisaktivitäten für die wertorientierte Simulation	149
Abbildung 29: Berechnung der Aktivität einer Elementarkombination	154
Abbildung 30: Wertebereiche von λ und l in Abhängigkeit der Klasse von Basisaktivitäten	155
Abbildung 31: Überschneidung von Elementarkombination und Preisänderung	158
Abbildung 32: Kopplung zwischen Prozess- und Bewertungsmodell bei der integrierten wertorientierten Simulation	165
Abbildung 33: Vorgehen der Fallstudie.....	170
Abbildung 34: Layout des analysierten Coillagers	171
Abbildung 35: Probleme eines nicht-koordinativen Vorgehens.....	177
Abbildung 36: Abgerufene Leistung über einen Zeitraum von 15 Minuten	179
Abbildung 37: Stündlicher Strompreis am Spotmarkt im 1. Halbjahr 2010	180
Abbildung 38: Teilprozesse im Coillager	182
Abbildung 39: Verbrauchsfunktionen für die Aktivitäten Heben und Senken.....	187
Abbildung 40: Verbrauchsfunktion für die Aktivitäten Kran- und Katzfahrt	187
Abbildung 41: Unterteilung der Teilschritte eines Kranspiels in Elementarkombinationen für die Prozessdefinitionen.....	188
Abbildung 42: Anpassung des ARIMA-Modells an die realen Energiepreise	191
Abbildung 43: Bezugsobjekthierarchie für das zugrundeliegende Entscheidungsproblem.....	192
Abbildung 44: Auslastungen in der Basis-Konfiguration	197
Abbildung 45: Kranauslastung, Kranfahrstrecke und Umlagervorgänge der vier Gestaltungsoptionen.....	198
Abbildung 46: Verhalten der Energie- bzw. Energiestückkosten	201
Abbildung 47: Energiekosten in Abhängigkeit der Höhe der Preisschwelle.....	203
Abbildung 48: Lagerauslastung in Abhängigkeit der Höhe der Preisschwelle	204
Abbildung 49: Vermuteter Zusammenhang zwischen der Höhe der Preisschwelle und den Energiekosten.....	206

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beispiele für Wartungsarbeiten in einem Hüttenwerk	29
Tabelle 2: Beispiele für Anlagenrestriktionen in einem Hüttenwerk	33
Tabelle 3: Auswirkungen der Eigenschaften der Herstellungsprozesse auf die Planung	35
Tabelle 4: Abgrenzung der Planungsebenen	41
Tabelle 5: Katalog der Anforderungen an eine Entscheidungsunterstützung zur LPGS	47
Tabelle 6: Weitere Verfahren der Investitionsrechnung	52
Tabelle 7: Abgrenzungsmerkmale von Kostenrechnungssystemen	56
Tabelle 8: Erfüllung der Anforderungen der ökonomischen Bewertung von Finanz- und Erfolgsrechnung	62
Tabelle 9: Notation der wichtigsten Größen der Ablaufsimulation	69
Tabelle 10: Erfüllung der Anforderungen durch die diskutierten Ansätze	73
Tabelle 11: Anwendung der Ablaufsimulation bei der Stahlherstellung	74
Tabelle 12: Ansätze der simulationsbasierten Kostenrechnung	87
Tabelle 13: Ansätze der Kostensimulation	91
Tabelle 14: Erfüllung der Anforderungen durch die diskutierten Ansätze	99
Tabelle 15: Arten der Antizipation	105
Tabelle 16: Beispiel variierender Planungsprobleme von Management- und Prozessebene	109
Tabelle 17: Fälle unterschiedlicher Neubewertungserfordernisse	128
Tabelle 18: Vergleich der drei Koordinationsansätze	130
Tabelle 19: Beispiele für Elemente und Auswertungskennzahlen der Ablaufsimulation bei der Stahlherstellung	138
Tabelle 20: Wahl des Bewertungsansatzes bei Investitionsentscheidungen in Abhängigkeit der Rechenzeit	161
Tabelle 21: Erfüllung der Anforderungen durch die wertorientierte Simulation	167
Tabelle 22: Charakteristische Eigenschaften des Coillagers	172
Tabelle 23: Logistische Zielkriterien im Simulationsprojekt	173

Tabelle 24: Kosten, die in Zusammenhang mit dem Coillager anfallen	174
Tabelle 25: Modellierte Unterbrechungen der Warmbreitbandstraße	181
Tabelle 26: Steuerungsregeln im Coillager	184
Tabelle 27: Teilschritte eines reguläres Kranspiels	185
Tabelle 28: Zustandsvariablen zur Beschreibung der Prozessdefinitionen	189
Tabelle 29: Schritte der Validierung	194
Tabelle 30: Parametereinstellungen zum Vergleich der Bewertungsansätze	196
Tabelle 31: Verhalten der technisch-logistischen Zielkriterien	199
Tabelle 32: Zeit- und Verbrauchsvergleich der Bewegungen für beide Krane	200
Tabelle 33: Verhalten der Energiekosten pro Tag bzw. Energiestückkosten	201
Tabelle 34: Verbrauchsanteile und -veränderungen der Bewegungen	201
Tabelle 35: Zeitanteile und -veränderungen der Bewegungen	201

Symbolverzeichnis

KW	Kapitalwert
$-a_0$	Investitionsauszahlung
CF_t	Perioden-Cash-Flows
t	Periodenindex
T	Ende des Planungshorizontes, Nutzungsdauer der Investition, Technik
r	Kalkulationszinssatz, Index des Bezugsobjektes bzw. des Strukturelementes
L	Liquidationswert
RG_t	Residualgewinn in Periode t
K_t	Kosten in Periode t
L_t	Leistungen in Periode t
KB_{t-1}	Kapitalbindung in der abgelaufenen Periode
γ	Zustandsvariable, Zustandsvektor
Γ	Gesamtheit aller in einem Modell vorhandenen Zustandsvariablen
u	Auswertungskennzahl
U	Gesamtheit aller in einem Modell vorhandenen Auswertungskennzahlen
d	Diagnostische Variable
D	Gesamtheit aller in einem Modell vorhandenen diagnostischen Variablen
g	Logistisches Zielkriterium
G	Gesamtheit aller in einem Modell vorhandenen logistischen Zielkriterien
z / z_1	Objektart, Aktivität, Basisaktivität / erste Objektart der Basisaktivität
Z	Mengengerüst
i	Index der Inputobjektarten in einer Basisaktivität

m	Anzahl der Inputobjektarten in einer Basisaktivität
k	Zyklusindex
j	Index der Outputobjektarten in einer Basisaktivität
n	Anzahl der Outputobjektarten in einer Basisaktivität, Anzahl Stichprobenwerte
$z^1 / z^2 / z^3$	Erste / zweite / dritte Basisaktivität aus der zugrundeliegenden Technik
ρ	Index der Basisaktivität aus der zugrundeliegenden Technik
π	Anzahl Basisaktivitäten in einer Technik
$\mathbb{R} / \mathbb{R}^{m+n}$	Objektraum / $m + n$ -dimensionaler Objektraum
λ / λ^ρ	Aktivitätsniveau / Aktivitätsniveau der ρ -ten Aktivität
M	Technikmatrix
z_1^1 / z_{m+n}^π	Erste Objektart der ersten Basisaktivität aus der Technik / $m + n$ -te Objektart der π -ten Basisaktivität aus der Technik
a	Inputkoeffizient
b	Outputkoeffizient, Bezugsobjekt im Rechnungsmodell
a_i^ρ / b_j^ρ	i -ter Inputkoeffizient der ρ -ten Basisaktivität aus der Technik / j -ter Outputkoeffizient der ρ -ten Basisaktivität aus der Technik
l	Technisch-physikalische Leistungsgröße / Leistungsintensität
$a_1^1 (l_1^1)$	Erster Inputkoeffizient der ersten Basisaktivität in Abhängigkeit der zugehörigen Leistungsintensität
p_1 / p_{m+n}	Preis für die erste Objektart / Preis für $m + n$ -te Objektart
w	Wertgröße
$w(z^\rho)$	Erfolgswertfunktion für die ρ -te Basisaktivität
K_{fix}	Fixkosten, fixe Auszahlungen
$z_{i,t}^\rho$	i -te Objektart der ρ -ten Basisaktivität im Zeitpunkt t
$p_{i,t}^\rho$	Preis für die i -te Objektart der ρ -ten Basisaktivität im Zeitpunkt t

BZ	Bearbeitungszeit
WZ	Wartezeit
SZ	Störzeit
TZ	Bereitschaftszeit
RK	Ressourcenkosten
vRK	Verrechnete Ressourcenkosten
M^T	Planungsproblem der Topebene bzw. Managementebene
M^B	Planungsproblem der Basisebene bzw. Prozessebene
C^T / C_k^T	Zielsystem der Topebene bzw. Managementebene (im Zyklus k)
C^B / C_k^B	Zielsystem der Basisebene bzw. Prozessebene (im Zyklus k)
A^T / A_k^T	Entscheidungsfeld der Topebene bzw. Managementebene (im Zyklus k)
A^{TB}	Gemeinsames Entscheidungsfeld von Management- und Prozessebene
A^B / A_k^B	Entscheidungsfeld der Basisebene bzw. Prozessebene (im Zyklus k)
I^T / I_k^T	Informationssituation der Topebene bzw. Managementebene (im Zyklus k)
I^B / I_k^B	Informationssituation der Basisebene bzw. Prozessebene (im Zyklus k)
IN_k^*	Faktische Instruktion der Topebene bzw. Managementebene an die Prozessebene im Zyklus k
RE_k^*	Faktische Reaktion der Basisebene bzw. Prozessebene im Zyklus k
IN^{**}	Finale Instruktion
a^T / a_k^T	Entscheidung der Topebene bzw. Managementebene (im Zyklus k)
a^B / a_k^B	Entscheidung der Basisebene bzw. Prozessebene (im Zyklus k)
a^{TB^*}	Gemeinsame Entscheidung von Management- und Prozessebene
AF_k^T	Antizipationsfunktion der Topebene bzgl. der Basisebene im Zyklus k

\hat{M}_k^B	Antizipiertes Basismodell der Topebene im Zyklus k
\hat{M}_k^T	Antizipiertes Topmodell der Basisebene im Zyklus k
\hat{C}_k^B	Antizipiertes Basis-Zielsystem der Topebene im Zyklus k
\hat{A}_k^B	Antizipiertes Basis-Entscheidungsfeld der Topebene im Zyklus k
\hat{I}_k^B	Antizipierte Basis-Informationssituation der Topebene im Zyklus k
\hat{a}^{B^*}	Antizipierte optimale Basis-Entscheidung auf der Topebene
a^{B^*}	Faktische optimale Entscheidung der Basisebene
$A_{AF(IN)}^T$	Entscheidungsfeld der Topebene bei Antizipation des Verhaltens der Basisebene auf die Instruktion
$\hat{I}_{t_0}^{B,t_1}$	Antizipierte Basis-Informationssituation für den Zeitpunkt t_1 im Zeitpunkt t_0
$\hat{I}_{t_1}^{B,t_1}$	Antizipierte Basis-Informationssituation für den Zeitpunkt t_1 im Zeitpunkt t_1
K_{var}	Beschaffungskosten bei Berücksichtigung der Preisvariabilitäten
K_{konst}	Beschaffungskosten bei Verwendung eines Durchschnittspreises
p_t	Beschaffungspreis in Periode t
\bar{p}	Durchschnittlicher Beschaffungspreis
τ	Beschaffungszeithorizont, Anzahl an Elementarkombinationen
θ / θ_k	Gestaltungsoption / Gestaltungsoption im Zyklus k
θ^*	Ausgewählte (beste) Gestaltungsoption
Θ	Gesamtheit aller zur Verfügung stehenden Gestaltungsoptionen
P	Preisgerüst
$Z_{pot. Rep}$	Potentialfaktorabhängiger Repetierfaktor
AE	Arbeitseinheit
$f(\cdot)$	Funktion in Abhängigkeit von

\bar{u}	Feststehendes technisch-konfiguratives Merkmal
\bar{z}	Feststehendes konstruktionsbedingtes Merkmal
t^*	Zeitspanne einer Elementarkombination
S	Gesamtzahl der Bezugsobjekte und zugeordneten Strukturelemente
v	Strukturelement im Prozessmodell
e	Elementarkombination
z^e	Auf die Elementarkombination bezogene Aktivität
δ	Index für die Elementarkombination
$z_{r,\delta}^e$	Auf die δ -te Elementarkombination bezogene Aktivität des Bezugsobjektes bzw. Strukturelementes r
$e_{r,\delta}$	δ -te, auf das r -te Bezugsobjekt bzw. Strukturelement bezogene Elementarkombination
$w_{r,\delta}^e$	Wert der auf die δ -te Elementarkombination bezogenen Aktivität des Bezugsobjektes bzw. Strukturelementes r
γ_r	Auf das Strukturelement r bezogener Zustandsvektor
p_r^t	Auf das Bezugsobjekt zum Zeitpunkt t bezogener Preisvektor
m	Leistungsgröße Coilmasse
d	Leistungsgröße Fahrdistanz
p^{t-1} / p^{t-2}	Preis der letzten Periode / Preis der vorletzten Periode
α	Alpha: Parameter des ARIMA-Modells, Signifikanzniveau
β / η	Beta, eta: Parameter des ARIMA-Modells
$\mu_{Tageszeit}^t$	Mittlerer Energiepreis der Periode t zur <i>Tageszeit</i> (in Zeitstunden)
$\varepsilon_{Tageszeit}^t$	Normalverteilter Fehler der Periode t zur <i>Tageszeit</i> (in Zeitstunden)
R^2	Bestimmtheitsmaß
$KS_{Tageszeit}$	Der zur <i>Tageszeit</i> (in Zeitstunden) gültige Energiekostensatz

$EV_{Volllast}$	Stündlicher Energieverbrauch bei Volllast
$E[\cdot]$	Erwartungswert von
$\mu_{Tageszeit}$	Mittlerer Strompreis zur <i>Tageszeit</i> (in Zeitstunden)
μ	Allgemein: Mittelwert; speziell: mittlerer Strompreis pro Tag
$\max(\cdot)$	Maximum aus den Argumenten (\cdot)
p_s	Preisschwelle
p_s^{opt}	In Bezug auf die Energiekostenkurve beste Preisschwelle

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

ABC	Activity-Based Costing, aktivitätsorientierte Kostenrechnung
ABS	Anti-Blockier-System
Abw.	Abweichung
AEP	Auftragsentkopplungspunkt
Allg.	Allgemein(e)
Anz.	Anzahl
ARIMA	Integrated Autoregressive Moving-Average
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BPMN	Business Process Modeling Notation
CAD	Computer Added Design
DC	Direct Costing
DDM	Distributed Decision Making
eEPK	Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette
ehem.	ehemals
EKDB	Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Resource Planning
EVA	Economic Value Added
f	Folgende
ff	Fortfolgende
GUI	General User Interface
GuV	Gewinn- und Verlustrechnung

HGB	Handelsgesetzbuch
insbes.	Insbesondere
IT	Informationstechnik
KOSI	Kostensimulation
LPGS	Logistische Prozessgestaltung
MADM	Multi Attribute Decision Making
ME	Mengeneinheit
MTBF	Mean Time Between Failure
O.V.	Ohne Verfasser
RHB	Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
SBK	Simulationsbasierte Kostenrechnung
SGA	Stranggießanlage(n)
Sp.	Spalte
TKR	Teilkostenrechnung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDEh	Verein Deutscher Eisenhüttenleute
VKR	Vollkostenrechnung
ZE	Zeiteinheit

Einheiten

µm	Mikrometer	Längeneinheit
€	Euro	Geldeinheit
a	Jahr	Zeiteinheit
C	Celsius	Temperatureinheit
g	Gramm	Masseneinheit
h	Stunde	Zeiteinheit
km	Kilometer	Längeneinheit
KWh	Kilowattstunde	Energieeinheit
m	Meter	Längeneinheit
m ³	Kubikmeter	Volumeneinheit
Min	Minute	Zeiteinheit
ms	Millisekunde	Zeiteinheit
MWh	Megawattstunde	Energieeinheit
s	Sekunde	Zeiteinheit
t	Tonne	Masseneinheit
U	Umdrehung	Hilfsmaßeinheit

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Die Herstellung von Stahl hat in Deutschland eine lange Tradition. Unternehmen wie Thyssen, Krupp, Hoesch oder Preussag sind eng mit der Industrialisierung Deutschlands im letzten Jahrhundert verbunden und haben die deutsche Wirtschaft über Jahrzehnte geprägt.¹ Auch heute noch stellt die Stahlindustrie mit einer Wertschöpfung von ca. 25,7 Mrd. Euro und 95.000 Beschäftigten einen bedeutenden Wirtschaftszweig in Deutschland dar.² Obgleich die Unternehmen der Stahlindustrie zu den Großbetrieben mit mehreren tausend Beschäftigten zu zählen sind, weisen insbesondere die deutschen Stahlhersteller eine verhältnismäßig schlechte Wettbewerbsposition innerhalb der Wertschöpfungskette auf.³ Dies ist zum einen auf die Verhandlungsmacht der Lieferantenseite, die von oligopolartigen Anbieterstrukturen auf dem Kohle- und Erzmarkt gekennzeichnet ist, zurückzuführen. Zum anderen dominieren preissensitive Großabnehmer wie Automobilhersteller, Schiffsbauer oder die Baubranche den Absatzmarkt und stellen ständig steigende Anforderungen an die Qualität und Individualität der Produkte.⁴ Die gegenüber den Marktführern ArcelorMittal oder Nippon Steel relativ kleinen Hersteller Deutschlands besitzen dahingehend nur geringe Spielräume zur Einflussnahme der Einkaufs- und Absatzpreise. Hinzu kommen Kostennachteile gegenüber den Konkurrenten in ostasiatischen oder lateinamerikanischen Ländern, die neben dem geringeren Lohnniveau einer weniger restriktiven Energie- und Umweltregulierung ausgesetzt sind.⁵ Das schwierige Wettbewerbsumfeld wird durch die hohe Volatilität des weltweiten Stahlmarktes zusätzlich verschärft. Nach einem durchschnittlichen weltweiten Marktwachstum von 8% in den Jahren 2002 bis 2007 brach die Stahlerzeugung 2009 um 8%, in Deutschland sogar um 29% ein.⁶ Langfristig wird jedoch von einer weiterhin positiven weltweiten Stahlnachfrage ausgegangen.⁷

Der beschriebenen Situation begegnen die deutschen Stahlhersteller mit einer kontinuierlichen Steigerung der Produktivität durch Investition in moderne Anlagen- und

¹ Ein ausführlicher Überblick über die Eisen- und Stahlherstellung in der Geschichte findet sich bei Elkmann (1970), S. 12ff.

² Wirtschaftsvereinigung Stahl (2009), S. 33.

³ Vgl. Menzel (2010), Michel (2007), S. 25, Hufen (2006), S. 59.

⁴ Vgl. Beste (2009), S. 30ff, Floßdorf et al. (2009), S. 37ff.

⁵ Vgl. Lindenberg (2006), S. 62ff, Albrecht (2008).

⁶ Vgl. Statistisches Bundesamt (2010).

⁷ Vgl. Weiss (2009), Nova (2009), O.V. (2010).

Verfahrenstechnik sowie der ständigen Verbesserung der logistischen Prozesse.⁸ Im Bereich der Anlagen- und Verfahrenstechnik sind die Optimierungspotentiale jedoch in vielen Bereichen der Stahlherstellung ausgeschöpft.⁹ Demgegenüber bietet die zielgerichtete Gestaltung der logistischen Prozesse noch ausreichend Anknüpfungspunkte, wobei sie das Management von Stahlunternehmen häufig vor große Herausforderungen stellt. Die Prozesse der Stahlherstellung sind gekennzeichnet durch ein komplexes Produktionsnetzwerk mit einer Vielzahl an Produktionspfaden, technischen Restriktionen sowie stochastischen und nichtlinearen Einflüssen. Hochöfen, Stranggießanlagen, Warmbreitbandstraßen und logistische Fördereinrichtungen stellen hochtechnisierte Anlagen mit Investitionshöhen in zwei- bis dreistelliger Millionen Euro Höhe dar. In den Rohstoffen, Zwischen- und Fertigprodukten sind stets mehrere Millionen Euro gebunden. Zudem weisen die Anlagen und Fördereinrichtungen teils sehr hohe Energiebedarfe auf. Veränderungen der logistischen Prozesse können demnach große monetäre Hebelwirkungen auslösen und bedürfen einer sorgfältigen ökonomischen Bewertung durch das Management.¹⁰ Aufgrund des komplexen Produktionsnetzwerkes ist die Bestimmung der ökonomischen Effekte jedoch häufig schwierig und nicht mittels einfacher analytischer Berechnungen zu bewerkstelligen.¹¹ Daher kommen zur Unterstützung der Gestaltungsaufgabe häufig detaillierte Beschreibungs- und Analyseinstrumente wie die ereignisdiskrete Ablaufsimulation zum Einsatz.

Bei einer Ablaufsimulation können das logistische System und die darin ablaufenden Prozesse sehr detailliert und dynamisch in einem lauffähigen Computermodell repliziert und auf Basis vorgegebener Szenarien analysiert werden. Dies fördert das Systemverständnis und ermöglicht die zielgerichtete Beeinflussung des Systemverhaltens. Die Ablaufsimulation in ihrer klassischen Form beschränkt sich jedoch auf eine rein logistische, mengen- und zeitorientierte Sichtweise und erlaubt keine adäquate betriebswirtschaftliche Bewertung der logistischen Prozesse. Zudem erfordert die Methode detaillierte Kenntnisse des zugrundeliegenden Systems und somit eine enge Anbindung an das betriebliche Personal.

Die Planungsaufgabe der Gestaltung logistischer Prozesse ist aus diesen Gründen als komplex zu beschreiben. Aufgrund der beschriebenen Vielschichtigkeit sind betriebswirtschaftliche, technische und logistische Informationen entscheidungsrelevant und damit einhergehend betriebliches und kaufmännisches Fachpersonal verschiedener Hierarchieebenen und Abteilungen im Entscheidungsprozess involviert. Wer-

⁸ Vgl. Lindenberg (2006), S. 63, Fleischer et al. (2007), S. 60, Eder (2009), S. 25.

⁹ Vgl. Beste (2009), S. 29, Lindenberg (2006), S. 63.

¹⁰ Vgl. Lee et al. (1996), S. 231f.

¹¹ Vgl. O.V. (2007).

den von den Fachgruppen unterschiedliche Planungsinstrumente und -modelle zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt, sind diese aufeinander abzustimmen und ggf. miteinander zu koppeln. Ziel ist, die vielfältigen technischen, logistischen und betriebswirtschaftlichen Informationen zu aussagekräftigen Spitzenkennzahlen (z.B. Rentabilität, Gewinn) für das Management zu verdichten, um die logistischen Prozesse anhand dieser Spitzenkennzahlen evaluieren zu können. Eine derartige Kopplung zwischen den Planungsmodellen würde es bspw. gestatten, die Auswirkungen unterschiedlicher operativer Planungs- und Steuerungsregeln Bottom-Up auf die Rentabilität oder den Gewinn aufzuzeigen. Darüber hinaus ergeben sich die Möglichkeiten einer Top-Down an den Spitzenkennzahlen ausgerichteten operativen Planung und Steuerung der logistischen Prozesse.

Im Hinblick auf die Nutzung der ereignisdiskreten Ablaufsimulation als Instrument zur detaillierten Beschreibung der logistischen Prozesse ergeben sich diesbezüglich zwei offene Punkte. Es ist erstens eine geeignete Methodik zur ökonomischen Bewertung auszuwählen und zweitens zu klären, wie diese mit der Ablaufsimulation zu koppeln ist. Ansätze, die diese beiden Punkte zu beantworten versuchen, werden in der Literatur unter den Begriffen der simulationsbasierten Kostenrechnung bzw. der Kostensimulation diskutiert. Diese Ansätze kombinieren die ereignisdiskrete Ablaufsimulation mit nachgeschalteten bzw. integrierten Kostenrechnungsmodulen, innerhalb derer die Auswertungskennzahlen der Simulation in monetäre Kostengrößen überführt werden.

Die überwiegende Mehrheit der Ansätze basiert dabei auf der aktivitätsorientierten Kostenrechnung. Dies birgt zwei Probleme. Im Allgemeinen weisen die aktivitätsorientierten Kostenrechnungsverfahren konzeptionelle Mängel auf und sind für fallweise auftretende Rechnungen nur sehr bedingt geeignet. Im Speziellen stehen diese auf Proportionalitätsannahmen beruhenden Verfahren zudem im Widerspruch zu den häufig nichtlinearen Transformationsprozessen der Stahlherstellung. Das starre Vorgehen der Ansätze lässt daher auf eine mangelnde Auseinandersetzung mit den Eigenschaften der zugrundeliegenden Entscheidungssituation schließen. Diese wären die konzeptionelle Grundlage, auf deren Basis Anforderungen an die Simulation, die betriebswirtschaftliche Bewertung sowie an die Kopplung der Modelle abgeleitet werden könnten. In ihrer bisherigen Form sind die Ansätze nicht für die Gestaltung logistischer Prozesse der Stahlherstellung geeignet.