

Andreas Friedrich

Hybrides Vorgehensmodell der innerbetrieblichen Fördersystemwahl

Entwicklung und Überprüfung eines Modells zur Unterstützung von Planungs- und Investitionsentscheidungen für Fördersysteme im betriebsinternen Materialfluss kleiner und mittelständischer Unternehmen

Dissertation

Andreas Friedrich

Hybrides Vorgehensmodell der innerbetrieblichen Fördersystemwahl

Entwicklung und Überprüfung eines Modells zur
Unterstützung von Planungs- und
Investitionsentscheidungen für Fördersysteme im
betriebsinternen Materialfluss kleiner und mittelständischer
Unternehmen

Dissertation

Andreas Friedrich

Hybrides Vorgehensmodell der innerbetrieblichen Fördersystemwahl

Entwicklung und Überprüfung eines Modells zur Unterstützung von Planungs- und Investitionsentscheidungen für Fördersysteme im betriebsinternen Materialfluss kleiner und mittelständischer Unternehmen

BoD-Books on Demand

Von der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Leipzig
genehmigte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur

„Dr.-Ing.“

vorgelegt

von Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Andreas Friedrich
geboren am 13.08.1982 in Dresden

Gutachter: Prof. Dipl.-Ing. Arch. Burkhard Pahl
Prof. Dr. techn. Karl-Heinz Bruhnke

Tag der Verleihung 17.04.2013

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Grundlagen des Bauens und Planungsmanagement an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig.

Der persönliche Ausgangspunkt zur Thematik ergab sich für mich bereits während meines Studiums in der Fachrichtung Wirtschaftsingenieurwesen und dem Parallelstudium zum Bauingenieur. Mein besonderes Interesse galt bereits damals dem Industriebau sowie der Fabrikplanung und der wissenschaftlichen Auseinandersetzung auf diesen Gebieten.

Im Anschluss des Studiums erkannte mein Doktorvater Professor Burkhard Pahl, aufgrund seiner langjährigen beruflichen und wissenschaftlichen Erfahrungen, den Bedarf der Arbeit, die Planung logistischer Systeme des innerbetrieblichen Materialflusses, einem Fachbereich der Fabrikplanung, zu verbessern und transparenter zu gestalten. Ich danke Ihnen an dieser Stelle vielmals für die Gelegenheit zur Promotion und Ihr Vertrauen in meine Arbeit.

Herrn Professor Karl-Heinz Bruhnke danke ich sehr für die Übernahme des Korreferats und die Bereicherung der Arbeit durch seine Kenntnisse auf dem Gebiet des Industriebaus sowie seiner wissenschaftlichen Expertise im Bereich der digitalen Fabrikplanung, wovon ich bereits als studentischer Mitarbeiter und Diplomand profitieren durfte.

Der intensive fachliche Austausch mit Experten der Berufspraxis auf diesem Gebiet schärfte die Zielstellung und untermauerte die Argumentation der Arbeit. Für die

inspirierenden Gespräche danke ich u. a. Herrn Michael Weis (Ingenics AG), Herrn Jürgen Hess (Miebach Consulting GmbH) sowie Herrn Bert Laacke (Siemens AG). Herrn Stefan Hüser (Aero Pump GmbH) gilt mein Dank für die Bereitstellung des praktischen Fallbeispiels zur Validierung des Modells.

Die enge Bindung und Ausrichtung der Arbeit zur Industriebaupraxis entspricht gewissermaßen auch meinem persönlichen Leitmotiv. Gemäß dem Grundprinzip der Ingenieurwissenschaften ist es auch das Ziel der vorliegenden Arbeit, einen praktischen, wissenschaftlichen Beitrag zu leisten und mithilfe des Modells und der Methoden ein anwendungsorientiertes Instrument zur Lösung einer realen Problemstellung zu entwickeln.

Vor diesem Hintergrund danke ich für den gelungenen Modelltransfer in eine Softwareanwendung Herrn Steffen Köhler in besonderem Maße, der mich im Rahmen seiner Diplomarbeit dabei unterstützte und somit ein handhabbares Instrument zur Validierung der Arbeit entstand.

Außerdem danke ich dem Kommissionsvorsitzenden Herrn Professor Johannes Ringel für die Leitung des Promotionsverfahrens, allen Kolleginnen und Kollegen u. a. für die sehr zielführenden Diskussionen im Rahmen der gemeinsamen Doktorandenseminare sowie meinen gewissenhaften Lektoren, insbesondere Frau Romy Eichhorst.

Mein größter Dank gilt schließlich meiner Familie und meiner Freundin Katharina für die Geduld und stete Unterstützung in allen Bereichen meines Lebens, wodurch es mir ermöglicht wurde, diesen herausfordernden Weg in meiner beruflichen Entwicklung zu bestreiten. Abschließend darf ich

Euch, meinen lieben Freunden, dafür danken, mich zeitweilig daran erinnert zu haben, dass das Leben nicht ausschließlich aus Logistik besteht.

Andreas Friedrich

Leipzig, 06.12.2012

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Formelverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

1.2 Zielsetzung

1.3 Vorgehensweise

2 Stand von Wissenschaft und Technik

2.1 Definitionen und Grundlagen

2.1.1 Einführung Logistik

2.1.2 Logistik in Unternehmen

2.1.3 Innerbetriebliche Logistik

2.1.4 Materialfluss

2.1.5 Innerbetriebliche Fördersysteme

2.1.6 Fördermittel

2.2 Modellierung

2.2.1 Systeme

2.2.2 Modelltheorie

2.2.3 Modellauswahl

2.2.4 Modellcharakteristik

2.2.5 Modelltheoretischer Branchenbezug

[2.2.6 Angewandte Vorgehensmodelle](#)

[2.3 Wissenschaftliche Anknüpfung](#)

[2.4 Fazit und weiteres Vorgehen](#)

3 Regelabläufe der Planung

[3.1 Grundlagen der Unternehmensplanung](#)

[3.2 Grundlagen der Planung von Industrieanlagen](#)

[3.2.1 Logistik in der Industrieplanung](#)

[3.2.2 Abgrenzung](#)

[3.2.3 Objektbereich](#)

[3.2.4 Systemaspekt](#)

[3.2.5 Planungsfelder](#)

[3.2.6 Akteure der Planung](#)

[3.2.7 Planungsphasen](#)

[3.2.8 Modelleinordnung](#)

[3.3 Grundlagen der Materialflussplanung](#)

[3.3.1 Systemgrößen des Materialflusses](#)

[3.3.2 Materialflussuntersuchung](#)

[3.3.3 Planungsphasen](#)

[3.3.4 Materialflussgerechte Industrieplanung](#)

[3.3.5 Planungshilfsmittel](#)

[3.4 Grundlagen der Fördersystemplanung](#)

[3.4.1 Anlässe und Zielgrößen der Systemplanung](#)

[3.4.2 Planungstiefe und Akteure](#)

[3.4.3 Planungsphasen](#)

[3.4.4 Investitionsplanung](#)

[3.4.5 Parameter der Systemauswahl](#)

[3.5 Fazit und weiteres Vorgehen](#)

[4 Innerbetriebliche Fördersysteme](#)

[4.1 Ladeinheit](#)

[4.1.1 Fördergüter](#)

[4.1.2 Ladeinheitenbildung](#)

[4.1.3 Modularisierung](#)

[4.1.4 Ladehilfsmittel](#)

[4.1.4.1 Kleinladungsträger](#)

[4.1.4.2 Großladungsträger](#)

[4.1.5 Ladehilfsmittelmodellierung](#)

[4.1.5.1 Modellkriterien](#)

[4.1.5.2 Ladehilfsmitteldatenbank](#)

[4.2 Förderprozess](#)

[4.2.1 Automatisierungsgrad](#)

[4.2.2 Verkettungsprinzipien](#)

[4.2.3 Steuerung](#)

[4.3 Fördermittel](#)

[4.3.1 Stetigförderer](#)

[4.3.2 Systematisierung von Stetigförderern](#)

[4.3.2.1 Kettenförderer](#)

[4.3.2.2 Bandförderer](#)

[4.3.2.3 Rollenförderer](#)

[4.3.2.4 Schwerkraftförderer](#)

4.3.3 Unstetigförderer

4.3.4 Systematisierung von Unstetigförderern

4.3.4.1 Flurförderer

4.3.4.2 Flurförderzeuge

4.3.4.3 Hebezeuge und Krane

4.3.4.4 Hängebahnen

4.4 Fazit und weiteres Vorgehen

5 Modellanforderungen und Strukturentwicklung

5.1 Zielformulierung

5.2 Anforderungsanalyse

5.2.1 Inhaltliche Anforderungsanalyse

5.2.1.1 Planungsdatenbasis

5.2.1.2 Systemtheoretische Anforderungen

5.2.1.3 Modelltheoretische Anforderungen

5.2.1.4 Flexibilität

5.2.2 Strukturelle Anforderungsanalyse

5.2.2.1 Modularität

5.2.2.2 Erweiterbarkeit

5.2.2.3 Zyklisches Vorgehensmodell

5.2.2.4 Ergebnisarten- und -strukturierung

5.3 Modellierungsmethoden

5.3.1 Aktivitätsorientierte Methoden

5.3.2 Ereignisorientierte Methoden

5.3.3 Objektorientierte Methoden

5.3.4 Symbolarchiv

5.4 Strukturentwurf

5.5 Fazit und weiteres Vorgehen

6 Fördersystemmodellierung

6.1 Formale Fördersystemobjekte

6.1.1 Modul „Systematik“

6.1.1.1 Fördersystemklasse

6.1.1.2 Fördergeschwindigkeit

6.1.1.3 Antriebsart

6.1.1.4 Lasten

6.1.1.5 Lastfälle

6.1.2 Modul „Ladeinheit“

6.1.2.1 Fördergutgeometrie

6.1.2.2 Lastaufnahmefläche

6.1.2.3 Handhabung

6.1.2.4 Stoffgrößen

6.1.2.5 Sensitivitäten

6.1.3 Modul „Förderweg“

6.1.3.1 Linienführung

6.1.3.2 Raumprofil

6.1.3.3 Statik

6.1.3.4 Boden

6.1.3.5 Raumklima

6.1.4 Modul „Förderprozess“

6.1.4.1 Automatisierung

6.1.4.2 Steuerung

6.1.4.3 Materialfluss

6.1.5 Modul „Wirtschaftlichkeit“

6.1.5.1 Investitionen

6.1.5.2 Fixe Kosten

6.1.5.3 Variable Kosten

6.1.5.4 Nutzungsdauer

6.2 Nicht formale Fördersystemobjekte

6.2.1 Modul „Bewertung“

6.2.1.1 Flexibilität

6.2.1.2 Supply-Chain

6.2.1.3 Automatisierung und Steuerung

6.2.1.4 Gebäudekompatibilität

6.2.1.5 Empfindlichkeit und Design

6.2.1.6 Sicherheit und Ergonomie

6.2.1.7 Umweltverträglichkeit

6.3 Fördersystemdatenbank

6.4 Fazit und weiteres Vorgehen

7 Methoden und Gesamtdarstellung

7.1 Modularisierte Modellstruktur

7.2 Objektschema

7.3 Obligatorische Verknüpfungen

7.4 Allgemeine Methoden

7.5 Komplexe Methoden

7.5.1 Methode der integrierten
Ladeeinheitenbildung

[7.5.1.1 Hilfsmethode Lagenbildung](#)

[7.5.1.2 Hilfsmethode Stapelbildung](#)

[7.5.1.3 Hilfsmethode
Standardladehilfsmittelzuordnung](#)

[7.5.1.4 Partialergebnisse](#)

[7.5.2 Methode der statischen Plausibilität](#)

[7.5.2.1 Hilfsmethode Lasteinwirkung](#)

[7.5.2.2 Hilfsmethode Lastaufnahme](#)

[7.5.2.3 Hilfsmethode Tragfähigkeit](#)

[7.5.2.4 Partialergebnisse](#)

[7.5.3 Methode der Durchsatzberechnung](#)

[7.5.3.1 Hilfsmethode Fördergeschwindigkeit](#)

[7.5.3.2 Hilfsmethode Stückgutabstand](#)

[7.5.3.3 Hilfsmethode Grenzdurchsatz](#)

[7.5.3.4 Partialergebnisse](#)

[7.5.4 Methode der Flächenbedarfsermittlung](#)

[7.5.4.1 Hilfsmethode Förderweglänge](#)

[7.5.4.2 Hilfsmethode Förderwegbreite](#)

[7.5.4.3 Partialergebnisse](#)

[7.5.5 Methode der Wirtschaftlichkeitsrechnung](#)

[7.5.5.1 Hilfsmethode Kostenberechnung](#)

[7.5.5.2 Hilfsmethode Statische
Investitionsrechnung](#)

[7.5.5.3 Hilfsmethode Dynamische
Investitionsrechnung](#)

[7.5.5.4 Partialergebnisse](#)

7.5.6 Methode der Nutzwertanalyse

7.5.6.1 Hilfsmethode Erfüllungsgrad

7.5.6.2 Hilfsmethode Individuelle Präferenzen

7.5.6.3 Hilfsmethode Nutzwertbestimmung

7.5.6.4 Partialergebnisse

7.6 Gesamtdarstellung des Modells

7.7 Fazit und weiteres Vorgehen

8 Fallbeispiele zur Anwendung

8.1 Datenbasis

8.2 Conveyor Selector

8.2.1 Programmarchitektur

8.2.2 Grafische Benutzeroberfläche

8.3 Fallbeispiele

8.3.1 Praktisches Fallbeispiel

8.3.1.1 Planungsdaten

8.3.1.2 Auswertung

8.3.2 Theoretisches Fallbeispiel

8.3.2.1 Planungsdaten

8.3.2.2 Auswertung

8.4 Fazit und weiteres Vorgehen

9 Zusammenfassung und Ausblick

9.1 Zusammenfassung und Nutzen der Arbeit

9.2 Ausblick und Ansätze für weitere Forschungsarbeiten

Anhang

[Anhang_1: Parameter der Ist-Analyse](#)

[Anhang_2: Materialflussbestimmte Bereiche](#)

[Anhang_3: Kleinladungsträger](#)

[Anhang_4: Großladungsträger](#)

[Anhang_5: Ladehilfsmittelobjekte](#)

[Anhang_6: Fördermittel](#)

[Anhang_7: Formale Fördersystemobjekte](#)

[Anhang_8: Nicht formale Fördersystemobjekte](#)

[Anhang_9: Fragebogen Fördersystemauswahl](#)

[Anhang_10: Planungsdaten Fallbeispiele](#)

Quellenverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

[Abbildung 1: Aufbau der Arbeit](#)

[Abbildung 2: Supply-Chain in der Unternehmenslogistik](#)

[Abbildung 3: Einordnung der innerbetrieblichen Logistik](#)

[Abbildung 4: Materialflussebenen](#)

[Abbildung 5: Komponenten eines Fördersystems](#)

[Abbildung 6: Einteilung von Fördermitteln](#)

[Abbildung 7: Vollständiges System](#)

[Abbildung 8: Hauptmerkmale eines Modells im Zielkonflikt](#)

[Abbildung 9: Modelltypen](#)

[Abbildung 10: Einteilung von Modellen aus „logistischer Sicht“](#)

[Abbildung 11: 7-Stufen-Planungssystematik](#)

[Abbildung 12: Modellentwicklung](#)

[Abbildung 13: Fabrikplanung als Teil der Unternehmensplanung](#)

[Abbildung 14: Objektkategorien der Fabrikplanung](#)

[Abbildung 15: Fabrik als System](#)

[Abbildung 16: Fabrik als hierarchisches System](#)

[Abbildung 17: Akteure der Fördersystemplanung](#)

[Abbildung 18: Planungsphasen der Fabrikplanung](#)

[Abbildung 19: Materialflussplanung nach VDI 2498](#)

[Abbildung 20: Materialflussgerechte Planung einer Industrieanlage](#)

[Abbildung 21: Zusammenhang von Planungstiefe, Kosten und Expertise](#)

Abbildung 22: Fördersystemplanung nach VDI 2710

Abbildung 23: Investitionsplanung von Fördermitteln und Förderhilfsmitteln

Abbildung 24: Kategorien der Auswahlkriterien

Abbildung 25: Systematik der Ladungs- und Einheitenbildung

Abbildung 26: Optimierte Palettenbelegung durch das Modulmaß

Abbildung 27: KLT (VDA-Maß); Drehstapelbehälter; Sichtlagerkasten

Abbildung 28: Europalette; Gitterboxpalette; Rollcontainer

Abbildung 29: Objekthierarchie

Abbildung 30: Breitenmaße am Beispiel eines nestbaren Behälters

Abbildung 31: Öffnung der Kontaktfläche

Abbildung 32: Förderpositionen (liegend, gekippt, stehend)

Abbildung 33: Zeitliche Abläufe linearer Förderprozesse

Abbildung 34: Stetiges und unstetiges Förderprinzip

Abbildung 35: Symbolik am Beispiel eines Regalstaplers

Abbildung 36: Stetigförderer

Abbildung 37: Unterflurschleppkettenförderer; Power-and-Free-Förderer

Abbildung 38: Gurtförderer; Gliederplattenförderer

Abbildung 39: Angetriebene Rollenbahn; Staurollenförderer

Abbildung 40: Röllchenbahn; Stückgutrutsche

Abbildung 41: Unstetigförderer

Abbildung 42: Elektrotragbahn; Automatischer Flurförderer

[Abbildung 43: Schlepper; Horizontal-Kommissionierfahrzeug](#)

[Abbildung 44: Hydraulikaufzug; Zweiträger-Laufkran](#)

[Abbildung 45: Rohrbahn; Elektrohängebahn](#)

[Abbildung 46: Potenzielle Systemgrenzen](#)

[Abbildung 47: Allgemeine Modellhierarchie](#)

[Abbildung 48: Modulare Erweiterbarkeit](#)

[Abbildung 49: Zyklus eines Vorgehensprozesses](#)

[Abbildung 50: Objekt](#)

[Abbildung 51: Modellentwurf der innerbetrieblichen
Fördersystemwahl](#)

[Abbildung 52: Lastfälle bei linienartigen Konstruktionen](#)

[Abbildung 53: Zulässige Überstände](#)

[Abbildung 54: Modellstruktur](#)

[Abbildung 55: Prinzipielles Objektschema](#)

[Abbildung 56: Objektschema Durchsatzberechnung](#)

[Abbildung 57: Objektschema Methode
Temperaturverträglichkeit](#)

[Abbildung 58: Ladeeinheitenbildung](#)

[Abbildung 59: 4-Block Heuristik](#)

[Abbildung 60: Hilfsmethode Lasteinwirkung](#)

[Abbildung 61: Hilfsmethode Lastaufnahme](#)

[Abbildung 62: Kosten-Nutzen-Vergleich zweier Alternativen](#)

[Abbildung 63: Amortisationsdauer im Variantenvergleich](#)

[Abbildung 64: Vorgehensmodell der innerbetrieblichen
Fördersystemwahl](#)

[Abbildung 65: Programmarchitektur](#)

[Abbildung 66: Grafische Benutzeroberfläche](#)

[Abbildung 67: Editor](#)

[Abbildung 68: Objekte-Fenster und Kontextmenüs](#)

[Abbildung 69: System-Selektion und Systemdarstellung](#)

[Abbildung 70: Ergebnisdarstellung \(Förderprozess und Wirtschaftlichkeit\)](#)

[Abbildung 71: Modulmatrix und Dialogfenster](#)

[Abbildung 72: Fördersystemvergleich](#)

[Abbildung 73: Materialfluss im praktischen Fallbeispiel](#)

[Abbildung 74: Auswertung praktisches Fallbeispiel](#)

[Abbildung 75: Elektrotragbahn und FTS](#)

[Abbildung 76: Materialflussoptionen im theoretischen Fallbeispiel](#)

[Abbildung 77: Auswertung theoretisches Fallbeispiel \(1. Variante\)](#)

[Abbildung 78: Unterflurschleppkettenförderer und Niederhubwagen](#)

[Abbildung 79: Auswertung theoretisches Fallbeispiel \(2. Variante „horizontal“\)](#)

[Abbildung 80: Auswertung theoretisches Fallbeispiel \(2. Variante „vertikal“\)](#)

[Abbildung 81: FTS Typ „Ameise“ und Schwerlastaufzug](#)

[Abbildung 82: Kreisförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 83: Power-and-Free-Förderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 84: Unterflurschleppkettenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 85: Tragkettenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 86: Paternoster \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 87: S-Förderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 88: Gurtförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 89: Riemenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 90: Gliederbandförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 91: Gliederplattenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 92: Spiralförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 93: Wandertischförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 94: Angetriebene Rollenbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 95: Staurollenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 96: Skid-Förderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 97: Rollenbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 98: Röllchenbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 99: Kugelbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 100: Stückgutrutsche \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 101: Verschiebewagen \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 102: Elektrotragbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 103: Regalbediengerät \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 104: Automatischer Flurförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 105: Automatisches Flurförderzeug \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 106: Schlepper \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 107: Wagen \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 108: Gabelstapler \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 109: Regalstapler \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 110: Kommissionierfahrzeug \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 111: Hubwagen \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 112: Aufzug \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 113: Senkrechtförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 114: Hubtisch \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 115: Laufkrane/Hängekrane \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 116: Säulendrehkran \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 117: Rohrbahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 118: Elektrohängebahn \(Typ A, Typ B\)](#)

[Abbildung 119: Gewichtungsfaktoren](#)

Tabellenverzeichnis

[Tabelle 1: Sachgebiete und Systemaspekte der Fabrikplanung](#)

[Tabelle 2: Ziele der Materialflussplanung](#)

[Tabelle 3: Systemgrößen des Materialflusses](#)

[Tabelle 4: Hilfsmittel der Materialflussplanung](#)

[Tabelle 5: Nutzungsdauern von Fördermitteln](#)

[Tabelle 6: Fördermittelrelevante Eigenschaften von Fördergütern](#)

[Tabelle 7: Abgrenzungskriterien zwischen KLT's und GLT's](#)

[Tabelle 8: Objekt „Klassifizierung“](#)

[Tabelle 9: Stärken-Schwächen-Profil Stetigförderer](#)

[Tabelle 10: Stärken-Schwächen-Profil Unstetigförderer](#)

[Tabelle 11: Symbolarchiv](#)

[Tabelle 12: Objekt „Fördersystemklasse“](#)

[Tabelle 13: Objekt „Fördergeschwindigkeit“](#)

[Tabelle 14: Klassifizierung der lasteinleitenden Konstruktion](#)

[Tabelle 15: Quantifizierung der Modellkriterien](#)

[Tabelle 16: Methode der integrierten Ladeeinheitenbildung – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 17: Standardladehilfsmittel](#)

[Tabelle 18: Hilfsmethode der Standardladehilfsmittelzuordnung](#)

[Tabelle 19: Partialergebnisse der integrierten Ladeeinheitenbildung](#)

[Tabelle 20: Methode der statischen Plausibilität – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 21: Partialergebnisse der statischen Plausibilität](#)

[Tabelle 22: Methode der Durchsatzberechnung – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 23: Partialergebnisse der Durchsatzberechnung](#)

[Tabelle 24: Methode der Flächenbedarfsermittlung – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 25: Partialergebnisse der Flächenbedarfsermittlung](#)

[Tabelle 26: Methode der Kostenermittlung – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 27: Partialergebnisse der Wirtschaftlichkeitsrechnung](#)

[Tabelle 28: Methode der Nutzwertanalyse – beteiligte Objekte](#)

[Tabelle 29: Nutzwertberechnung des Objektes „Flexibilität“](#)

[Tabelle 30: Partialergebnisse der Nutzwertanalyse](#)

[Tabelle 31: Ergänzung des Symbolarchivs](#)

[Tabelle 32: Systemvergleich im theoretischen Fallbeispiel \(1. Variante\)](#)

[Tabelle 33: Variantenvergleich im theoretischen Fallbeispiel](#)

[Tabelle 34: Parameter der Ist-Analyse](#)

[Tabelle 35: Materialflussbestimmte- bzw. -beeinflusste Bereiche](#)

[Tabelle 36: Kleinladungsträger – Kästen im VDA-Maß](#)

[Tabelle 37: Kleinladungsträger – Kästen im Euro-Maß](#)

[Tabelle 38: Kleinladungsträger – Kästen oberhalb des VDA-Maßes](#)

[Tabelle 39: Kleinladungsträger – Stapeltransportkästen](#)

[Tabelle 40: Kleinladungsträger – Nestbare Behälter](#)

[Tabelle 41: Kleinladungsträger – Postbehälter](#)

[Tabelle 42: Kleinladungsträger – Sichtlagerkästen](#)

[Tabelle 43: Kleinladungsträger – Tablare](#)

[Tabelle 44: Kleinladungsträger – Faltschachteln](#)

[Tabelle 45: Großladungsträger – Europaletten](#)

[Tabelle 46: Großladungsträger – Stahl Flachpaletten](#)

[Tabelle 47: Großladungsträger – Sonstige Flachpaletten](#)

[Tabelle 48: Großladungsträger – Behälterpaletten](#)

[Tabelle 49: Großladungsträger – Rungengestelle](#)

[Tabelle 50: Großladungsträger – Großbehälter](#)

[Tabelle 51: Großladungsträger – Transport- und Stapelbehälter](#)

[Tabelle 52: Großladungsträger – Rollcontainer und Anhänger](#)

[Tabelle 53: Objekt „Klassifizierung“](#)

[Tabelle 54: Objekt „Abmessung“](#)

[Tabelle 55: Objekt „Kontaktfläche“](#)

[Tabelle 56: Objekt „Eignung“](#)

[Tabelle 57: Objekt „Handhabung und Ladeeinheitenbildung“](#)

[Tabelle 58: Kreisförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 59: Power-and-Free-Förderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 60: Unterflurschleppkettenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 61: Tragkettenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 62: Paternoster \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 63: S-Förderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 64: Gurtförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 65: Riemenförderer \(Typ A, Typ B\)](#)

[Tabelle 66: Gliederbandförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 67: Gliederplattenförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 68: Spiralförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 69: Wandertischförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 70: Angetriebene Rollenbahn \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 71: Staurollenförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 72: Skid-Förderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 73: Rollenbahn \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 74: Röllchenbahn \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 75: Kugelbahn \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 76: Stückguttrutsche \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 77: Verschiebewagen \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 78: Elektrotragbahn \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 79: Regalbediengerät \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 80: Automatischer Flurförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 81: Automatisches Flurförderzeug \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 82: Schlepper \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 83: Wagen \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 84: Gabelstapler \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 85: Regalstapler \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 86: Kommissionierfahrzeug \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 87: Hubwagen \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 88: Aufzug \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 89: Senkrechtförderer \(Typ A, Typ B\).](#)

[Tabelle 90: Hubtisch \(Typ A, Typ B\).](#)

Tabelle 91: Laufkrane/Hängekrane (Typ A, Typ B).

Tabelle 92: Säulendrehkran (Typ A, Typ B).

Tabelle 93: Rohrbahn (Typ A, Typ B).

Tabelle 94: Elektrohängebahn (Typ A, Typ B).

Tabelle 95: Objekt „Fördersystemklasse“

Tabelle 96: Objekt „Fördergeschwindigkeit“

Tabelle 97: Objekt „Antriebsart“

Tabelle 98: Objekt „Lasten“

Tabelle 99: Objekt „Lasteinleitende Konstruktion“

Tabelle 100: Objekt „Systempräferenzen“

Tabelle 101: Objekt „Fördergutmaße“

Tabelle 102: Objekt „Fördergutkontaktfläche“

Tabelle 103: Objekt „Lastaufnahmefläche“

Tabelle 104: Objekt „Handhabung“

Tabelle 105: Objekt „Handhabungskriterien“

Tabelle 106: Objekt „Stoffgrößen“

Tabelle 107: Objekt „Stoffgrößeneignung“

Tabelle 108: Objekt „Sensitivität“

Tabelle 109: Objekt „Sensibilität“

Tabelle 110: Objekt „Linienführung“

Tabelle 111: Objekt „Streckenbewältigung“

Tabelle 112: Objekt „Raummaße“

Tabelle 113: Objekt „Lichtraumprofil“

Tabelle 114: Objekt „Lasteinwirkung“

Tabelle 115: Objekt „Lastaufnahme Hallenbau“

Tabelle 116: Objekt „Lastaufnahme Massivbau“

Tabelle 117: Objekt „Bodenbeschaffenheit“

Tabelle 118: Objekt „Bodeneignung“

Tabelle 119: Objekt „Raumklima“

Tabelle 120: Objekt „Klimaresistenz“

Tabelle 121: Objekt „Automatisierungspräferenzen“

Tabelle 122: Objekt „Automatisierungsgrad“

Tabelle 123: Objekt „Steuerung“

Tabelle 124: Objekt „Steuerbarkeit“

Tabelle 125: Objekt „Materialflussvorgaben“

Tabelle 126: Objekt „Materialflussfaktoren“

Tabelle 127: Objekt „Materialflusseignung“

Tabelle 128: Objekt „Systeminvestitionen“

Tabelle 129: Objekt „Fixe Kosten“

Tabelle 130: Objekt „Variable Kosten“

Tabelle 131: Objekt „Nutzungsdauer“

Tabelle 132: Objekt „Flexibilität“

Tabelle 133: Objekt „Supply-Chain“

Tabelle 134: Objekt „Automatisierung und Steuerung“

Tabelle 135: Objekt „Gebäudekompatibilität“

Tabelle 136: Objekt „Sensitivität und Design“

Tabelle 137: Objekt „Sicherheit und Ergonomie“

Tabelle 138: Objekt „Umweltverträglichkeit“

Tabelle 139: Planungsdaten des praktischen Fallbeispiels

Tabelle 140: Planungsdaten des theoretischen Fallbeispiels
(Variante 1)

[Tabelle 141: Planungsdaten des theoretischen Fallbeispiels \(Variante 2a\)](#)

[Tabelle 142: Planungsdaten des theoretischen Fallbeispiels \(Variante 2b\)](#)

Formelverzeichnis

[Gleichung 1: Allgemeine Systemgleichung](#)

[Gleichung 2: Nachweis Betondruckspannung](#)

[Gleichung 3: Zielfunktion der 4-Block Heuristik](#)

[Gleichung 4: Berechnungen 4-Block Heuristik - Block 1](#)

[Gleichung 5: Berechnungen 4-Block Heuristik - Block 2](#)

[Gleichung 6: Berechnungen 4-Block Heuristik - Block 3](#)

[Gleichung 7: Berechnungen 4-Block Heuristik - Block 4](#)

[Gleichung 8: Grenzzustand der Tragfähigkeit](#)

[Gleichung 9: Beanspruchung punktueller Konstruktionen](#)

[Gleichung 10: Beanspruchung flächiger Konstruktionen](#)

[Gleichung 11: Beanspruchung linienförmiger,
kontinuierlicher Konstruktionen](#)

[Gleichung 12: Beanspruchung linienförmiger, periodischer
Konstruktionen](#)

[Gleichung 13: Mittlerer Stückgutabstand](#)

[Gleichung 14: Grenzdurchsatz Stetigförderer](#)

[Gleichung 15: Massenstrom Stetigförderer](#)

[Gleichung 16: Spielzeitenberechnung Unstetigförderer](#)

[Gleichung 17: Grenzdurchsatz Unstetigförderer](#)

[Gleichung 18: Auslastungsgrad](#)

[Gleichung 19: Förderweglänge bei geneigten Förderwegen](#)

[Gleichung 20: Förderweglänge](#)

[Gleichung 21: Förderwegbreite](#)

[Gleichung 22: Investitionen](#)