

Masterarbeit

Methode zum strukturellen Abgleich unternehmensspezifischer
Logistikprozesse mit Best-Practice-Prozessen

Torsten Bugla
Matrikelnummer: 123349
Studiengang Logistik

ausgegeben am:
29.10.2013

eingereicht am:
31.03.2014

Betreuer:
Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe
Dipl.-Inf. Anne Antonia Scheidler

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis..... | I |
| 1 Einleitung..... | 1 |
| 1.1 Motivation | 1 |
| 1.2 Ziele der Arbeit..... | 2 |
| 1.3 Aufbau und Methodik..... | 4 |
| 2 Grundlagen..... | 7 |
| 2.1 Stand der Wissenschaft..... | 7 |
| 2.2 Definitionen | 8 |
| 2.3 Logistische Prozesse..... | 10 |
| 2.3.1 Einordnung logistischer Prozesse..... | 11 |
| 2.3.2 Prozessanforderungen und -selektion..... | 15 |
| 2.3.3 Ansätze für Best-Practice-Prozesse..... | 19 |
| 2.4 Sprachanforderungen und Textverarbeitung | 21 |
| 2.4.1 Logistische Sprachanforderungen | 21 |
| 2.4.2 Verfahren des Text Mining | 23 |
| 2.4.3 Grundlagen einer Ontologie..... | 29 |
| 2.4.4 Verfahren des String-Matching..... | 32 |
| 3 Methodenaufbau und -implementierung..... | 35 |
| 3.1 Annahmen und Restriktionen | 35 |
| 3.2 Aufbau eines Referenzmodells | 36 |
| 3.2.1 Struktur ausgewählter Prozesse..... | 37 |
| 3.2.2 Prozesstransformation nach IUM..... | 44 |
| 3.2.3 Relationen des Referenzmodells | 48 |
| 3.3 Aufbau eines Ontologiemodells | 50 |
| 3.3.1 Struktur und Inhalte..... | 50 |
| 3.3.2 Relationen der Ontologie..... | 57 |
| 3.4 Regelwerk zur Operationalisierung | 59 |
| 3.4.1 Bewertungskategorien | 59 |
| 3.4.2 Parameter und Inhalte..... | 64 |
| 3.4.3 Bewertungsmethode und -regeln..... | 67 |
| 3.4.4 Relationen des Regelwerks | 76 |
| 3.5 Spezifischer Methodenansatz | 78 |
| 3.6 Beispielhafte Implementierung..... | 85 |

| | |
|--|------------|
| 4 Zusammenfassung | 98 |
| 4.1 Grundlagen- und Methodenergebnisse | 98 |
| 4.2 Fazit | 102 |
| 4.3 Ausblick..... | 104 |
| Literaturverzeichnis..... | 106 |
| Abbildungsverzeichnis..... | 122 |
| Tabellenverzeichnis..... | 123 |
| Abkürzungsverzeichnis | 124 |
| Anhang | 126 |

1 Einleitung

In Abschnitt 1 wird die Motivation der Arbeit erklärt. Außerdem werden Ziele aufgestellt, die durch die Vergleichsmethode erreicht werden sollen. Der Aufbau und die Methodik der Arbeit bilden den dritten Teil dieses Abschnitts. Dabei werden der Zusammenhang der einzelnen Abschnitte und die Vorgehensweise in der Arbeit erläutert.

1.1 Motivation

Durch die Arbeit soll eine Methode geschaffen werden, die den strukturellen Vergleich logistischer Geschäftsprozesse ermöglicht. Die Motivation dazu basiert auf vier Eigenschaften, die dem Thema der Arbeit zu Grunde liegen.

Erstens ist eine Verknüpfung der Logistik und Informationstechnologie (IT) erforderlich. Die Methode gründet einerseits auf den Eigenschaften logistischer Prozesse, andererseits auf dem Einsatz von IT-Verfahren. Durch die Verbindung beider Themenbereiche werden neue Forschungserkenntnisse aufgedeckt, die hilfreich für die Wissenschaft sind. Dass die Logistik einen aktuellen Themenbereich darstellt, wird durch das steigende Interesse an logistischen Fragestellungen in der Wirtschaft belegt (vgl. [Win08], S.1).

Zweitens sind die Verbesserungspotenziale logistischer Geschäftsprozesse nicht ausgeschöpft. Das belegen zahlreiche Technologien und Ansätze, die durch die Verknüpfung von Geschäftsprozessen und IT die Optimierung von Unternehmensstrukturen verbessern (vgl. [PB06], S.321). Veranstaltungen und Konferenzen zu Themen der Prozessoptimierung und des Wissensmanagements belegen die Aussage zusätzlich ([Bai08], S.7; [Joh06], S.3; [FFO06], S.1). Dabei bestehen in den operativen Geschäftsfeldern, z.B. der Logistik, die größten Verbesserungspotenziale.

Drittens hat das Forschungsthema einen starken Praxisbezug. Der Abgleich von Geschäftsprozessen ist nicht nur ein interessantes Forschungsthema sondern auch ein möglicher Ansatz zur Lösung praxisrelevanter Problemstellungen in Unternehmen. Dass das Forschungsthema diesen praktischen Bezug hat, zeigt ein Projekt des Instituts für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK) in Berlin, indem der strukturelle Abgleich von Geschäftsprozessen in der IT-Branche ermöglicht wurde (vgl. [Kno12]). Innerhalb des Projektes haben zahlreiche mittelständische Unternehmen mit dem IPK kooperiert, was das wirtschaftliche Interesse beweist.

Viertens kann die Arbeit eine optimale Grundlage für weitere Forschungsansätze bilden. Die Umsetzung der Methode in eine Software ist ein Ziel. Dafür bedarf es einerseits geeignete Methodenschritte und andererseits eine verständliche Darstellung dieser Schritte. Die Methode zum strukturellen Vergleich logistischer Geschäftsprozesse ist somit eine entscheidende Arbeit für weitere Forschungszwecke. Durch die interdisziplinäre Aufgabenstellung und den starken Praxisbezug ergibt sich somit eine Begründung dafür, warum die Arbeit verfasst wird.

1.2 Ziele der Arbeit

Die Verknüpfung der Themenbereiche Logistik und IT stellt einen wesentlichen Forschungszweck dar. Daraus ergibt sich die zentrale Forschungsfrage der Arbeit:

- Welche methodischen Schritte müssen vollzogen werden, um einen IT-basierten Abgleich unternehmensspezifischer Prozessmodelle mit einem geeigneten Referenzmodell auf dem Fachgebiet der Logistik vorzunehmen?

Die Forschungsfrage wird durch zwei weitere Fragen unterstützt, die auch Teil der Bearbeitung sind. Sie konkretisieren die inhaltliche Ausrichtung der Arbeit:

- Welche Besonderheiten ergeben sich vor dem Hintergrund logistischer Prozesse im Rahmen der Vergleichsmethode?
- Wie führen die methodischen Schritte zu einer geeigneten Softwareentwicklung?

Zur Beantwortung der Fragen wird die Logistik aus der Sicht von Geschäftsprozessen betrachtet. Die einzelnen Ziele der Arbeit ergeben sich aus der zentralen Forschungsfrage. In Abb. 1.1 sind alle Ziele kategorisch dargestellt.

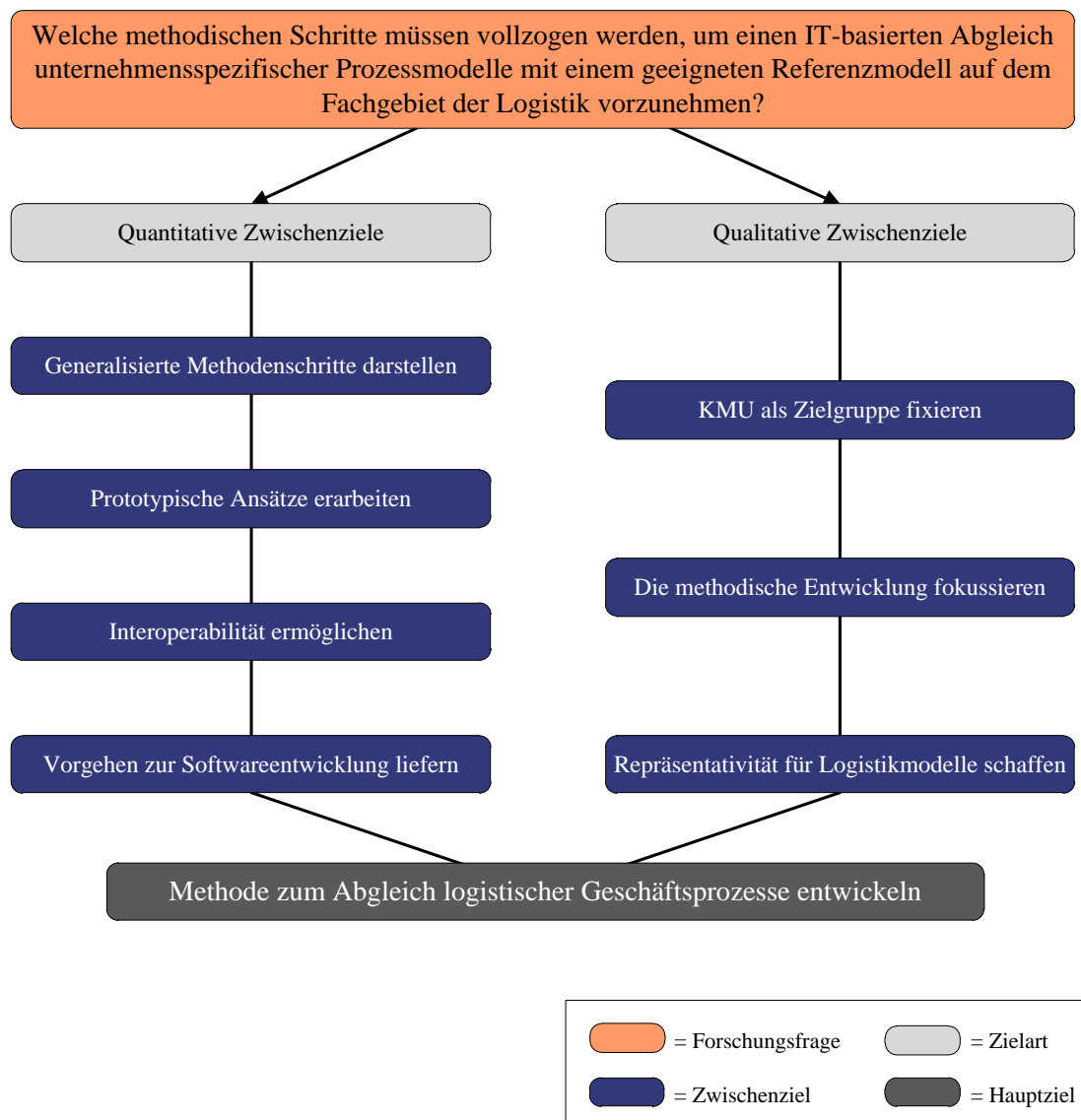


Abb. 1.1: Ziele der Arbeit (eigene Darstellung).

Grundlegend wird in der Arbeit zwischen zwei Zielarten unterschieden. Einerseits ergeben sich für die wissenschaftliche Bearbeitung quantitative Ziele. Für diese lässt sich ein messbares und objektives Ergebnis definieren, über das die Zielerreichung geprüft wird. Andererseits werden mit der Arbeit qualitative Ziele verfolgt, die sich nicht objektiv messen lassen und daher einen hohen Anspruch an die Ergebnisanalyse stellen (vgl. [EH09], S.33). Beide Zielarten beinhalten differenzierte Zwischenziele. Dabei wird zwischen vier messbaren Quantitätszielen und drei weiteren Qualitätszielen unterschieden. Über die Erfüllung dieser Zwischenziele wird das Hauptziel der Arbeit erreicht.

Inhaltlich gründen die quantitativen Ziele auf verschiedenen Ansätzen. Hierarchisch dargestellt wird zunächst eine Generalisierung der Methodenschritte angestrebt. Generalisierung bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der methodische Aufbau für verschiedene logistische Fragestellungen als Grundlage dient. Damit soll bspw. ausgeschlossen werden, dass die Methode nur zur Anwendung produktionslogistischer Modellvergleiche dient. Die Zielerfüllung wird letztlich über die Anwendungsmöglichkeiten in verschiedenen Logistikbereichen gemessen.

Um diesen Anwendungsaspekt greifbar zu machen, wird eine prototypische Umsetzung der Methode als weiteres Ziel angesetzt. Vor dem Hintergrund der logistischen Sichtweise beinhaltet die Umsetzung dabei erste Ansätze einer Automatisierung. Das Zwischenziel dient insbesondere einem geeigneten Übergang von der methodischen Ausarbeitung zu einer softwaregebundenen Implementierung im Kontext weiterer Forschungsansätze.

Vor dem Hintergrund dieser Implementierung und einem systemübergreifenden Methodenansatz ist es wichtig, die Zusammenarbeit verschiedener Techniken, Programme und Unternehmen zu ermöglichen. Ist dies der Fall, so wird von Interoperabilität gesprochen. Im Speziellen wird das Ziel verfolgt, eine Vergleichsmethode über die Verbindung autonomer IT-Programme zu erstellen, die durch unterschiedliche Unternehmen gleichzeitig genutzt wird. Das Ziel der Interoperabilität ist erfüllt, wenn der Austausch zwischen den verschiedenen Objekten (Systeme, Programme, Techniken, Unternehmen) fehlerfrei erfolgt.

Das vierte quantitative Ziel der Arbeit ist die Schaffung einer Grundlage zur Softwareentwicklung. Dieses Zwischenziel steht in engem Zusammenhang mit dem Ziel einer prototypischen Anwendung der Methode. Die Grundlage ist dann gegeben, wenn über die Schritte der Methode eine direkte Transformation in eine Programmierumgebung erfolgt.

Gegenüber den quantitativen Zwischenzielen stehen die qualitativen. Die erwähnte Praxis fordert die Eingrenzung der Zielgruppe für die Methode, da unterschiedliche Unternehmensgrößen unterschiedliche Einsatzpotenziale hervorrufen. Mit den Ergebnissen dieser Arbeit sollen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) angesprochen werden. Daher wird die Methode anhand eines logistischen Beispielprozesses durchgeführt, der sich auf die Bedürfnisse dieser Zielgruppe stützt.

Neben dem externen Fokus auf eine bestimmte Zielgruppe unterliegt die Arbeit auch einem internen Fokus. Es wird das Ziel verfolgt, die Methodenentwicklung herauszustellen. Der Umfang einzelner Strukturen und Inhalte zum Abgleich von Prozesse soll dadurch begrenzt und die Qualität der Methode gesteigert werden.

Bedingt durch generalisierte Methodenschritte auf der quantitativen Zielebene erweist sich auch die Repräsentativität für weitere Logistikabläufe im Rahmen eines Referenzmodells als Ziel. Sie soll mit Hilfe eines beispielhaften Prozesses für die Methode erzeugt werden, der den Verlauf eines typischen Logistikprozesses zeigt.

Zusammen ergeben die sieben Zwischenziele die Grundlage für das Hauptziel der Arbeit: Die Entwicklung einer Methode zum Abgleich logistischer Geschäftsprozesse. Die Erfüllung dieses Ziels stellt gleichzeitig die Antwort der Forschungsfrage dar. Es wird erwartet, dass eine Methode entsteht, die unabhängig von logistischen Untersuchungszwecken angewendet werden kann.

1.3 Aufbau und Methodik

Die Arbeit gliedert sich in zwei grundlegende Abschnitte auf, die verschiedene methodische Ansätze aufweisen. Der erste Abschnitt behandelt die Grundlagen zur Methodenentwicklung. Dabei werden die wesentlichen Fragestellungen geklärt, die zum strukturellen und inhaltlichen Aufbau der Vergleichsmethode benötigt werden. Die Klärung wichtiger Begriffe im Abschnitt 2.2 stellt eine notwendige Grundlage für das weitere Verständnis der Arbeit dar. Die Darstel-

lung logistischer Prozesse und der Prozessanforderungen im Abschnitt 2.3 führt zu der Selektion eines repräsentativen Geschäftsprozess der Logistik im Abschnitt 2.3.2. Die Selektion dieses Geschäftsprozesses wird auf Grundlage einer Gegenüberstellung von logistischen Prozessen und logistischen Anforderungen vorgenommen. Die Ansätze für Best-Practice-Prozesse im Abschnitt 2.3.3 ergänzen den selektierten Prozess um weitere Inhalte. Dabei wird auf eine Literaturanalyse zurückgegriffen.

Da Prozessmodelle zum Vergleich auf eine textuelle Aufbereitung angewiesen sind, werden im Abschnitt 2.4.2 Verfahren zum Text Mining im Kontext der Logistik erarbeitet. Die Darstellung der logistischen Sprachanforderungen im Abschnitt 2.4.1 stellt eine wichtige Grundlage für die Ausrichtung der methodischen Struktur dar. Die Anforderungen werden auf Grundlage einer analytischen Betrachtung der logistischen Sprache aufgestellt. Zudem werden persönliche Erfahrungen aus der Logistikpraxis auf die Ergebnisse übertragen. Der Abschnitt Verfahren des Text Mining ergänzt die Arbeit um Ansätze zur Bearbeitung logistischer Sprachanforderungen. Die Verfahren und Algorithmen sind das Ergebnis einer Literaturanalyse. Zur semantischen Analyse wird in der Methode eine Ontologie benötigt. Die Grundlagen dafür werden in Abschnitt 2.4.3 geschaffen. Allgemeine Verfahren des String-Matching in Abschnitt 2.4.4 komplettieren die Grundlagen zur Textverarbeitung und stellen so eine geeignete Basis für die Verarbeitung logistischer Prozesse dar.

Der zweite Abschnitt der Arbeit behandelt die eigentliche Methodenentwicklung und -implementierung. Dabei haben sich mehrere Teilabschnitte ergeben, die systematisch aufeinander aufbauen. Über die Darstellung von Annahmen und Restriktionen im Abschnitt 3.1 werden für die Methode systematisch alle Bedingungen aufgestellt, die zur Zielerfüllung gefordert werden. Die Auswahl der Annahmen und Restriktionen basiert auf der fortlaufenden Methodenentwicklung. Demnach haben sich die Bedingungen zur Zielerfüllung erst während der Erarbeitung weiterer Abschnitte herausgestellt.

Das Referenzmodell im Abschnitt 3.2 knüpft an die Prozessselektion der Grundlagenarbeit an. In diesem Abschnitt werden logistische Prozessstrukturen im Rahmen der Integrierten Unternehmensmodellierung (IUM) transformiert und so ein digitales Modell geschaffen. Methodisch werden die logistischen Prozessstrukturen unter der Verknüpfung mehrerer Normen und Richtlinien erarbeitet. Die Transformation nach IUM basiert auf Literaturangaben. Die Modellierung des Referenzmodells erfolgt unter dem Einsatz der Methode für die objektorientierte Geschäftsprozessoptimierung (MO²GO).

Der Aufbau einer Ontologie zu den Referenzprozessen im Abschnitt 3.3 ist eine Anwendung der Verfahren des Text Mining. Dabei liegt der Fokus auf der allgemeinen Vorgehensweise bei der Erstellung einer logistischen Ontologie. Eine Übersicht zur inhaltlichen Struktur im Abschnitt 3.3.1 wird dieser Ausrichtung gerecht. Die beispielhafte Ausarbeitung einer Ontologie in diesem Abschnitt ergänzt den theoretischen Ansatz. Dabei wird ein geeigneter Ontologie-Editor verwendet und auf die Inhalte des Referenzmodells zurückgegriffen.

Die Bewertung der Vergleichsresultate zwischen den Prozessen des Referenzmodells und der Unternehmensmodelle wird in einem Regelwerk vorgenommen (Abschnitt 3.4). Dabei werden zunächst Bewertungskategorien im Abschnitt 3.4.1 aufgestellt und diese dann inhaltlich mit Parametern im Abschnitt 3.4.2 belebt. Die Auswahl der Bewertungskategorien und Parametern erfolgt auf Basis von Literatur und normierten Werten. Die Berechnungsschritte der Bewer-

tungsmethode gründen auf einer Fuzzy-Logik und Nutzwertanalyse, die anhand allgemeiner Zielvorstellungen als Methode ausgewählt werden.

In einem spezifischen Methodenansatz im Abschnitt 3.5 werden letztlich alle Ergebnisse der vorangegangenen Abschnitt analysiert und zu geeigneten Methodenschritten zusammengestellt. Dabei steht die Gegenüberstellung von logistischen Anforderungen und möglichen Verfahrensansätzen zum textuellen Abgleich im Fokus. Nach dem Prinzip der Eignungsbewertung der Verfahrensschritte für die Problemstellung ergibt sich somit ein spezifischer Methodenverlauf.

Dieser Methodenverlauf wird letztlich in Form einer beispielhaften Implementierung im Abschnitt 3.6 auf einen konkreten Anwendungsfall übertragen. Dazu werden einerseits die Prozesse des Referenzmodells und andererseits geeignete Prozesse eines Unternehmensmodells herangezogen. Im Vergleich beider Prozessmodelle sollen die spezifischen Methodenschritte belegt und potenzielle Schwachstellen aufgedeckt werden. Methodisch greift die beispielhafte Implementierung auf alle eingesetzten Programme und die Ergebnisse der zuvor behandelten Abschnitte zu. Die Darstellung aller relevanten Ergebnisse sowie die Erstellung eines Fazits und Ausblicks im Abschnitt 4 schließt die Arbeit ab.

2 Grundlagen

Im Abschnitt 2 werden die Grundlagen für das Verständnis der weiterführenden Abschnitte erarbeitet. Dabei werden zunächst wichtige Fachausdrücke erläutert. Eine Darstellung von Unternehmensprozessen und die Einordnung logistischer Prozesse schafft die Grundlage für die Auswahl eines repräsentativen Logistikprozesses. Grundlagen und Verfahrensansätze zur logistischen Sprache und Textverarbeitung komplettieren den Abschnitt.

2.1 Stand der Wissenschaft

Dem Thema eines Abgleichs logistischer Geschäftsprozesse liegen nur wenige Ansätze in der Wissenschaft zu Grunde. Dabei sind Technologien zur Bedeutungslehre durchaus in dem betrieblichen Umfeld vieler Unternehmen integriert. Sie unterstützen Informations- und Wissensprozesse sowie spezifische Geschäftsprozesse (vgl. [Joh06], S.26). Im konkreten Fall werden die Technologien zur semantischen Datenintegration in Data Warehouses, der Erschließung von Dokumenten und der Unterstützung bei der persönlichen Internet-Recherche eingesetzt. Hinzu kommt der Einsatz zur Qualifizierung bestehender Daten, was einen Zusammenhang zur Potenzialanalyse logistischer Geschäftsprozesse erkennen lässt (vgl. [Joh06], S.22–23).

Speziell im Servicebereich lassen sich zahlreiche Einsatzszenarien nennen. Ein spezifisches Beispiel stellt das FAQ-System in Call-Centern und bei zahlreichen Hotlines dar. Dabei werden Fragen der Kunden durch den Abgleich mit vorhandenen Inhalten von Antworten eines FAQ automatisch beantwortet ([Bai08], S.19–20). Das Prinzip eines Vergleichs von Frage und Antwort ähnelt dem Vergleich eines logistischen Unternehmens- und Referenzmodells, allerdings fehlt der Bezug zu logistischen Anforderungen und Zielen.

Ein weiterer Einsatzzweck von Textvergleichen ist bei der Dokumentanalyse vorzufinden. Hier werden an Patenten textuelle Analyseverfahren eingesetzt, die Überschneidungen zwischen verschiedenen Dokumenten erkennen. Dadurch wird innovativen Unternehmen ermöglicht, neue Ideen anhand deren Beschreibungen mit der aktuellen Patentsituation abzugleichen. Beschreibungen patentierter Geschäftsprozesse können dadurch mit eigenen Prozessbeschreibungen verglichen werden. Allerdings basiert dieser Ansatz nicht auf der strukturellen Analyse der Geschäftsprozesse, sondern auf der Überschneidung einzelner Patentbegriffe (vgl. [MW09], S.94).

Angelehnt an die allgemeinen Prozesse eines Unternehmens hat sich Kluth mit dem semantischen Benchmarking von Geschäftsprozessen auseinandergesetzt. Dabei konnten zahlreiche Probleme aufgedeckt werden. Die Unterschiede in der Dokumenterstellung und der steigende Kommunikations- und Diskussionsaufwand erschweren den Vergleich von Prozessmodellen (vgl. [Klu13], S.1–3). Die Erkenntnisse von Kluth basieren allerdings nicht auf logistischen Geschäftsprozessen und nehmen daher auch keinen Bezug auf spezifische Anforderungen und Ziele. Auch das Referenzprojekt des IPK in Berlin (vgl. Abschnitt 1.1) vergleicht Unternehmensprozesse mit Referenzprozessen. Allerdings ist der semantische Vergleich dabei auf die

Unterstützung von IT-Unternehmen bei der Zertifizierung im Qualitätsmanagement angewiesen (vgl. [Kno12]).

Einen Ansatz zur formalen und semantischen Repräsentation logistischer Dienstleistungen haben Hoxha, Scheuermann und Bloehdorn geliefert, jedoch ist dabei lediglich der Aufbau und die Darstellung einer Ontologie zu logistischen Dienstleistungen fokussiert worden. Durch die Analyse logistischer Leitfragen zum Aufbau der Ontologie und der Auswertung über spezifische Abfragen konnten bereits wichtige Erkenntnisse für einen strukturellen Vergleich von Prozessmodellen geliefert werden. Jedoch ist eine Einbindung der Ontologie in eine Vergleichsmethode zu logistischen Prozessmodellen nicht durchgeführt worden ([HSB12], S.1–6). Auch Lian, Park und Kwon liefern mit dem Design einer Ontologie für die Repräsentation logistischer Situationen eine wichtige Grundlage zur Methode dieser Arbeit (vgl. [LPK07], S.433–436).

Zusammenfassend fehlt es in der Wissenschaft an geeigneten Forschungsansätzen, die semantische Technologien für die Verbesserung logistischer Geschäftsprozesse einsetzen. Einige wenige Ansätze befassen sich zwar mit den semantischen Anforderungen der Logistik, können aber keine zusammenhängende Methode zum Abgleich von Prozessen liefern. Die Arbeit setzt an dieser Problemstellung an.

2.2 Definitionen

Die Vergleichsmethode unternehmensspezifischer Logistikprozesse erstreckt sich über unterschiedliche Themenfelder. Diese Themenfelder beinhalten wiederum verschiedene Fachausdrücke. Im Fokus der Betrachtung stehen zwei interagierende Bereiche. Zum einen beruht das Thema auf Geschäftsprozessen. Zum anderen wird ein Abgleich dieser Prozesse gefordert, der auf Basis von Methoden und Modellierungsansätzen erfolgt. Geschäftsprozesse definieren sich als „Menge von Aktivitäten, die in einer Organisation ausgeführt werden, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.“ ([Sch12b], S.9). Hierbei werden den Prozessen verschiedene Eigenschaften zugeordnet (vgl. [Sch12b], S.9):

- Aktivitäten unterliegen einer definierten Reihenfolge
- Geschäftsprozesse erfolgen manuell oder automatisch
- Betriebsregeln oder Gesetze können die Aktivitäten beeinflussen
- Unternehmensressourcen führen die Aktivitäten aus
- Abhängigkeiten zwischen den Aktivitäten können vorhanden sein

Die Eigenschaften werden durch die Dimensionen Zeit und Ort erweitert. Davenport stellt in seiner These dar, dass ein Prozess einen bestimmten Anfang, ein Ende, einen Input und einen Output hat ([Dav93], S.5). Eine weitere Definition verknüpft den Begriff „Business Process“ mit „Workflow“ und bezeichnet diese als Synonyme ([Dra10], S.77). Etwas genauer werden Rummler und Brache in ihrer Definition. Sie sprechen bei Geschäftsprozessen von Aktivitäten, die als Ertrag ein Produkt oder eine Dienstleistung haben (vgl. [RB13], S.43). Etwas abstrakt erscheint dagegen die These von Arlbjørn und Haug, die Geschäftsprozesse als das Verhalten einer Unternehmung auslegen ([AH10], S.16). Alle Definitionen beziehen sich auf eine Reihe von Aktivitäten, die in einem Unternehmen auszuführen sind. Im Verlauf der Arbeit wird ein

Geschäftsprozess als Verkettung verschiedener Arbeitsschritte betrachtet, um den Anforderungen einer Modellierung gerecht zu werden.

Logistik ist die Optimierung der Material- und Erzeugnisflüsse, welche unter der Berücksichtigung vorhandener Informationsflüsse stattfinden muss ([GT12], S.9). Jünemann und Schmidt schärfen den Begriff der Logistik, indem sie von der wissenschaftlichen „Lehre der Planung, Steuerung und Überwachung der Material-, Personen-, Energie- und Informationsflüsse in Systemen“ sprechen ([JS00b], S.2). Auch bei dieser Ansicht erweist sich die IT als entscheidende Komponente. Eine Verknüpfung der Logistik zu der Beschreibung von Geschäftsprozessen stellt Kasilingam her. Er spricht bei Logistik von einer Reihe von Aktivitäten, welche spezifischen Zwecken dienen. Sie sollen die Verfügbarkeit der richtigen Produkte, in der richtigen Menge, beim richtigen Kunden, in der richtigen Zeit gewährleisten ([Kas98], S.1). Dieser Ansatz ist angelehnt an die „7R“ der Logistik (vgl. [Gie10], S.11–12). Über die Beschreibung als „logistische Aktivität“ wird vom allgemeinen auf das spezielle Anwendungsszenario geschlossen.

Referenzprozesse basieren auf Best-Practice-Prozessen. In der Grundbedeutung wird bei Best-Practice von einer praktizierten Idee gesprochen, welche eine Technik, einen Prozess, eine Methode oder eine Aktivität inkludiert, die effizienter als jeder andere Ansatz ist. Da sich jedoch die Messung dieser Effizienz als schwer erweist, unterliegt der Begriff „Best-Practice“ einem subjektiven Empfinden (vgl. [AMS11], S.3; [Ker10], S.18; [GS09], S.2). Der Ertrag einer praktischen Umsetzung in Unternehmen erweist sich dabei als Maßstab für die Beschreibung als „Best-Practice“ (vgl. [Ray01], S.3). Nachfolgend wird Best-Practice als Synonym für alle Prozesse verwendet, dessen Erfolg erwiesen und allgemeingültig anerkannt ist. Dabei handelt es sich einerseits um spezifische und innovative Unternehmenspraktiken, die erfolgreich umgesetzt wurden. Andererseits werden unter dem Begriff Prozesse verstanden, die in Normen, Regeln oder Richtlinien verfasst sind.

Im Kontext des Wissens- und Informationsaustauschs zwischen verschiedenen Unternehmen ist der Begriff der Interoperabilität wichtig. Hierbei wird von einem Zustand gesprochen, der als Ziel die Vereinheitlichung und Vereinfachung von Unternehmensprozessen und IT-Architekturen in der internen und externen Unternehmenskommunikation hat. Dadurch soll eine Interaktion zwischen Organisationen auf technischer, organisationaler und semantischer Ebene ohne die Aufhebung der Autonomie von Teilsystemen ermöglicht werden ([PB06], S.18). Sowohl der Einsatz verschiedener IT-Werkzeuge zum Abgleich der Prozesse als auch die Einbindung verschiedener Unternehmen in die Methode basieren auf den Prinzipien der Interoperabilität und machen diese für den Verlauf der Arbeit zu einem zentralen Gegenstand.

Der Abgleich zweier Prozessverläufe erfordert einerseits ein Unternehmensmodell, andererseits ein „Referenzmodell“. Das Referenzmodell ist eine Unterstützung zur Konstruktion der unternehmensspezifischen Prozessmodelle und demnach ein Bezugsrahmen (vgl. [Klu13], S.23; [Bre05], S.54; [Tho06], S.16). Daher stellen Referenzprozesse systematische und allgemeingültige Beschreibungen definierter Prozessverläufe dar (vgl. [Pes10], S.52). In der Arbeit ist die Referenz nicht nur ein grafisches Prozessmodell, sondern auch ein Regelwerk, in dem ein Bewertungsverfahren zum Prozessvergleich vorhanden ist ([Bec99], S.46).

Ist ein Referenzmodell entwickelt worden und liegen die relevanten Logistikprozesse eines Unternehmens in einem Modell vor, so bedarf es einer Vorgehensweise zum Abgleich der Mo-

delle. In diesem Kontext wird ein Ontologiemodell gebildet. Unter Ontologie wird eine explizite Spezifikation eines Konzepts und deren Relationen verstanden, die über ein Regelwerk ermöglicht wird ([Gru93], S.1; [SS09], S.216; [Hes02], S.477; [UM96], S.5–6). Dabei äußert sich die Gestalt einer Ontologie über Objekte, Objekteigenschaften und deren Zusammenhänge in Form einer hierarchischen Anordnung ([Kos07], S.13). Guarino erläutert den Begriff „Ontologie“ über sieben charakteristische Eigenschaften ([GG10], S.1):

- philosophische Disziplin
- informelles, konzeptionelles System
- formaler Zugang zur Semantik
- Spezifikation eines Konzepts
- Repräsentant eines konzeptionellen Systems
- Vokabular einer logischen Theorie
- Spezifikation einer logischen Theorie

Die Eigenschaften unterstreichen das weite Begriffsverständnis einer Ontologie. Die Struktur einer Ontologie basiert immer auf der Bedeutung von Begriffen und deren kontextueller Einordnung.

Semantik ist die Wissenschaft zur Bedeutung von sprachlichen Fragmenten, wie z.B. Wörtern und grammatikalischen Formen. Demnach ist die Semantik eine Unterform der Sprachwissenschaft ([Löb03], S.3; [SC04], S.15). Die „Bedeutung“ charakterisiert „den Inhalt, der sich aus der Relation zwischen Zeichen und Welt ergibt“ ([PB06], S.54). Diese Definition verdeutlicht die Komplexität der Semantik, aber auch dessen Potenzial für Forschungsansätze. Daher sind semantische Technologien auch universell in allen IT-gestützten Wissensmanagementlösungen einsetzbar ([Bai08], S.18). Die Semantik wird innerhalb der Methode zur Entwicklung einer Ontologie eingesetzt.

Der Vergleich zweier Prozesse erfordert eine Angleichung auf textueller Ebene. Gemäß der mathematischen Bedeutung einer Metrik liegt zwischen den beiden Prozessbeschreibungen eine Abstandsfunktion (vgl. [Goh07], S.8). „Metriken sind Algorithmen zur Berechnung von Kennzahlen von Systemen“ ([Küt06], S.250). In der Arbeit spiegeln die Kennzahlen den Input des Regelwerks wider. Algorithmen dienen dabei als Handlungsvorschriften zur Überführung eines bestimmten Inputs in einen bestimmten Output (vgl. [Cor01], S.5). In den folgenden Abschnitten kommt es zu weiteren Definitionen, die allerdings nur für spezifische Abschnitte relevant sind.

2.3 Logistische Prozesse

Logistische Prozesse sind ein zentrales Thema der Arbeit. Um diese Prozesse zu verstehen, bedarf es einer Einordnung in die Prozesse eines Unternehmens. Über die Erarbeitung von spezifischen Anforderungen wird ein repräsentativer Logistikprozess ausgewählt, der als Grundlage für ein Referenzmodell dient.

2.3.1 Einordnung logistischer Prozesse

Anknüpfend an die Definition von Geschäfts- und Logistikprozessen im Abschnitt 2.2 folgt eine Einordnung der Prozesse in den Kontext eines Unternehmens. Sie soll ein Verständnis für die beispielhaften Geschäftsprozesse der Vergleichsmethode geben. Zunächst werden die Prozesse eines Unternehmens unabhängig von der Logistik betrachtet. Dazu werden zwei beispielhafte Ansätze gezeigt, die den Verlauf von allgemeinen Unternehmensprozessen kennzeichnen.

Der erste Ansatz beschäftigt sich mit dem Aufbau der Wertschöpfungskette einer Organisation auf prozessualer Ebene. Eine Wertschöpfungskette definiert sich als die Summe aller Prozesse, die für ein Produkt oder eine Dienstleistung einen Wert für den Kunden schafft ([Hel09], S.35). Bei dem ersten Ansatz ist zwischen vier Prozesskategorien zu unterscheiden, die systematisch aufeinander aufbauen. Zunächst benötigt die Wertschöpfungskette Geschäftsprozesse, die auf Innovationen basieren und den Aufbau einer spezifischen Marktposition ermöglichen. Anknüpfend daran spezifizieren sich die Prozesse eines Unternehmens durch die Annahme kundenspezifischer Bedürfnisse. Diese „Kundenmanagementprozesse“ dienen der Steigerung des Kundennutzens. Die Wertschöpfungskette eines Unternehmens führt weiter zu den operativen Prozessen, die in der Logistik eine wichtige Position einnehmen. Operativ bedeutet, dass die strategischen Kennzahlen einer Wertschöpfung, wie z.B. Kosten, Qualität oder Zykluszeiten, optimiert werden und dadurch eine „Exzellenz“ geschaffen wird (vgl. [KW04], S.55). In dieser Prozesskategorie finden sich alle Arbeitsabläufe wieder, die zur Herstellung von Produkten dienen. Die Wertschöpfungskette endet mit gesetzlichen und umweltbezogenen Prozessen. Dabei erweisen sich Themen der Sicherheit, Gesundheit oder auch Gesellschaft als wichtig. Die Prozesse auf dieser Ebene fordern von einem Unternehmen ein besonderes Maß an Interaktion und Verantwortung (vgl. [KNH01], S.82). Eine Übersicht der Prozesseinteilung nach Kaplan ist in Abb. 2.1 zu sehen:

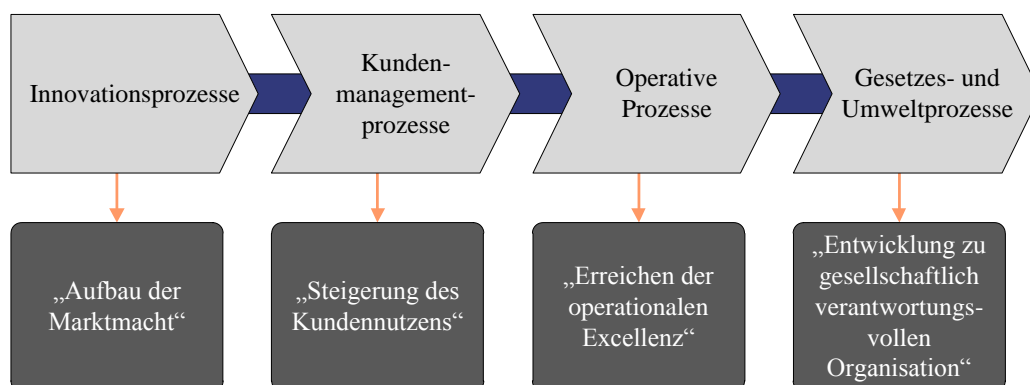


Abb. 2.1: Unternehmerrische Prozesskette (nach [KNH01], S.82).

Im Gegensatz zu Kaplan orientieren sich die Prozesse nach Rosenkranz nicht so stark an der Entwicklung der eigenen Wertschöpfung. Vielmehr steht die Verknüpfung zwischen Lieferant und Kunde im Mittelpunkt. Rosenkranz spricht in seinem Ansatz von Aktivitäten. Diese sind inhaltlich mit den Geschäftsbereichen eines Unternehmens gleichzusetzen.

Am Anfang der Unternehmensaktivitäten steht der Lieferant. Er ist die Quelle der Wertschöpfung und beeinflusst mit seiner Prozessqualität maßgeblich die Effizienz nachfolgender

Aktivitäten. Hat der Lieferant die Grenze seines Einflussbereichs erreicht (z.B. Wareneingang im Unternehmen), so geht die Verantwortung für die Wertschöpfung in die internen Aktivitäten des Unternehmens über. An dieser Stelle ist die Qualität der Prozesse von entscheidender Bedeutung für eine erfolgreiche Wertschöpfung. Qualität bedeutet in diesem Zusammenhang die Erfüllung der Kundenansprüche über die Gesamtheit aller Prozesse im Unternehmen (vgl. [DIN9000], S.16; [Muk10], S.32). Die unternehmensinternen Aktivitäten zeichnen sich durch eine hohe Vielfalt aus. Dabei reichen die Prozessverläufe von Personalthemen über Logistikprozesse bis hin zur Vermarktung des Produktes. An dieser Stelle wird deutlich, dass die Geschäftsprozesse eines Unternehmens über viele Geschäftsebenen betrachtet werden müssen. Daher sind unter Anbetracht zeitlicher Restriktionen strategische, taktische und operative Aktivitäten in die Analyse und Modellierung von Unternehmensprozessen einzubeziehen (vgl. [Ste05], S.5). Über die Wareneingangsprozesse bis zum Kundenservice lässt sich die Qualität der Geschäftsprozesse an der Höhe der Gewinnspanne messen. Externe Partner, wie z. B. der Lieferant zum Beginn der Prozesskette als auch der Kunde zum Ende der Prozesskette, bilden die Schnittstelle zu den unternehmensinternen Aktivitäten. Neben Lieferanten und Kunden kommen weitere Prozesspartner hinzu, die Schnittstellen zu den Unternehmensaktivitäten bilden, wie z.B. Kapitalgeber, Gewerkschaften oder politische Gruppierungen (vgl. [Lac10]; S.13; [Ros06], S.5). In Abb. 2.2 ist die Wertschöpfungskette nach Rosenkranz dargestellt.

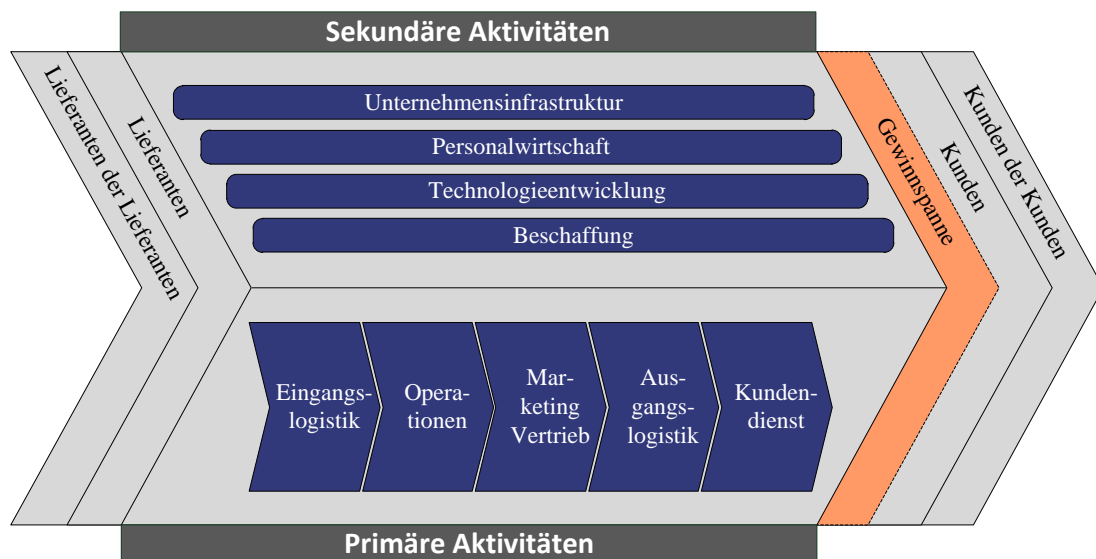


Abb. 2.2: Wertschöpfungskette (nach [Ros06], S.5).

Nach der Einführung in die generellen Prozesse eines Unternehmens konzentriert sich die folgende Betrachtung auf die logistischen Prozesse. In Anbetracht der Definition von Geschäftsprozessen im Abschnitt 2.2 wird mit dem Prozessverlauf immer ein Ziel verfolgt. Auf logistischer Ebene wird dieses Ziel über den Materialfluss messbar gemacht ([Bec08]; S.7).

Detailarm ist die logistische Prozessbetrachtung nach Gudehus, in der lediglich von drei Grundformen logistischer Prozesse ausgegangen wird:

- Beschaffungsprozesse
- Betriebsprozesse

- Distributionsprozesse

Hinzu kommt im Rahmen der Betriebsprozesse eine Unterteilung in operative und administrative Aktivitäten sowie verschiedene Informations- und Materialströme. Dabei wird die Beschaffungs- und Distributionslogistik als außerbetrieblich und die Betriebslogistik als innerbetrieblich beschrieben. (vgl. [Gud11], S.7). Diese Funktionstrennung der Prozesse klassifiziert die Logistik als interdisziplinär und umfassend für alle Aktivitäten, in denen physische oder informationsgebundene Bewegungen stattfinden.

Ein erweiterter Ansatz zur Beschreibung logistischer Prozesse erfolgt über die funktionale Abgrenzung der Orte des Materialflusses. So lässt sich die Beschaffungslogistik auch über die Prozesse eines Zulieferungs- und Beschaffungslagers charakterisieren. Die internen Prozesse der Produktionslogistik definieren sich über den Prozess der Zwischenlagerung. Ein Absatz- und Auslieferungslager steht stellvertretend für die Distributionsaktivitäten des Unternehmens. Der Beschaffungsmarkt als Quelle und der Absatzmarkt als Senke bilden die Schnittstellen zur Unternehmenslogistik. Parallel zur Graphentheorie in der Mathematik kennzeichnen Quellen in der Logistik einen Prozess ohne Vorgängerprozess. Senken sind dagegen alle Prozesse, die keinen Nachfolgerprozess haben (vgl. [ZZZ⁺95], S.200).

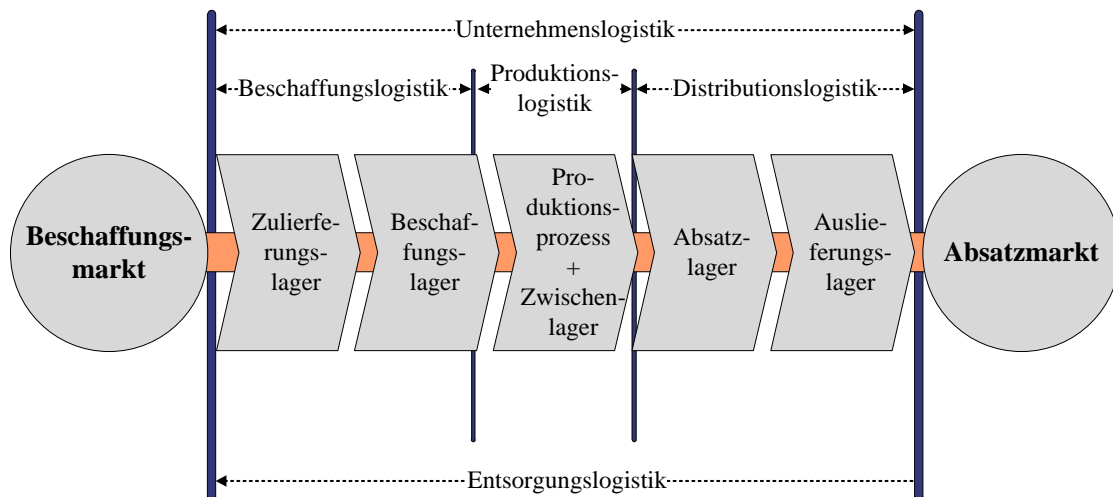


Abb. 2.3: Logistische Unternehmensprozesse (nach [Koc12], S.12).

Die Grenzen der Wertschöpfungskette bilden, wie schon bei den vorigen Ansätzen, die Lieferanten und Kunden. Die intralogistischen Prozesse teilen sich nach Gudehus auf sieben Teilbereiche auf. Beginnend mit der Warenannahme wird die Schnittstelle zu den Lieferanten gebildet. Aufgrund des zeitintensiven Handlings bildet der zweite Schritt die Nachbereitung der Warenannahme und die Vorbereitung der Güter auf den Lagerprozess. Die Qualitätskontrollen beeinflussen an dieser Stelle erheblich die Durchlaufzeit im Lager ([Gie10], S.40). Sind die Waren geprüft und vorbereitet, so gelangen sie in den Lagerprozess. Mit der Kommissionierung schließt an den Lagerprozess ein zentraler Logistikprozess an. Bedingt durch die direkte Bindung an die Lieferqualität bildet die Kommissionierung solche Prozesse ab, die auf Unternehmensseite von entscheidender Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg sind (vgl. [MS12a], S.42). Sind die Güter gemäß den Kundenaufträgen zusammengestellt, so müssen sie anschlie-

End für die Auslieferung verpackt werden. Über den Versandbereich gelangen die verpackten Güter schließlich auf ein Transportmittel zur Auslieferung an den Kunden. Um das Feld der logistischen Prozessbereiche abzuschließen, unterliegen der Entsorgung alle Materialflüsse, die an das Unternehmen zurückkommen (vgl. [Gud11], S.21). Der logistische Prozessverlauf nach Gudehus wird in Abb. 2.4 dargestellt:

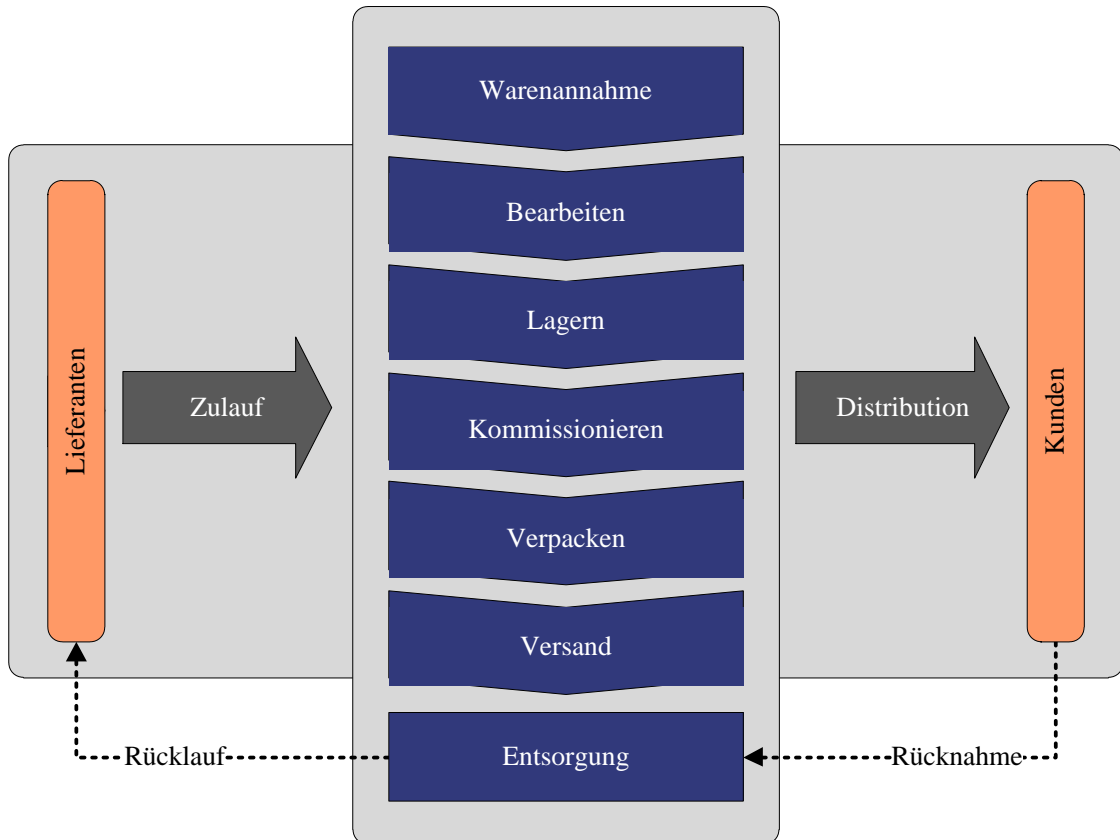


Abb. 2.4: Logistischer Prozessverlauf (nach [Gud11], S.21).

Da die logistischen Prozesse nach materialflusstechnischen Eigenschaften in der Abb. 2.4 gut differenziert werden, erweist sich die Modellierung eines Referenzmodells auf dieser Ebene als geeignet. Lagerprozesse weisen bspw. ein sehr differenziertes Spektrum an logistischen Kennzahlen und Anforderungen gegenüber dem Versand auf.

Die vorgestellten Logistikprozesse spiegeln den Materialfluss vieler kleiner und mittlerer Unternehmen (KMUs) wider. Darüber hinaus gibt es noch weitere Geschäftsprozesse, die auf logistischen Inhalten aufbauen. In der Automobilbranche fallen bspw. komplexe Prozesse für die Ersatzteilversorgung der Produktionswerke an. Ein beispielhafter Prozessverlauf kann der VDI Richtlinie 3600 entnommen werden (vgl. [VDI3600], S.40).

Die umfassende Meinung über logistische Prozesse als lieferantenseitige, intralogistische und kundenseitige Aktivitäten bedarf für die Methode einer Spezifikation. Der Kunde steht dabei im Fokus. Seine Anforderungen beeinflussen den Verlauf und die Kosten logistischer Geschäftsprozesse erheblich. Fünf beispielhafte Kundenerfordernisse fallen im heutigen Unternehmensumfeld an ([VK12], S.110):

- Termin- und tagesgenaue Lieferungen
- 24h Lieferungen nach Bestellung
- Kurzfristige Befriedigung von Bedarfsspitzen
- Übernahme zusätzlicher Dienstleistungen
- JIT-Lieferkonzepte

Logistikprozesse müssen auf dieses Anforderungsprofil mit hoher Flexibilität reagieren. Die Forderungen zeigen, dass die logistischen Aktivitäten durch den Faktor Zeit bestimmt werden. Daher liefert die zeitliche Restriktion einen Ansatzpunkt für den Betrachtungsgegenstand der Vergleichsmethode in den nachfolgenden Abschnitten.

Des Weiteren erweisen sich auch zahlreiche strategische und organisatorische Anforderungen als charakteristisch für logistische Problemstellungen. Hierzu gehören unter anderem die Kundenintegration, die Netzwerkfähigkeit oder auch die ökonomische Verteilung spezifischer Ressourcen (vgl. [Str04], S.126). Der Erfüllungsgrad dieser Anforderungen wird durch die strukturelle Anordnung der Geschäftsprozesse maßgeblich beeinflusst. Abhängigkeiten bieten zwangsläufig Potenziale in der Prozessgestaltung, bspw. wirkt sich die Reihenfolgeplanung in der Fertigung maßgeblich auf die Auftragsdurchlaufzeit aus (vgl. [Wie02], S.98). Da das Potenzial einer Unternehmensfunktion durch den ständigen Wandel in Technik und Denken nie ausgeschöpft sein wird, lässt sich die Abhängigkeit zwischen einem relevanten Unternehmenswert und einer logistischen Prozessfolge grundlegend als interessant für einen Vergleich von Geschäftsprozessen erachten.

Die Grenzen logistischer Prozesse sind schwer zu definieren. Um trotzdem einen Ansatz zur Abgrenzung zu liefern, wird eine individuelle Eigenschaft logistischer Prozesse erhoben. Dabei wird von einer doppelten Transformation gesprochen, die räumlich und zeitlich stattfindet ([BG00], S.4). Gütertransporte erfahren bspw. sowohl eine räumliche Transformation durch die Fahrt von A nach B als auch eine zeitliche Transformation durch die Fahrzeit. Vor diesem Hintergrund stellen einige klassische Unternehmensbereiche keinen Analysegegenstand für das Thema dieser Arbeit dar. Dazu gehören unter anderem angrenzende Aktivitäten wie das Marketing, die Entwicklung oder auch der Service (vgl. [Koc12], S.27).

2.3.2 Prozessanforderungen und -selektion

Zur Entwicklung weiterer Analysemodelle soll ein Geschäftsprozess aus der Logistik ausgewählt werden, der in einem Referenzmodell abgebildet werden kann. Die Auswahlkriterien der Logistikprozesse werden anhand verschiedener Aspekte festgemacht. Dabei werden die Grundlagen zu logistischen Geschäftsprozessen aus Abschnitt 2.3.1 angewandt.

In Anlehnung an die 8-R der Logistik wird die Auswahl logistischer Prozesse zur Methodenentwicklung vorgenommen. Die 8-R stellen die wesentlichen Ziele logistischer Prozesse dar. Werden die acht Ziele auf die Prozesse eines Unternehmens transformiert, so ergibt sich ein spezifisches Anforderungsprofil für die Prozesswahl. Demnach müssen die Prozesse des beispielhaften Referenzmodells acht Eigenschaften genügen (vgl. [Jet07], S.11):

- Die richtigen Güter in den Prozessen
- Die richtige Menge an Prozessen
- Die richtige Qualität der Prozesse

- Der richtige Zeitrahmen für die Prozesse
- Die Kostenrelevanz der Prozesse
- Der richtige Ort der Prozesse
- Die richtigen Daten für die Prozesse
- Das richtige Wissen über die Prozesse

Die richtigen Güter in den Prozessen sollten vorhanden sein, damit die Repräsentativität der Methode dem Anspruch weiterer Anwendungsmodelle genügt. Es ist nicht sinnvoll, einen Prozess für die Untersuchung auszuwählen, der für den Materialfluss spezifischer Güter (z.B. Raumfahrtteile) vorgesehen ist und sich daher ungeeignet für die Anwendung auf andere Branchen erweist.

Die richtige Menge an Prozessen besagt, dass die Modellierung nicht den Umfang der Methode überschreitet. Daher sollte nur ein Geschäftsprozess für die Analyse ausgewählt werden, der eine begrenzte Anzahl eigener Aktivitäten vorweist. Dabei gilt: Je tiefer die Betrachtungsebene der Prozesse, desto detailreicher das Prozessmodell und damit auch die Ergebnisse der Vergleichsmethode. Das wiederum steigert die Qualität der Methode. Die Abbildung einer Lieferkette ist bspw. sehr allgemein und nur durch einen großen Aufwand in detaillierter Form modellierbar. Die Betrachtung einer einzelnen Transportstrecke führt dagegen zu exakten Modellansätzen. Durch diese Abstufung vom Allgemeinen auf das Besondere werden die wichtigen Abläufe logistischer Prozesse sichtbar. Da diese in hohem Maß von den Anforderungen der jeweiligen Branche bestimmt sind, müssen objektive Modellstrukturen geschaffen werden (vgl. [Kla12], S.240).

Die richtige Qualität der Prozesse liegt dann vor, wenn die Erfordernisse von Mensch und Maschine in die Prozessgestaltung integriert sind. Prozesse dieser Art sind vor dem Hintergrund wachsender Qualitätserfordernisse diskutabel und bilden eine geeignete Grundlage für einen Modellvergleich. Die Qualitätserfordernisse entstehen durch verschiedene Institutionen, wie z.B. durch den Staat, die Gewerkschaften, Mitarbeitern, das Firmenmanagement und durch den Kunden (vgl. [Ros06], S.16–17).

Der Prozess für das Referenzmodell bedarf den richtigen Zeitrahmen. Daher ist es sinnvoll, logistische Aktivitäten abzubilden, die aktuell verbreitet in der Praxis sind. Die Analyse eines Beschaffungsprozesses ist bspw. auf Basis eines Verkäufermarktes heutzutage von geringem Interesse bei den Unternehmen (vgl. [See10], S.20). Dagegen erweisen sich z.B. logistische Prozesse mit ökologischen Potenzialen als relevant für die Wirtschaft.

Zwischen der Logistik und den Kosten eines Unternehmens liegt eine starke Bindung. Diese Tatsache beruht darauf, dass die Logistikkosten einen erheblichen Teil der Gesamtkosten einer Unternehmung ausmachen (vgl. [KGJ09], S.253). Daran anknüpfend soll das beispielhafte Referenzmodell eine Anzahl von Prozessen abbilden, die die Kosten eines Unternehmens offensichtlich beeinflussen.

Der richtige Ort der Prozesse meint, dass die ausgewählten Aktivitäten im Rahmen der logistischen Kernfachgebiete liegen. Diese wurden bereits im Abschnitt 2.3.1 beschrieben. Eine Betrachtung logistischer Leistungen besitzt bspw. im Rahmen der Notfalllogistik in Krisenländern für diese Untersuchung wenig Aussagekraft. Es wird das grundlegende Ziel verfolgt, über repräsentative Prozesse eine Vielzahl von KMUs anzusprechen (vgl. Abschnitt 1.2).

Die beiden letzten Anforderungen nach den 8-R's der Logistik werden aufgrund ihrer Bedeutung zusammen dargestellt. Einerseits müssen für die logistischen Prozesse die richtigen Daten bereit stehen. Richtig bedeutet in diesem Kontext, dass die Daten für die Modellierung auf erfolgreichen Prozessverläufen aufbauen. Diese Aussage belegt die Definition von „Best-Practice“ im Abschnitt 2.2. Andererseits erfordert die Vergleichsmethode das richtige Wissen über die Prozesse. Daher werden Informationen gefordert, die eine detaillierte, aussagekräftige und vor allem fehlerfreie Modellierung zulassen. Deshalb ist eine Betrachtung innovativer, aber wenig praktizierter Aktivitäten in der Logistik für die Analyse nicht sinnvoll.

Unter Anbetracht aller Kriterien ist es erforderlich, die Vielzahl geeigneter Geschäftsprozesse für die Analyse einzugrenzen. Die Basis zur Prozesswahl bilden nach Abschnitt 2.3.1 unternehmensinterne und -externe Aktivitäten. Mit Bezug auf die Logistik erfolgt eine Einteilung in die Funktionsbereiche der Intralogistik (intern) und der Transportlogistik (extern). Da abgeleitet von den Eigenschaften des Supply Chain Management (SCM) in der Distributions- und Transportlogistik sehr viele verschiedene Strukturkonzepte (z.B. lagerloser Umschlag, Milk-Run, etc.) vorhanden sind, ist die Analyse eines intralogistischen Prozessverlaufs sinnvoll (vgl. [Dor13], S.126). Demnach ist die Transparenz das entscheidende Kriterium.

Die relevanten Geschäftsprozesse werden der Übersicht eines Logistikzentrums nach Gudehus entnommen (vgl. Abb. 2.4). Da dieser Ansatz einer Ermittlung standardisierter Logistikprozesse entspricht, ist die Vereinbarung der Prozesse mit nahezu allen Gütern möglich.

Die Komplexität einiger Intralogistikbereiche ist kritisch für die Analyse. Die mangelnde Transparenz und Standardisierung der Prozessabläufe im Bereich der Bearbeitung (zwischen Warenannahme und Lagerung) sind negativ zu sehen. Auch die Entsorgung eignet sich aufgrund ihrer komplexen Aufgaben nur geringfügig für die Bearbeitung in der Vergleichsmethode (vgl. [Kla12], S.154).

Die Integration qualitativer Merkmale in den Prozess gestaltet sich bei der Lagerung als schwierig. Diese Ansicht beruht auf der Tatsache, dass sich die Lagerung in kleinen und mittelständischen Unternehmen oftmals über Leerlaufphasen definiert. Daher werden Qualitätsentscheidungen von Prozessen zwischen Mensch und Maschine nur geringfügig getroffen ([Web12], S.232). Bezogen auf die Aktualität der intralogistischen Prozesse erweisen sich alle Teilbereiche nach Gudehus als geeignet für die Analyse in einem Referenzmodell.

Sparpotenziale und demnach eine Kostenrelevanz für das Unternehmen weisen auch alle Intralogistikbereiche auf. Durch ineffiziente Aktivitäten in der Verpackung ergeben sich bspw. hohe Folgekosten, die einen Einfluss auf den Wert eines Produktes oder einer Dienstleistung haben (vgl. [Kaß11], S.267). Auch das Angebot an Best-Practice-Beispielen ist infolge steigenden Interesses an der Logistik in allen Intralogistikbereichen vorhanden (vgl. [SVK03], S.441).

Die Bereiche der Intralogistik beinhalten zahlreiche Ansätze für die Analyse. Daher ist es notwendig, die praxisrelevanten Untersuchungsbereiche zu filtern. Werden die gegenwärtigen Debatten im Umfeld der Logistik betrachtet, so stehen zwei Themen immer wieder im Fokus der Diskussion. Zum einen drehen sich die Konferenz- und Literaturbeiträge um das Thema „Grüne Logistik“. Die aktuelle Bedeutung dieser Thematik unterstreicht die Transformation der 8-R der Logistik in die 9-R der nachhaltigen Logistik (vgl. [KK11], S.15). Zum anderen bieten sich vor dem Hintergrund einer steigenden Sozialverantwortung der Unternehmen gegenüber dem Arbeitnehmer zahlreiche Analyseansätze in der Gestaltung humaner Arbeitsplätze. Dabei

erweist sich diese Strategie mittlerweile als Wettbewerbsvorteil und Differenzierungsmerkmal für ein Unternehmen (vgl. [Pri10], S. 34–36; [WG09], S.1; [WG11], S.1; [Bre10]; [Sha09]).

Vor dem Hintergrund einer „jungen“ Disziplin sprechen viele Autoren zurzeit noch von zukünftigen Herausforderungen im Bereich der grünen Logistik (vgl. [KK12], S.15). Die Ergonomie in der Logistik betrifft die Unternehmen stattdessen schon bei der Freigabe neuer Arbeitsplätze, weshalb die Probleme in der Gegenwart liegen. Eine Betrachtung ergonomischer Aspekte ist daher sinnvoll.

Die Ergonomie ist die Anpassung der Arbeit an die Fähigkeiten des Menschen und daher die gezielte Gestaltung der Interaktion zwischen Mensch und Technik ([Bar13]; [MS12b], S.3). Generell ist das Thema überall dort einzubeziehen, wo Prozesse manuell ausgeführt werden. In der Kommissionierung, der Zusammenstellung von Artikeln aus einem Sortiment für den spezifischen Kundenauftrag, erweist sich die Arbeit als körperlich belastend ([Mül12], S.59). Insbesondere der Rücken unterliegt dabei durch zahlreiche Hebevorgänge starken Belastungen. Die Sonderstellung der Kommissionierung belegen darüber hinaus Belastungsvergleiche mit anderen Logistikaktivitäten ([Ber08]; vgl. [Wal11], S.79). Ein weiteres Kriterium für die Betrachtung von Kommissionierprozessen ist die starke Bedeutung der Zusammenstellung kundenspezifischer Mengen. Die hohe Nachfrage nach einer auftragsbezogenen Güterzusammenstellung und die entscheidende Beeinflussung der Warenverteilung und der Verbindung zwischen Lager- und Verbrauchsfunktion machen die Kommissionierung zusätzlich zu einem interessanten Untersuchungsgegenstand für die Methode (vgl. [GT05], S.293; [JS00a], S.211; [DS09], S.4; [HSN07], S.251). Basierend auf den Auswahlkriterien und den Eigenschaften der logistischen Prozesse wird somit die Kommissionierung unter ergonomischen Aspekten als Referenzmodell für die Vergleichsmethode herangezogen. Dabei wird der Fokus aus Gründen der Transparenz und der praktischen Verbreitung in KMUs auf manuelle Prozesse gelegt (vgl. [RGG12], S.1). Das Auswahlverfahren für den Referenzprozess ist in Abb. 2.5 dargestellt:

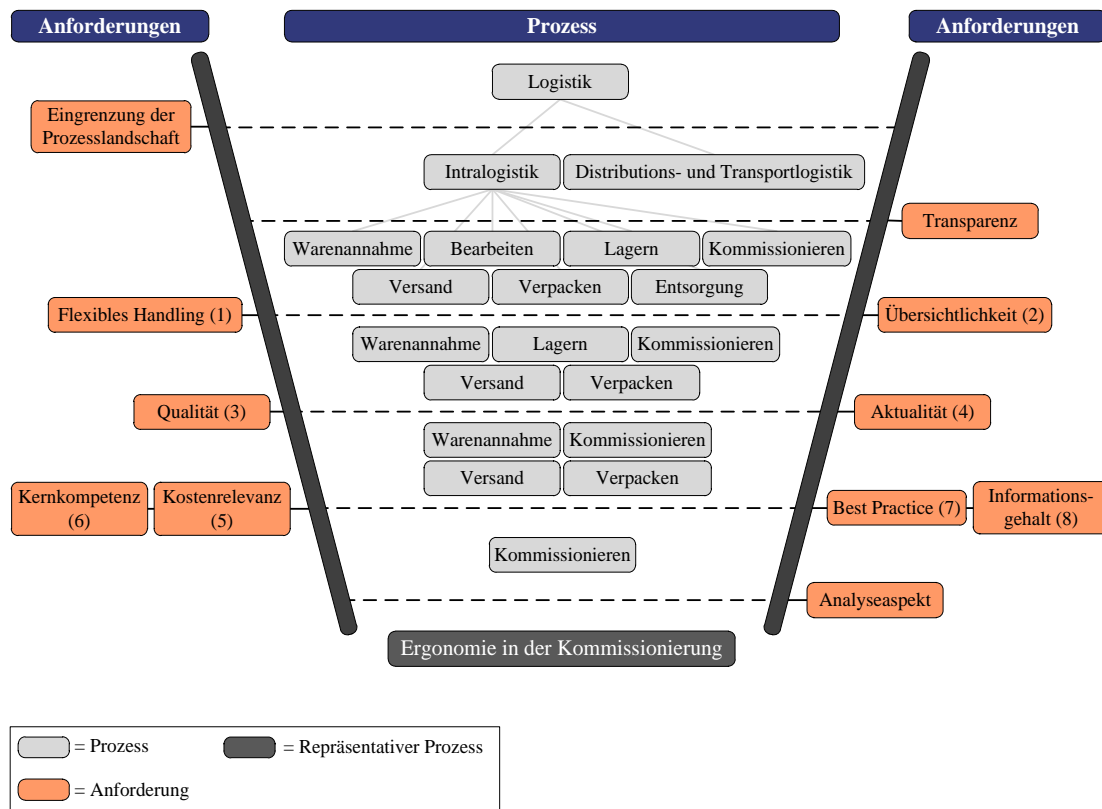


Abb. 2.5: Selektion logistischer Prozesse (eigene Darstellung).

2.3.3 Ansätze für Best-Practice-Prozesse

Nachdem ein geeigneter Logistikprozess zur weiteren Analyse ausgewählt wurde, werden nun einige Best-Practice-Beispiele in die Prozesse zur Kommissionierung integriert. Wie bereits im Abschnitt 2.2 beschrieben, definiert sich Best-Practice als erfolgreich praktiziert und regulativ bewiesen. Die Definition einer „besten“ Lösung stellt dabei eine subjektive Komponente dar. Zusammen mit einem generellen Prozessverlauf der Kommissionierung bilden die Best-Practice-Beispiele ein Referenzmodell, welches als Grundlage für ein Regelwerk und eine Ontologie dienen wird. Um geeignete Best-Practice-Prozesse für die Kommissionierung zu finden, bedarf es einer Potenzialanalyse verschiedener Praxisbeispiele. Dabei soll herausgestellt werden, durch welche Faktoren in Unternehmen erfolgreiche Best-Practice-Prozesse entstehen.

Bei IBM erweisen sich z.B. Qualitätsaspekte und die Kommunikation zwischen den Mitarbeitern oder Geschäftspartnern als einflussreiche Faktoren für den Unternehmenserfolg auf Basis von Best-Practice-Prozessen. Die Qualität wird anhand eines Total Quality Managements (TQM) und die Kommunikation anhand kooperativer Lieferbeziehungen und des Teamworks messbar gemacht. Bei Ford entwickeln sich Best-Practice-Prozesse oftmals über eine hohe Mitarbeiterqualität und technische Innovationspotenziale (vgl. [Zai99], S. 12–17).

Die beiden Praxisbeispiele zeigen, dass eine einfache Aufstellung der Kriterien für Best-Practice schwer ist. Wie im Abschnitt 2.3.2 dargestellt, erweisen sich in der Logistik die Kosten als entscheidender Maßstab für die Effizienz des Unternehmens. Daher wird Best-Practice anhand der Gegenüberstellung spezifischer Kosten messbar gemacht. Drei Parameter sind dabei für die Bewertung logistischer Prozesse wichtig (vgl. [EFM01], S.8):

- Aktuelle Prozesskosten
- Potenzielle Prozesskosten
- Prozessrisiken

Liegen die potenziellen Kosten unter den aktuellen Kosten eines Prozesses und erweisen sich die Risiken gleichzeitig als unkritisch, so wird von einem erfolgreichen Prozess gesprochen. Wenn dieser im Vergleich zu ähnlichen Prozessen von Wettbewerbern das höchste Einsparpotenzial aufweist, so liegt ein Best-Practice-Prozess vor. Um an den ausgewählten Prozess aus Abschnitt 2.3.2 anzuknüpfen, muss der Bewertungsansatz auf das Thema der Ergonomie übertragen werden. Dabei erfolgt durch die Gegenüberstellung aktueller und potenzieller Arbeitsbelastungen auf den Menschen eine Messung von Best-Practice in der Kommissionierung. Ein weiteres Maß zur Erkennung von erfolgreichen Prozessen in Unternehmen ist die Erfüllung wichtiger Prozesseigenschaften. Dazu gehören bspw. die Effektivität, Flexibilität oder Beherrschbarkeit von Prozessen. Becker und Enslow diskutieren diesen Ansatz zur Erfolgsmessung von Aktivitäten in Unternehmen ([Bec08], S.14; [Ens06], S.2). Unter Berücksichtigung aller genannten Messverfahren ist die Auswahl von Best-Practice-Beispielen für das Referenzmodell auf drei Technologien gefallen:

- Palettenwendegerät
- Ergonomische Lagerfachbelegung
- Mittfahrende Hebehilfe

Das Palettenwendegerät unterstützt den Kommissionierer bei der Handhabung von palettierten Gütern. Dabei werden die bereitgestellten Paletten im Kommissionierlager zu einem geeigneten Zeitpunkt um 180° gedreht. Das zugrunde liegende Problem ist die einseitige Entnahme durch den Mitarbeiter von der Palette. Die Palette wird einseitig an der Entnahmefront geleert und bedarf eines tiefen Greifens bei fortschreitender Entnahme. Das automatische Wenden der Palette wirkt dieser belastenden Körperhaltung entgegen ([WS05], S.2).

Die ergonomische Lagerfachbelegung erweist sich bei der Klassifizierung der Kommissioniergüter in den Entnahmeregalen als erfolgreich. Die Entnahmefront für einen Kommissionierer sollte so gestaltet sein, dass über den ganzen Kommissionierprozess eine ergonomische Entnahme erfolgen kann. Dazu muss das Gewicht und die Anzahl an Picks/Tag ermittelt werden. Picks stellen die Anzahl an manuellen oder automatischen Entnahmevorgängen von Gütern aus einem Lagerbereich dar. Generell gilt dabei, dass häufig zu greifende und schwere Güter in einer ergonomisch optimalen Greifhöhe positioniert werden (vgl. [Wal11], S.5).

Eine mittfahrende Hebehilfe wird in Bereichen mit kompakten Lasten bis 25 kg eingesetzt ([GEB08], S.3). Dazu zählen z.B. mittelschwere Bauteile von Getrieben und Motoren für den Fahrzeugbau. Für die technische Gestaltung einer Hebehilfe gibt es verschiedene Ansätze. Ein Ansatz sieht die Zuhilfenahme eines Miniaturarms vor, der den Mitarbeiter bei der Entnahme tiefliegender, frei erreichbarer Güter entlastet. Der Arm arbeitet halbautomatisch wie ein Kran und ist auf dem Kommissionierstapler befestigt. Dadurch können mittelschwere Lasten bis 25 kg ergonomisch vom Mitarbeiter kommissioniert werden (vgl. [GEB08], S.6; [Ber08]). Anstelle dieser Techniken gibt es viele weitere ergonomische Best-Practice-Beispiele, die in das Referenzmodell integriert werden können.

Neben den drei Best-Practice-Konzepten werden Kennwerte zur Ergonomie in Kommissionierprozessen nach geeigneten Richtlinien in die Analyse zur Vergleichsmethode einbezogen. Diese eignen sich als Best-Practice-Faktor, da die Ergonomiewerte auf den praktischen Erfahrungen menschlicher Gesundheitserfordernisse beruhen. Mit Hilfe standardisierter Kommissionierprozesse und den beispielhaften Best-Practice-Technologien wird ein Referenzmodell für den Abgleich mit unternehmensspezifischen Kommissionierprozessen erarbeitet.

2.4 Sprachanforderungen und Textverarbeitung

Der logistische Referenzprozess aus Abschnitt 2.3.2 erfordert für den Modellvergleich geeignete Verfahren zur Textverarbeitung. In Kombination mit den Anforderungen der logistischen Sprache bilden diese eine wichtige Grundlage, um Prozessbeschreibungen vergleichbar zu machen und einen methodischen Abgleich zu ermöglichen.

2.4.1 Logistische Sprachanforderungen

Die Logistik wird durch den stetigen Wandel in Wirtschaft und Politik stark beeinflusst. Dadurch erhöht sich gleichzeitig die Dynamik der Logistik. Diese wiederum nimmt Einfluss auf die Begriffe und deren Semantik in der Logistik (vgl. [GB09], S.17). Es gibt spezifische Eigenschaften der logistischen Sprache, die bei der Analyse der Algorithmen zum strukturellen Vergleich beachtet werden müssen. Die Eigenschaften der logistischen Sprache werden in zwei Klassen differenziert. Zum einen gibt es Eigenschaften der logistischen Sprache, die nicht wesentlich häufiger als in anderen Sprachbereichen auftreten. Zum anderen gibt es Eigenschaften, die wesentlich häufiger vorkommen als in anderen Sprachbereichen. In diesem Fall wird von sprachlichen Anforderungen gesprochen:

- Fachbegriffe
- Instanzen
- Neologismen
- Mehrsprachigkeit
- Akronyme
- Anglizismen
- Kompositionen

Die sieben sprachlichen Besonderheiten der Logistiksprache stellen individuelle Anforderungen an die Algorithmen zur textuellen Aufbereitung. Im Verlauf der Arbeit werden diese Anforderungen durch die Verknüpfung mit geeigneten Verfahren in einen methodischen Ansatz zum strukturellen Vergleich von Logistikprozessen überführt. Fachbegriffe spielen in der Logistik eine entscheidende Rolle. Dabei muss als Anforderung zwischen unternehmensinternen und -übergreifenden Fachbegriffen unterschieden werden. Unternehmensinterne Fachbegriffe sind z.B. Bezeichnungen für Logistikabteilungen. Bei BMW wird die Versorgung mit Bauteilen bspw. durch die Abteilung „Materialsteuerung“ durchgeführt. Das nächste Unternehmen bezeichnet die Abteilung für identische Aufgaben als „Beschaffung“. Unternehmensübergreifende Fachbegriffe sind zudem häufig im Logistiksektor zu finden. Unter anderem wird bei blau markierten Paletten in Fachkreisen von Chep-Paletten gesprochen (vgl. [MMS06], S.17). Dieser

Fachbegriff entstammt aus dem Namen des Herstellers der Paletten. Die Fachbegriffe erschweren aufgrund ihrer sehr individuellen Bedeutung die sinngemäße Erkennung durch semantische Hilfsmittel. In der Ontologie müssen die relevanten Fachbegriffe daher hinterlegt werden.

Instanzen stellen konkrete Erscheinungsformen eines definierten Themenbereichs dar (vgl. [KQ13], S.36). Diese konkreten Erscheinungsformen sind in der Logistik sehr oft vorhanden. Es gibt bspw. für jedes Transportgut die passende Verpackung (Instanz). Jede dieser Verpackungen trägt wiederum eine andere Bezeichnung, was die Analyse im Kontext eines Text Mining erschwert. Die themenrelevanten Instanzen müssen daher zur sicheren Erkennung von Geschäftsprozessen z.B. in eine Ontologie integriert werden.

Neologismen unterliegen in der heutigen Zeit in vielen Bereichen einem steigenden Einsatz. In der Logistik ist die „Neuwortbildung“ häufig anzutreffen. Ein Wort wird dann als neu bezeichnet, wenn kein griechisches Pendant zu ihm vorhanden ist ([Sie09], S.86; [Els11], S.19). In der Logistik ist bspw. das Wort „Schnelldreher“ als Bezeichnung für einen häufig umgeschlagenen Artikel ein neu gebildetes Wort. Die Anforderung besteht darin, die Bedeutung dieser neuen Begriffe richtig zu erfassen. In Bezug auf Schnelldreher führt bspw. die Zerlegung in „Schnell“ und „dreher“ zu einer falschen Bedeutung.

Die Internationalität der Beschaffungsmärkte und anderer Logistikbereiche erfordert eine Beachtung der Mehrsprachigkeit bei der Aufstellung geeigneter Algorithmen zur Vorbereitung der Prozessbegriffe für den strukturellen Vergleich (vgl. [Mül12], S.75). Jede Sprache besitzt ihre eigenen Sprachformen und Besonderheiten. Daher muss je nach Anspruch der logistischen Aufgabenstellung entschieden werden, welche Sprache und welche Algorithmen für diese Anforderung betrachtet werden müssen. Aus Gründen der hohen Komplexität der Mehrsprachigkeit findet diese Anforderung in weiteren Abschnitten keine Beachtung.

Akronyme sind Sprech- bzw. Lesekürzungen. Sie kommen im Bereich der Logistik häufig vor. Betroffen von dieser sprachlichen Besonderheit sind Unternehmensnamen (z.B. BMW) und logistische Strategien bzw. Konzepte (z.B. FIFO, LIFO, ERM) ([Had], S.276; [BKH⁺12], S.143). FIFO ist bspw. die Bezeichnung für „First in First out“ und dient als Strategie bei der Ein- und Auslagerung von Gütern in einem Lagerbereich. Viele Akronyme entstehen durch ihre häufige Verwendung und dienen demnach dem Ziel einer schnellen Sprachwiedergabe durch Abkürzungen. Da Algorithmen von gegebenen Informationen über ein Wort profitieren, sind Abkürzungen eine besondere Anforderung bei der Textanalyse.

Häufig werden Akronyme bei englischsprachigen Begriffen verwendet. Diese sogenannten Anglizismen werden in den Fachkreisen der Logistik sehr häufig eingesetzt. Die englischen Übersetzungen gründen auf den starken Einfluss der Logistik in englischsprachigen Ländern. Allerdings hat die Übersetzung der Begriffe einige Negativfolgen. Bereits das einfache Wort „Behälter“ wird als „bin“, „box“, „tote“ oder „case“ in die englische Sprache übersetzt. Dieses Ungleichgewicht an Übersetzungen führt zwischen internationalen Prozesspartnern zu Problemen (vgl. [WB03], S.72).

Kompositionen sind eine Zusammensetzung aus zwei oder mehr Begriffen, deren rechter Einzelbegriff den unveränderlichen Kopf des Gesamtwortes darstellt ([Rei02], S.177). In der Logistik findet sich eine sehr hohe Anzahl an Kompositionen wieder, die häufig der englischen Sprache entstammen ([Had], S.244). In dem Begriff „Lieferkette“ wird bspw. von einer besonderen Kette gesprochen, im Falle des „Nachschubregals“ von einer bestimmten Regalart. Die

Beispiele verdeutlichen die Kopffunktion des rechten Einzelbegriffs. Weitere Beispiele für Kompositionen aus der Logistik sind Bill of Loading oder Intralogistik.

Neben den bereits genannten Anforderungen gibt es weitere, die allerdings nicht in einer überdurchschnittlichen Häufigkeit im Umfeld der logistischen Sprache auftreten. Dazu zählen bspw. Synonyme oder auch Homonyme, die mehrere unabhängige Bedeutungen gleichzeitig vereinen ([Fre92], S.7; [SSH10], S.126). Bereits der Begriff „Logistik“ wird häufig synonym mit „Supply Chain Management“ gebraucht ([Ber00], S.5). Dieses Beispiel verdeutlicht, dass die genannten Anforderungen sich über alle Sprachebenen erstrecken.

2.4.2 Verfahren des Text Mining

Durch das Text Mining wird Wissen aus unstrukturierten Textdaten mittels spezifischer Analyseverfahren gewonnen. Unter Wissen werden Textstrukturen und -bedeutungen verstanden, die zur Bearbeitung spezifischer Aufgaben dienen (vgl. [Run10], S.3; [Tuf11], S.627). Um den Anforderungen an das Text Mining für einen Vergleich von Geschäftsprozessen gerecht zu werden, bedarf es bestimmter Verfahren. Diese dienen der Vorbereitung spezifischer Prozessbeschreibungen der Unternehmensmodelle. Unter Vorbereitung wird verstanden, dass die Verfahren aus den unstrukturierten logistischen Prozessbeschreibungen der Unternehmen eine strukturierte Prozessbeschreibung formen (Text Mining), die der sprachlichen Struktur eines Referenzmodells entsprechen. Dadurch werden Übereinstimmungen der Geschäftsprozesse zwischen den Unternehmensmodellen und dem Referenzmodell automatisch erkannt. Mögliche Anwendungsbereiche solcher Verfahren sind bspw. Suchmaschinen, Schlüsselwortsuchen, Identifikation von Fakten und Beziehungen aus Texten und die Anordnung von Wörtern und Phrasen in semantisch ähnliche Gruppen ([Sei13], S.28). In diesem Abschnitt werden die Begriffe Algorithmus und Metrik verwendet. Ein Algorithmus stellt ein schrittweises Verfahren zur Berechnung eines Outputs aus einem definierten Input dar ([Sch07], S.55). Eine Metrik ist dagegen eine mathematische Funktion, „die je zwei Punkte eines n-dimensionalen Raums einen reellen Wert zuordnet, welcher als Abstand der beiden Punkte voneinander aufgefasst wird“ ([Kos07], S.92). Da Metriken den allgemeinen Kriterien eines Algorithmus entsprechen (z.B. bekannte Größen und Endlichkeit), werden diese als eine Untergruppe von Algorithmen angesehen (vgl. [Nah06], S.3). Für die Entwicklung eines spezifischen Verfahrensansatzes ist eine Aufteilung der Verfahren in Klassen erforderlich, weil es eine Vielzahl textbasierter Verfahren gibt. Dabei wird sich auf das Saarbrücker Pipelinemodell zur Textanalyse gestützt. Ein vorgelagerter Analyseschritt erweitert dieses 5-Schritt-Modell, sodass eine Analyse aus sechs Schritten entsteht (vgl. [Hof13]) Alle sechs Verfahrensschritte sind Bestandteil der textuellen Vorbereitung:

- Formatnormalisierung (1)
- Tokenisierung (2)
- Morphologische Analyse (3)
- Syntaktische Analyse (4)
- Semantische Analyse (5)
- Dialog- und Diskursanalyse (6)

(1) Die Formatnormalisierung dient der grundlegenden Zusammenführung von Texten und einzelnen Wörtern in ein einheitliches Format. Dabei können verschiedene Formate, wie

Word, HTML oder SGML ausgewählt werden. Das Problem ist die individuelle Gestalt von Layout-Eigenschaften und Metadaten innerhalb der verschiedenen Formate. Diese individuellen Eigenschaften müssen bei der Analyse von Wörtern zunächst eliminiert werden ([Pel06], S.439). Im vorliegenden Fall liegen die textuellen Beschreibungen der logistischen Geschäftsprozesse jeweils in einem MO²GO-spezifischen Format oder als Output-Format in einer Textdatei vor.

- (2) Unter Tokenisierung wird die Segmentierung von Buchstabenketten in einzelne Bestandteile verstanden ([Hof13]). Die dadurch entstehenden Einzelbestandteile eines Wortes werden „Merkmale“ oder „Token“ genannt ([Pel06], S.439). Um die Erkennung eines Token zu ermöglichen, bedarf es der Ersetzung von „white space characters“ durch „Token-Trenner“ und der Isolierung von Interpunktions-, Satz- und Sonderzeichen. „White space characters“ sind z.B. Leerzeichen oder Absätze. Token-Trenner sind verfahrensspezifische Trennzeichen, die den Übergang zum nächsten Token aufzeigen. Interpunktions-, Satz- und Sonderzeichen sind bspw. ein Punkt, Komma oder ein Bindestrich (vgl. [Kun06], S.7). Jede Sprache weist spezifische Regeln bezogen auf die Tokenisierung auf. In der deutschen Sprache wird bspw. der Anfangsbuchstabe am Anfang eines Satzes groß geschrieben und jeder Satz mit einem Punkt, Fragezeichen, Ausrufezeichen oder mit Anführungszeichen beendet ([Hei10], S.50). Diese individuellen Regeln einer Sprache werden für die Verfahren der Tokenisierung genutzt. Es wird unter Zuhilfenahme eines solchen Regelwerks von symbolischen Verfahren gesprochen. Darüber hinaus gibt es statistische Verfahren, denen ein statistischer Algorithmus zu Grunde liegt. Symbolische Verfahren benötigen einen großen Aufwand, da die spezifischen Sprachregeln für die zu analysierenden Sprachfragmente manuell aufgestellt werden. Hinzu kommt, dass ein Regelwerk für jede Sprache individuell aufgestellt werden muss. Demgegenüber ist die Entwicklung statistischer Verfahren zwar sehr zeitaufwändig, allerdings auch flexibler. So lassen sich statistische Algorithmen einfacher an andere Sprachregeln anpassen ([CEE⁺10], S.267). Die Auswahl an Tokenizern, d.h. Verfahren zur Tokenisierung, ist groß. WhiteSpaceTokenizer, LetterTokenizer, StandardTokenizer und RegExpTokenizer sind nur vier der zahlreichen Verfahren ([Bal08], S.69). Aus dem Logistikbereich kann folgendes Beispiel einer Tokenisierung herangezogen werden:

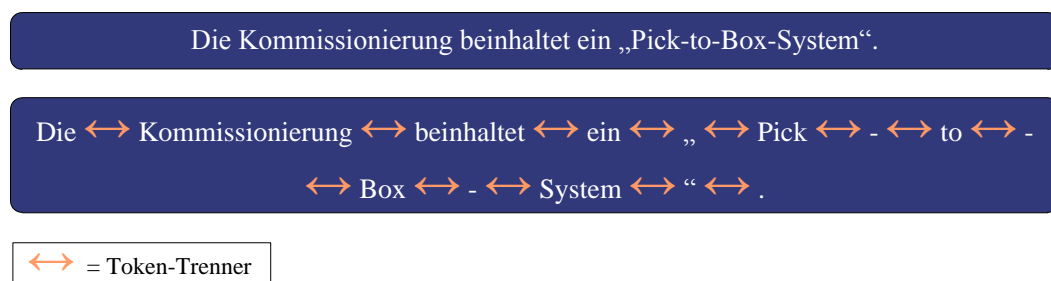


Abb. 2.6: Beispiel zur Tokenisierung (eigene Darstellung).

Der untere Satz kennzeichnet die Tokenisierung des oberen Satzes. Die orangenen Doppelpfeile stellen die Token-Trenner dar, die die einzelnen Begriffe und Zeichen voneinander abgrenzen.

- (3) Bei der morphologischen Analyse werden Personalformen und Fallmarkierungen analysiert und die zu betrachtenden Wörter auf ihre Grundform zurückgeführt ([Hof13]). Dabei wird von Lemmatisierung und Stemming gesprochen. Die Lemmatisierung versucht, die Merkmale der Tokenisierung auf einen gemeinsamen Merkmalstyp zurückzuführen. Wird im Speziellen die Rückführung eines Wortes auf seinen Wortstamm durchgeführt, so wird von Stemming gesprochen ([Pel06], S.440–441; [KSS13], S.184–185). Es gibt für jedes Wort einen Wortstamm, der nachfolgend als Lemma bezeichnet wird (vgl. [Sch05]). Für das Stemming liegen zahlreiche Algorithmen vor, die grundlegend in lexikonbasierte und regelbasierte Verfahren unterteilt werden ([Mar03], S.58–59).

Lexikonbasierte Algorithmen greifen bei der Suche nach der Grundform eines Wortes auf ein digitales Wörterbuch zu. Wenn z.B. das Lemma zu dem Wort „legte“ gesucht wird, dann greift der Algorithmus auf das Wörterbuch zu, sucht den Begriff „legte“ und ordnet diesem Begriff sein Lemma „legen“ zu. Die Ausgabe des Algorithmus für die Prüfung des Wortes „legte“ ist somit das Wort „legen“. Ist der zu suchende Begriff nicht im Lexikon hinterlegt, so findet kein Stemming statt und der Begriff bleibt in seiner ursprünglichen Wortform (vgl. [Sie07], S.33–34).

Bei dem regelbasierten Stemming greifen die Algorithmen auf ein Regelsystem zu, über das sie die ursprünglichen Begriffe in normierte Begriffe (Lemma) überführen ([Lep09], S.32). Eine Regel im System lautet bspw.: Schneide alle Anfangsbuchstaben bei Verben ab, die zusammen „er“ ergeben. Über diese Regel würde bspw. aus dem Wort „ergreifen“ das Lemma „greifen“ gebildet werden. Da sowohl die regelbasierten als auch lexikonbasierten Verfahren anfällig gegenüber Fehlinterpretationen sind, eignet sich häufig eine Kombination aus beiden Verfahren, um textuelle Bausteine zu analysieren.

Zu den bekanntesten Algorithmen des Stemming gehören der Porter-Stemmer-Algorithmus, Kuhlen-Grundformenalgorithmus und Kstem-Algorithmus. Der Porter-Stemmer-Algorithmus wurde in der englischen Sprache entwickelt. Es werden bspw. über den Algorithmus die Begriffe „information“, „informer“ und „informed“ auf das Lemma *inform* automatisch zurückgeführt ([Sto10], S.42). Der Algorithmus beruht auf Verkürzungsregeln, die so lange auf einen Begriff angewendet werden, bis dieser das Minimum an Silben aufweist ([Wei09], S.59). Da Porter selbst darauf hinweist, dass sein Algorithmus nicht frei von Fehlern ist, eignet sich das Verfahren nicht zur vollkommenen Reduzierung aller Begriffe auf dessen Wortstamm (vgl. [GL10], S79).

Neben dem Porter-Algorithmus erweist sich auch der Kuhlen-Grundformenalgorithmus als sehr einfaches Werkzeug. Auch dieser Algorithmus ist grundlegend für die englische Sprache entwickelt worden. Allerdings lassen sich bereits erste Implementierungen für die deutsche Sprache finden. Der Algorithmus beruht auf acht Regeln, die die Wortbildung in der englischen Sprache abbildet. Unter anderem lautet eine Regel: Die Wortendung „ies“ wird zu „y“. Dadurch ergibt sich aus dem Begriff „commodities“ das Lemma „commodity“. Aufgrund unregelmäßiger Verben und daher einer Reihe nicht regelbasierter Wörter greift der Algorithmus neben den acht Regeln auf eine Ausnahmeliste zu. In dieser sind alle Ausnahmen an Wörtern und deren Lemma-Bildung hinterlegt, die nicht mit den acht Grundregeln des Algorithmus abgebildet werden. Zusammen ergeben die Grundregeln und die Ausnahmeliste eine Fehlerquote von 3% (vgl. [Sch13b]; [GL10], S.77–78).

Der Kstem-Algorithmus hat zur Besonderheit, dass die Überführung semantisch unterschiedlicher Begriffe auf denselben Wortstamm kategorisch vermieden wird. Dazu wird der Zugriff auf ein maschinenlesbares Wörterbuch und ein definiertes Regelsystem benötigt ([KM02], S.77; [Nak03], S.2).

Besteht der Bedarf weiterer Detailanalysen, so kann ein Parsing und Part-of-Speech-Tagging an das Stemming anschließen. Verfahren dieser Art ordnen den einzelnen Lemma die entsprechende Wortform zu. So kann z.B. die Zählung der Substantive, Verben oder Adverben erfolgen ([Pel06], S.441–442).

- (4) Bei der syntaktischen Analyse wird jedes Wort der unternehmensspezifischen Geschäftsprozesse auf dessen strukturelle Funktion gegenüber anderen Wörtern analysiert ([Hof13]). Die Syntax bildet dabei formale Regeln über die zulässigen Sprachelemente und deren Verwendung ab ([Sie14]). Syntaktische Metriken werden bspw. zur Korrektur falscher Schreibweisen eines Wortes eingesetzt ([SK11], S.44). So wird z.B. aus dem falschen Wort „Logisstik“ das richtige Wort „Logistik“ über eine Metrik ermittelt. Da Metriken im Allgemeinen einen Abstand zwischen zwei Punkten beschreiben (s.o.), werden die meisten syntaktischen Metriken als Distanz beschrieben. Distanzen definieren sich über drei Eigenschaften ([Hua09], S.51; [Mer03], S.90):

- Sie werden nie negativ,
- sind symmetrisch,
- und genügen der allgemeinen Dreiecksungleichung.

Drei wichtige Distanzen in der Praxis stellen die Jaro-Distanz, die Levenshtein-Distanz und die Hamming-Distanz dar. Die Jaro-Distanz misst den Abstand zwischen zwei Zeichenketten. Sie ist definiert als:

$$d_j = \frac{1}{3} \left(\frac{m}{|s_1|} + \frac{m}{|s_2|} + \frac{m-t}{m} \right)$$

s_i ist die Zeichenkette i , m steht für Match (gemeinsame Zeichen in beiden Zeichenketten) und t ist die Anzahl der Transpositionen. Eine Transposition ist die Menge der Zeichen in anderer Reihenfolge, die maximal die Hälfte beträgt. Demnach ist ein Match ein Zeichen, das nicht mehr als

$$\left\lfloor \frac{\max\{|s_1|, |s_2|\}}{2} \right\rfloor - 1$$

entfernt ist. Zwischen den Begriffen „Martha“ und „Marhta“ liegt bspw. eine Distanz von 0,944. Da der Wert sehr groß ist, ist die Ähnlichkeit beider Begriffe sehr hoch (vgl. [KSS12], S.78–79; [NH10], S.32).

Die Levenshtein-Distanz gibt die Häufigkeit an erforderlichen Änderungsoperationen wieder, um eine Zeichenkette in eine andere Zeichenkette zu überführen. Änderungsoperationen sind Einfüge-, Lösch-, Ersetz- oder Verschiebeprozesse. Umso größer die Anzahl der erforderlichen Änderungsoperationen ist, umso geringer ist die Ähnlichkeit zwischen den beiden Zeichenketten. Die Levenshtein-Distanz ist definiert als ([El 10], S.42; [SWM13], S.53):

$$\text{sim}_{\text{LevDist}}(w_1, w_2) = 1 - \frac{\text{LevDist}(w_1, w_2)}{\max \text{Length}(|w_1|, |w_2|)}$$

w_1 und w_2 sind die zwei zu vergleichenden Wortpaare, $\max \text{Length}(|w_1|, |w_2|)$ stellt die Länge der längeren Zeichenkette beider untersuchten Begriffe dar.

Bei der Hamming-Distanz stellt die Anzahl der Unterschiede zwischen zwei Wörtern die Distanz dar (vgl. [MSS10], S.227). Je größer der Wert der Hamming-Distanz ist, desto größer ist der Unterschied der beiden gegenübergestellten Wörter (vgl. [KZ04], S.28).

Auf der Ebene eines ganzen Textes kann der Jaccard-Algorithmus zur Analyse der Ähnlichkeit eingesetzt werden. Dieser teilt die Anzahl gemeinsamer Terme zweier Texte durch die Anzahl unterschiedlicher Terme der beiden Texte. Bspw. findet der Algorithmus in dem Vergleich von Projekt- oder Technologiebeschreibungen eine geeignete Verwendung ([Tho13]; [Bub10], S.1–4).

Neben den bereits genannten Algorithmen zur syntaktischen Analyse gibt es auch weitere Verfahren, die die Häufigkeit eines gesuchten Wortes und die Relevanz des Wortvorkommens ermitteln. Wird bspw. nach einem Begriff in verschiedenen Dokumenten gesucht, so erhält das Dokument mit einem hohen Vorkommen des gesuchten Wortes eine höhere Relevanz für den Untersuchungszweck, wenn in den anderen Dokumenten nur wenige Übereinstimmungen mit dem gesuchten Wort gefunden werden. Ein häufiges Vorkommen des gesuchten Wortes über alle untersuchten Dokumente senkt dagegen die Relevanz. Die TF-IDF-Gewichtung stellt ein Verfahren dar, das genau diese Analyseprozesse ausführt ([Bod06], S.117; [Kla09], S.44).

Neben der Ermittlung von Distanzen zwischen Wörtern oder Texten und der Vorkommenshäufigkeit von Wörtern erweisen sich die Algorithmen zur Eliminierung von Stoppwörtern bei der syntaktischen Analyse als hilfreiches Mittel. Stoppwörter sind alle Wörter, die keinen Einfluss auf die Semantik des Textfragments haben. Die Wörter sind demnach unwichtig sowohl für die weitere Verarbeitung als auch für den Vergleich zwischen zwei Dokumenten oder Textteilen. Algorithmen sind in der Lage, diese Stoppwörter zu erkennen und automatisch zu löschen. Beispielhafte Stoppwörter in der deutschen Sprache sind bestimmte und unbestimmte Artikel wie „der“, „die“, „das“ und „ein“ oder „eine“. Das Prinzip der Löschung von Stoppwörtern ist einfach. Der Algorithmus greift auf eine manuell erstellte Liste zu, die alle relevanten Stoppwörter beinhaltet. Daraufhin wird der zu analysierende Text durchlaufen und nach den Stoppwörtern aus der Liste untersucht. Stimmt ein Wort aus dem Text mit einem Wort aus der Liste überein, wird das Wort im Text gelöscht. Werden allerdings viele Stoppwörter in die Liste aufgenommen, erhöht sich das Risiko, dass relevante Informationen aus dem Text gelöscht werden. Phrasen wie „Sein oder Nichtsein“ spielen bei diesem Risiko eine entscheidende Rolle (vgl. [Koc07], S.35; [Dub04], S.295; [Cor12], S.11).

- (5) Die semantische Analyse dient der intelligenten Erkennung und Zuordnung einer Bedeutung von Wörtern, was bereits im Abschnitt 2.2 definiert wurde ([Hof13]). Ob zwei Begriffe dieselbe Bedeutung haben, wird durch die Ermittlung des semantischen Abstands ermittelt. Ist dieser Abstand klein, sind die Begriffe semantisch ähnlich ([SK11], S.43). Unter den semantischen Metriken zur Ermittlung der Ähnlichkeit lassen sich topologische und statisti-

sche Verfahren unterscheiden. Die topologischen Verfahren greifen auf verknüpfte Vokabulare innerhalb einer Wissensbasis zu, die bspw. eine Ontologie sein kann. Demgegenüber basieren statistische Verfahren auf Textkorpi, die eine Sammlung von Texten darstellen ([SK11], S.44). Solche Sammlungen von Texten können z.B. Produktbeschreibungen sein. Je größer die Sammlung der Texte ist, desto genauer lässt sich bei den statistischen Verfahren eine semantische Übereinstimmung ermitteln.

Wie auch bei allen anderen Verfahren zur textuellen Aufbereitung ist die Menge an potenziellen Verfahren sehr groß. Zwei bekannte statistische Verfahren sind die latente semantische Analyse (LSA) und die normalisierte Google-Distanz. Bei der LSA wird die Bedeutung eines Wortes anhand seiner Häufigkeit in Texten bestimmter Herkunft (z.B. ein bestimmter Themenbereich) und anhand seines Vorkommens mit bestimmten anderen Wörtern ermittelt. Angenommen, die Sammlung von Texten der LSA besteht aus 100 Produktbeschreibungen verschiedener Themenherkunft. In 20 von 100 Beschreibungen lässt sich das Wort „Behälter“ wiederfinden. Von diesen 20 Beschreibungen sind 18 Beschreibungen aus dem Themenbereich Logistik. Hinzu kommt, dass das Wort „Behälter“ sehr häufig in Zusammenhang mit dem Wort „Kommissionierung“ steht. Dann schließt der Algorithmus zur LSA aus diesen Informationen, dass das Wort „Behälter“ die Bedeutung eines Logistik-Fachbegriffs hat, der hauptsächlich im Bereich der Kommissionierung vorkommt. Die LSA beruht somit auf der Annahme, dass die Bedeutung eines Textes oder Wortes aus den Informationen und Strukturen anderer Texte erschlossen wird (vgl. [FB06], S.748). Für die Erschließung der Bedeutung liegen der LSA riesige Textkorpi zugrunde (s.o.), die nach bestimmten Wissensgebieten in semantische Räume unterteilt sind. Ein semantischer Raum besteht in der Regel aus mehreren 10.000 Wörtern und Einträgen aus verschiedenen Enzyklopädien (vgl. [FB06], S.748–479). Suchmaschinen greifen bspw. auf Milliarden von Webseiten zu, um Zusammenhänge zwischen Wörtern und Themen aufzufinden. So lässt sich z.B. ermitteln, dass „Logistik“ häufig in Zusammenhang mit „Transport“ vorkommt (vgl. [ENL12], S.53). Ein entscheidender Nachteil dieses Verfahrens ist, dass die Qualität der Ergebnisse maßgeblich von der Menge und Qualität der Textsammlungen abhängt (vgl. [Nie04], S.263).

Die normalisierte Google-Distanz trifft die Annahme, dass zwei Begriffe semantisch zueinander gehören, wenn sie oft im gleichen Text vorkommen. Entgegen der LSA besteht der Textkorpi der normalisierten Google-Distanz allerdings aus dem aktuellen Google-Index. Der Google-Index ist die Menge an Suchergebnissen, die über Google gefunden werden können. In einem ersten Schritt werden für beide gesuchten Wörter die Suchtreffer in Google gezählt. Außerdem wird die Anzahl an Google-Ergebnissen gezählt, wenn beide Wörter mit einem UND-Operator verbunden werden. Als Referenz zu den Werten wird die Gesamtanzahl aller indexierten Werte in Google herangezogen:

$$\text{NGD}(x, y) = \frac{\max[\log f(x), \log f(y)] - \log f(x, y)}{\log M - \min[\log f(x), \log f(y)]}$$

NGD ist die Abkürzung für normalisierte Google-Distanz. x stellt den ersten Suchbegriff dar, y den zweiten Suchbegriff. $f(x)$ ist demnach die Anzahl der Treffer in Google für den

Begriff x . M ist die Anzahl aller indexierten Werte in Google, die sich auf mehrere Milliarden-Seiten beläuft. Umso kleiner das Ergebnis der normierten Google-Distanz ist, desto verwandter sind die beiden untersuchten Begriffe. Die Begriffe „Produktion“ und „Fertigung“ haben bspw. eine sehr niedrige Distanz, da sie oft synonym verwendet werden (vgl. [SK11], S.46; [CV05], S.13–14). Die totale Abhängigkeit der errechneten Distanz von der Suchmaschine Google ist ein riskanter Ansatz, da die Qualität der Ergebnisse direkt mit der Qualität der Google-Algorithmen zusammenhängt. Mit der stetigen Verbesserung der Suchanfragen bei Google steigt jedoch auch die Akzeptanz des Verfahrens der normalisierten Google-Distanz.

- (6) Bei der Dialog- und Diskursanalyse werden die Beziehungen zwischen aufeinanderfolgenden Sätzen dargelegt ([Hof13]). Da der grundlegende Ansatz einer Analyse von Fließtexten nicht der Analyse zwischen einzelnen Prozessbeschreibungen entspricht, werden keine Verfahren zu dieser Verfahrensklasse näher erläutert.

2.4.3 Grundlagen einer Ontologie

Gemäß der Definition aus Abschnitt 2.2 ist eine Ontologie eine „explizite Spezifikation eines Konzepts und deren Relationen bzw. der begrifflichen Bausteine eines Fachgebiets“. Im Rahmen der Vergleichsmethode wird ein Konzept entworfen, das spezifische Logistikbegriffe zu den Prozessbeschreibungen eines Referenzmodells in Relation setzt. Es gibt verschiedene Arten von Ontologien, die sich jeweils nach ihrer Ausdrucksmächtigkeit und Operationalisierbarkeit unterscheiden ([Joh06], S.11). Bei dem ontologischen Modell dieser Arbeit wird von einer Domänen-Ontologie gesprochen. Diese umfasst ein weitreichendes Wissen eines bestimmten Ausschnitts der Realität (vgl. [KQ13], S.13; [YZ09], S.787). In der Arbeit ist dieser Ausschnitt die ergonomische Kommissionierung.

Der Zweck einer Ontologie besteht darin, eine begriffliche Eingabe über eine Suchraumbestimmung und Ähnlichkeitsberechnung zu interpretieren und dadurch einen Ausgabewert für die Weiterverarbeitung zu liefern (vgl. [Pel06], S.475–476). In der Ontologie dieser Arbeit sind die Inhalte der unternehmensspezifischen Modelle die Eingabe. Der Suchraum ist das verknüpfte Wissen, das in der Ontologie hinterlegt ist. Die Ähnlichkeitsberechnung erfolgt über die Verknüpfungen der Logistikbegriffe innerhalb der Ontologie und der Abfrage dieser Begriffe. Die Ausgabe zur Weiterverarbeitung ist das Ergebnis einer Abfrage ontologischer Inhalte und demnach der Input für die Operationalisierung. Die Interpretation der Eingabe in einen Ausgabewert entspricht einer Analyse von sprachlichen Informationen. Diese Analyse kann anhand jeglicher Zielformulierungen erfolgen. Im Logistikbereich werden bspw. Strukturverläufe der Wertschöpfungskette in einem ontologischen Modell direkt analysiert (vgl. [Cho07], S.14; [NM02], S.4–12).

Die Vorteile einer Ontologie für den semantischen Vergleich sind vielfältig. Es wird das Verständnis einer bestimmten Domäne abgebildet, die eine Kommunikation zwischen verschiedenen Menschen oder Softwareprogrammen ermöglicht ([IEE09], S.407; [ERS09], S.408; [Kos07], S.17). Über eine Ontologie ist bspw. festgelegt, dass der Begriff „Produktion“ äquivalent zum Begriff „Fertigung“ ist. Die meisten Menschen würden diese Äquivalenz durch logisches Denken erkennen. Allerdings erkennen Softwareprogramme nur auf Basis programmierter Zusammenhänge zwischen diesen Begriffen eine Äquivalenz. Es gibt noch keine maschinellen

Systeme, die die natürliche Sprache des Menschen verstehen ([PB06], S.438). Des Weiteren werden Ontologien für die Veranschaulichung und Bewertung von Zielkonflikten in der Logistik genutzt. Über die Darbietung der Verpackungsmittel, -eigenschaften und -verwendungen in einem Unternehmen kann bspw. eine Aussage über Verpackungsschutz und Kosteneinflüsse gezogen werden. Auch die Wiederverwendung und Verknüpfung spezifischer Logistik-Ontologien mit anderen Logistik-Ontologien stellt einen Vorteil dar ([KQ13], S.25–26; [YL09], S.1). Eine Ontologie zur Kommissionierung lässt sich bspw. mit einer Ontologie zu den Warenausgangsprozessen verbinden, um Rückschlüsse auf das Zeitverhalten im Materialfluss zu ziehen.

Zur Erstellung eines Ontologiemodells werden zahlreiche Editoren angeboten. Davon sind viele frei verfügbar und über das Internet zu erwerben. Editoren dienen dazu, den Aufbau einer komplexen, formatspezifischen Ontologiestruktur über einfache Benutzeroberflächen zu ermöglichen. Auf diese Weise muss nicht die komplette Ontologiesprache selbst verstanden werden, um eine Ontologie aufzustellen. Die wesentlichen Merkmale sollten allerdings bekannt sein. Die Editoren unterscheiden sich maßgeblich durch die Ontologiesprache, die sie unterstützen. Dadurch wird zudem der Funktionsumfang bei der Ontologierstellung festgelegt. Es gibt Editoren, die lokal installiert werden und solche, die Web-basiert ausgeführt werden. Je nach Anforderung hat diese Eigenschaft einen Einfluss auf die Auswahl des Editors. Besteht z.B. die Gefahr, während der Arbeit mit der Ontologie keinen Netzwerkzugang zu haben, so ist ein lokal installierter Editor die bessere Wahl. Auch die Auswahl an Plug-Ins hat einen Einfluss auf die Eignung eines Editors. Plug-Ins sind nützliche Erweiterungen des eigentlichen Funktionsumfangs eines Editors. So lassen sich zahlreiche Editoren durch Plug-Ins erweitern, die eine detaillierte Analyse der Ontologie-Inhalte über eine grafische Oberfläche ermöglichen (vgl. [KSS13], S.211).

Besonders große Unterschiede gibt es bei der Benutzerfreundlichkeit der Editoren. Einerseits gibt es zahlreiche Programme, die ausführlich in ihrer Struktur und Anwendung beschrieben sind. Andererseits gibt es Programme, dessen Funktionsumfang nur geringfügig für den Anwender erklärt wird. Die Benutzerfreundlichkeit lässt sich maßgeblich an der Verbreitung des Editors ausmachen. Zum einen muss getestet werden, wie einfach der Aufbau einer Ontologie-Struktur ist, zum anderen, wie verständlich die Anwendung der Abfragesprache ist. Im Fall einer geringen Praxiserfahrung mit Ontologie-Editoren ist die Benutzerfreundlichkeit von hoher Bedeutung.

Mittlerweile sind knapp 200 Editoren für den privaten und gewerblichen Einsatz verfügbar, von denen einige für den umfangreichen Einsatz in Forschungseinrichtungen und Unternehmen geeignet sind ([Ber10]; [Emh12], S.23–38):

- FlexViz
- NeOn toolkit
- Ontopia
- OntoStudio
- Protégé
- TopBraid Composer
- Wandora

Durch die prototypische Anwendung zahlreicher Editoren hat sich Protégé als geeignetes Werkzeug für die Methode herausgestellt. Dieser Editor wird für den Aufbau der Ontologie im Abschnitt 3.3.1 genutzt. Protégé bietet zahlreiche Vorteile. Zum einen ist es das führende Tool unter den Ontologie-Editoren, was die breite Anwendung in der Praxis beweist. Basierend auf einer komplexen Software-Architektur kann es einfach durch zahlreiche Plug-Ins erweitert werden. Dazu zählen z.B. Erweiterungen zur Formatänderung, grafischen Darstellung des Wissens oder zur Anbindung weiterer Ontologie-Editoren (vgl. [GDD09], S.194; [Pro12]). Hinzu kommt, dass Protégé kostenlos ist. Die individuelle Konfiguration der Eingabemaske ist zusätzlich möglich und erlaubt so die geeignete Anpassung an die Anforderungen der Methode (vgl. [Pel06], S.415).

Wie bereits erwähnt, baut jeder Ontologie-Editor auf einer formalen Ontologie-Sprache auf. Dabei haben sich zwei Sprachen durchgesetzt. Zum einen gibt es das Resource Description Framework (RDF). Zum anderen wird in der Praxis häufig die Web Ontology Language (OWL) verwendet. Beide dienen dazu, dass Anwendungen bestimmte Daten im Web austauschen, ohne dessen ursprüngliche Bedeutung zu verlieren. Im Gegensatz zur Extensible Markup Language (XML) geht es bei RDF und OWL nicht nur um die exakte Darstellung von Dokumenten, sondern um die Verknüpfung der enthaltenden Informationen. Die Informationen werden dabei in Individuen, Beziehungen und Klassen unterteilt. Innerhalb komplexer Ontologien kommt der Funktionsumfang von RDF an seine Grenzen. Zur logikbasierten Präsentation von Wissen wurde aus diesem Grund OWL entwickelt, das auf den Strukturen von RDF aufbaut ([Mül11], S.15; [Abe07], S.35; [KQ13], S.17).

Zur Abfrage der Wissensinhalte einer Ontologie wird vornehmlich die Simple Protocol and RDF query language (SPARQL) eingesetzt (vgl. [HSP13]; [HSB12], S.5). Diese Abfragesprache ist nicht für die Darbietung bestimmter Wissensinhalte gedacht, sondern für die gezielte Selektion bestimmter Elemente aus einer Wissensbasis ([GDD06], S.92). So wurde z.B. eine Ontologie erstellt, die jegliche Flurförderzeuge mit deren Einsatzbereichen in einem Unternehmen verknüpft. Eine Abfrage lautet daraufhin: Gebe alle Flurförderzeuge aus, die dem Einsatzbereich „Produktion“ zugeordnet sind. Das Ergebnis ist eine Liste aller Flurförderzeuge, die in der Ontologiestruktur eine Verknüpfung zu dem Wort „Produktion“ aufweisen. Anhand mehrerer Abfragen hat sich erwiesen, dass die Abfragesprache SPARQL zwar an die Structured Query Language (SQL) angelehnt, allerdings nicht eins zu eins übertragbar ist (vgl. [Mül11], S.16). Daher kann es für ungeübte Anwender (trotz zahlreicher Benutzerhilfen im Internet) zu Problemen in der Anwendung kommen. Einfache Abfragen bauen auf einem standardisierten Schema auf. Dabei müssen einige Schlüsselwörter erklärt werden, die in dem Abfragebeispiel in Abb. 2.7 eingebaut sind:

```

PREFIX hpi: <http://hpi-web.de/WS0809#>
SELECT ?vorlesung ?dozent
FROM <http://hpi-web.de/WS0809.rdf>
WHERE {
    ?x hpi:lehrveranstaltung ?vorlesung .
    ?y hpi:mitarbeiter ?dozent .
    ?x hpi:wirdBetreutVon ?y .
}

```

Abb. 2.7: Beispielabfrage (nach [Sac08], S.26).

Das Schlüsselwort „PREFIX“ definiert einen Namensraum. Bspw. wird in Abb. 2.7 das Wort „hpi“ für <http://hpi-web.de/WS0809#> äquivalent verwendet. Dadurch kann der Abfragecode vereinfacht und übersichtlicher gestaltet werden. Das Schlüsselwort „SELECT“ legt das Ausgabeformat der Abfrage in Form einer Tabelle fest. In Abb. 2.7 werden z.B. alle Vorlesungen mit dem zugehörigen Dozenten ausgegeben. Hinter dem Schlüsselwort „FROM“ ist der RDF-Graph angegeben, aus dem das Ausgabeformat ermittelt werden soll. Durch „WHERE“ wird die eigentliche Anfrage eingeleitet. In den geschweiften Klammern folgt dann das Graphen-Muster, das für die Ausgabe „angefragt“ wird. In einer Anfrage werden Variablen immer durch ein Fragezeichen eingeleitet. Bspw. ist „?dozent“ die Variable „dozent“ (vgl. [Sac08], S.22–26; [Abe07], S.202).

Abfragen von hoher Komplexität werden über SPARQL durchgeführt. Für einfache Abfragen gibt es in Protégé zusätzlich die Funktion „DL query“. Dabei können bspw. Unterklassen eines bestimmten Wortes abgefragt werden. Aufgrund seiner einfachen Anwendung wird „DL query“ für die beispielhafte Implementierung eingesetzt.

2.4.4 Verfahren des String-Matching

Die Methoden des Text Mining bereiten die unstrukturierten Prozessbeschreibungen der Unternehmensmodelle auf aber führen keinen Vergleich mit den Referenzprozessen durch. Daher wird als weiteres Verfahren das String-Matching benötigt. Dieses dient zur Überführung strukturierter Prozessbeschreibungen eines Unternehmens in den Input eines Regelwerks zur Operationalisierung. Das zu Grunde liegende Problem ist, dass die aufbereiteten Prozessbeschreibungen aus dem Text Mining, die als Grundlage erforderlich sind, als „ähnlich“ gegenüber den Prozessbeschreibungen eines Referenzmodells erkannt werden müssen. Es liegt daher ein Zeichenketten-Suchproblem vor. Über Algorithmen des String-Matching wird dieses Problem gelöst (vgl. [Cor10], S.997). Es werden vier bekannte String-Matching Algorithmen unterschieden:

- Naive String-Matching Algorithmus
- Rabin-Karp Algorithmus
- Knuth-Morris-Pratt Algorithmus
- Boyer-Moore Algorithmus

Der naive String-Matching Algorithmus analysiert mithilfe einer Schleife, ob das gesuchte Referenzwort im zu analysierenden Text vorhanden ist. Die Schleife überprüft für alle $n - m + 1$

möglichen Werte von s , ob die allgemeine Bedingung $P[1 \dots m] = T[s + 1 \dots s + m]$ erfüllt ist. n ist die Länge des Textes, m die Länge des gesuchten Referenzwortes und s dient als Laufvariable für die Schleife. Es wird angenommen, dass in dem Text „Die Produktion läuft stabil.“ der Begriff „Produktion“ vorkommt. Der Begriff „Produktion“ besteht aus 10 Buchstaben, sodass $m = 10$ ist. Der Satz besteht aus 28 Zeichen (Buchstaben, Leerzeichen und Punkt), sodass $n = 28$ ist. Die Laufvariable s startet bei 0, oder anders gesagt, bei der nullten Stelle des Satzes. Durchläuft die Schleife fünfmal den Text nach dem gesuchten Wort „Produktion“, so kommt sie zu dem Anfangsbuchstaben „P“ des Wortes in dem Text. Die Bedingung, dass bei $s = 5$ die nächsten 10 Buchstaben dem gesuchten Wort entsprechen, ist demnach erfüllt. Die Ausgabe des Algorithmus lautet an dieser Stelle: „Das Muster tritt auf mit der Verschiebung 5.“ Mit Muster ist das gesuchte Wort gemeint (vgl. [Cor10], S.31–32; [GAV08], S.314; [DHS12], S.415).

Der Rabin-Karp Algorithmus berechnet für jeden String, der aus den Zeichen eines Textes gebildet werden kann, einen Schlüssel und stellt diesen Schlüssel dann den anfangs berechneten Schlüssel des gesuchten Wortes gegenüber ([Her02], S.280). Im Gegensatz zum naiven String-Algorithmus benötigt der Rabin-Karp Algorithmus eine Vorbereitungszeit, um den Schlüssel für das gesuchte Wort festzulegen. Die meist zahlreichen Schlüssel eines Textes werden diesem vordefinierten Schlüssel letztlich gegenübergestellt und abgeglichen. Die Text-Schlüssel müssen demnach nicht gespeichert werden, was einen hohen Speicherbedarf bedeuten würde ([Sed98], S.338–340; [Häb12], S.228–229).

Bei dem naiven String-Algorithmus gehen die Informationen gefundener Zeichen des gesuchten Wortes verloren, wenn das folgende Zeichen nicht mit dem gesuchten Wort übereinstimmt. Der Knuth-Morris-Pratt Algorithmus dagegen speichert alle Informationen, die er aus den einmal durchlaufenen Schleifen erhalten hat. Angenommen, es wird das Wort „Prozess“ gesucht. Inmitten eines Textes kommt das Wort „Produkt“ vor. Der Knuth-Morris-Pratt Algorithmus erkennt die drei ersten Buchstaben „Pro“ als Übereinstimmung mit dem gesuchten Wort. Allerdings liefert der vierte Buchstabe „d“ eine Nicht-Übereinstimmung mit dem gesuchten Wort. Der Algorithmus speichert trotzdem die gefundenen Buchstaben vor dem „d“ ab. Dadurch verringert sich die Suchphase des Algorithmus und die Effektivität wird bei langen Texten gesteigert ([Lan12], S.65–66; [Gus97], S.23).

Der Boyer-Moore Algorithmus setzt entgegen dem Knuth-Morris-Pratt Algorithmus eine andere Strategie bei der Suche nach Übereinstimmungen zwischen dem gesuchten Wort und dem zu untersuchenden Text ein. Er vergleicht das gesuchte Wort von rechts nach links mit dem Analysetext (vgl. [PD08], S.417):

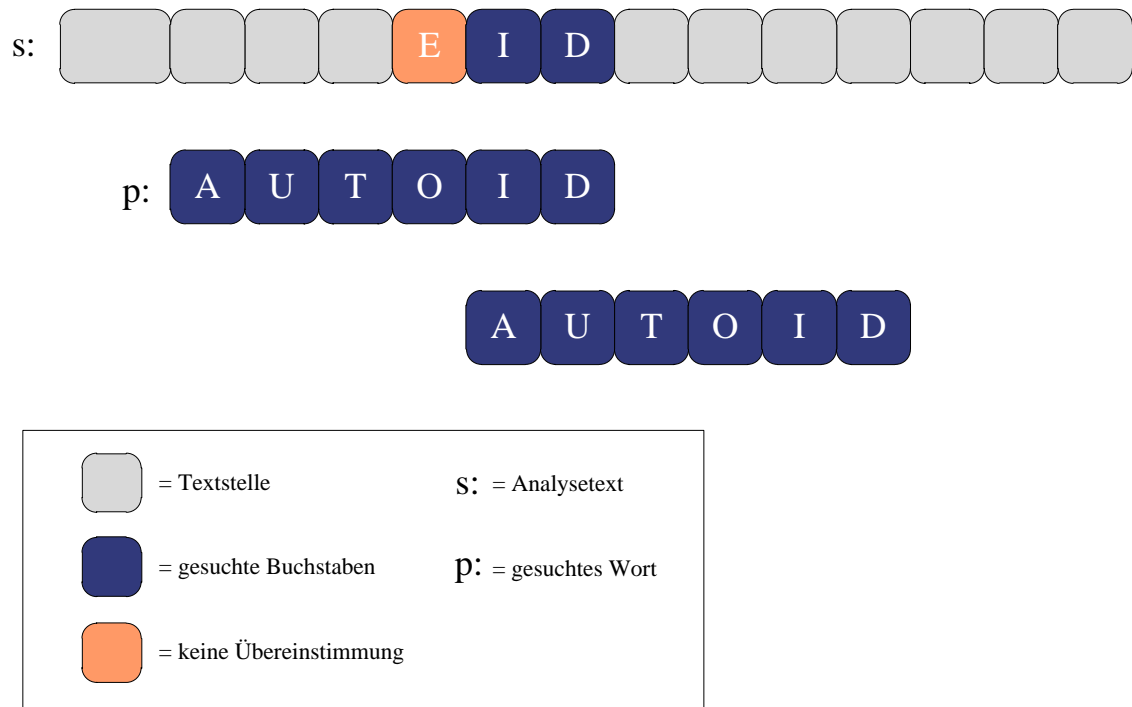


Abb. 2.8: Beispiel zum Boyer-Moore Algorithmus (nach [PD08], S.417).

In Abb. 2.8 ist das gesuchte Wort „AutoID“. Gemäß dem Boyer-Moore Algorithmus wird zunächst nach der Buchstaben „D“ gesucht. In Abb. 2.8 wird im Analysetext sowohl der Buchstabe „D“ als auch der davorliegende Buchstabe „I“ als Übereinstimmung mit dem gesuchten Wort erkannt. Allerdings liefert der Buchstabe „E“ an dritter Stelle keine Übereinstimmung mit dem gesuchten Wort. Der Algorithmus ist nun in der Lage, das gesuchte Wort um vier Textstellen nach rechts zu verschieben, sodass die Stelle, an der keine Übereinstimmung gefunden wurde, hinter dem gesuchten Wort liegt. Der Vergleich zwischen Analysetext und dem gesuchten Wort wird daraufhin erneut von rechts nach links vollzogen, bis das Wort gefunden wurde oder der Analysetext zu Ende ist. Würde der Buchstabe „E“ an einer vorderen Stelle im gesuchten Wort auftreten, so verschiebt sich das Wort nur bis zu dieser Stelle (vgl. [PD08], S.416–417). Aufgrund der gleichzeitigen Verschiebung des gesuchten Wortes um mehrere Textstellen ist der Boyer-Moore Algorithmus eine effiziente Suchmethode bei langen Analysetexten ([Sed98], S.334).

Zusammenfassend haben die Grundlagenabschnitte zwei wesentliche Komponenten geschaffen, die für die Methodenentwicklung benötigt werden. Zum einen wurde mit der ergonomischen Kommissionierung ein repräsentativer Logistikprozess gefunden, der für den Aufbau eines Referenzmodells dient. Zum anderen konnten Verfahren zur textuellen Verarbeitung erarbeitet werden, die durch die Gegenüberstellung mit den logistischen Anforderungen zu spezifischen Methodenschritten führen.

3 Methodenaufbau und -implementierung

Der Methodenaufbau und die -implementierung sind der zentrale Aspekt der Arbeit. Hier werden alle notwendigen Schritte für die methodische Umsetzung durchgeführt. In Abschnitt 3 erfolgt die Ausarbeitung eines Referenzmodells zur Gegenüberstellung mit unternehmensspezifischen Prozessmodellen und der Aufbau einer Ontologie. Zusammen mit einem Regelwerk zur Operationalisierung in Abschnitt 3.4 bilden sie die Grundlage für den spezifischen Methodenansatz. Durch eine Implementierung in Abschnitt 3.6 werden die gewonnenen Erkenntnisse beispielhaft an einem Prozessmodell dargestellt.

3.1 Annahmen und Restriktionen

Bei dem Methodenaufbau werden qualitative und quantitative Annahmen und Restriktionen getroffen. Die qualitativen Annahmen und Restriktionen beruhen auf den Eigenschaften der Methode, wohingegen die quantitativen Annahmen und Restriktionen den Umfang der Methode betreffen (vgl. [Zol06], S.156). Da die quantitativen die qualitativen Restriktionen und Annahmen beeinflussen, werden diese zuerst erklärt. Drei verschiedene Restriktionen schränken den Umfang der Methode ein:

- Referenzmodell anhand von Beispielprozessen
- Unternehmensmodell anhand von Beispielprozessen
- Ontologisches Modell in Ansätzen

Besonders das Referenzmodell als Methodenelement zur Gegenüberstellung mit Unternehmensmodellen erfordert verschiedene Restriktionen. So wird lediglich der ausgewählte logistische Geschäftsprozess aus Abschnitt 2.3.2 für die methodische Entwicklung betrachtet. Dieser Geschäftsprozess soll als Basis für weitere Referenzmodelle genügen. Auch die Attribute im Referenzmodell werden nur beispielhaft angegeben. Vor dem Hintergrund ergonomischer Erfordernisse ist eine detaillierte Erhebung aller Humaneinflüsse in der Kommissionierung nicht Teil der Ausarbeitung.

Ebenso wie das „Soll-Modell“ ist auch das unternehmensspezifische „Ist-Modell“ in der Arbeit beispielhaft. Dabei beruhen die dargestellten Prozesse auf einer beispielhaften Supply Chain. Da die Vergleichsmethode einen Ansatz für weiterführende Analysen und der geeigneten Implementierung liefert, eignen sich für spätere Testphasen die Modelle realer Unternehmen.

Die Ontologie im Abschnitt 3.3.1 ist normalerweise eines der inhaltlich umfangreichsten Elemente für die Methode. In der Arbeit wird nur ein Teil aller Begriffe, die für das Thema „Ergonomische Kommissionierung“ relevant sind, in die Ontologie integriert. Der Umfang reicht dabei soweit, dass mit den Begriffen alle wesentlichen Analysen zur Methodenfunktion durchgeführt werden können.

Neben den quantitativen Restriktionen werden fünf qualitative Annahmen aufgestellt. Dabei bedeuten die Annahmen nicht, dass die Qualität der Methode eingeschränkt wird, in bestimmten Entwicklungsphasen wird lediglich eine gezielte Vorgehensweise in der Methode vorausgesetzt:

- Unternehmensmodelle in MO²GO
- Modell- und Ontologieinhalte in deutscher Sprache
- Keine Programmierung der Methode
- Keine Fließtextanalyse
- Keine Zertifizierung
- Vorgaben für Parameter und Einheiten in MO²GO

Alle spezifischen Unternehmensmodelle und Informationen werden in MO²GO abgebildet und gespeichert. Diese Annahme beruht darauf, dass das Referenzmodell im Rahmen der MO²GO-Software erstellt wird und daher denselben Input zum Abgleich mit einem Unternehmensmodell voraussetzt.

Sicherlich besteht der Bedarf einer mehrsprachigen Vergleichsmethode. Da dieser Themenbereich allerdings nur einen spezifischen Bereich der Gesamtmethode darstellt und sehr arbeitsintensiv ist, wird dieser nicht behandelt. Demnach sind sowohl die Modell- als auch die Ontologieinhalte ausschließlich in deutscher Sprache verfasst.

Die Programmierung der Methode ist eine zukünftige Herausforderung und als solche in den Zielen dieser Arbeit festgehalten (vgl. Abschnitt 1.2). Ein Ansatz zur Implementierung der Methode im Abschnitt 3.6 dient als inhaltlicher Übergang zur Softwareprogrammierung.

Die Analyse von Fließtexten ist nicht Bestandteil der Untersuchung. Im Rahmen der semantischen Erfassung werden einzelne Begriffe methodisch gesucht, geeignet analysiert und transformiert. Diese Restriktion beruht einerseits auf quantitativen Restriktionen, andererseits wird durch die Einordnung der Prozesse in eine Modellform, also in eine vereinfachte Form des Originalzustands, die Analyse von Fließtexten wertlos (vgl. [Hom00], S.31–32).

Die Ausarbeitung wird im Rahmen einer Literaturanalyse durchgeführt (vgl. Abschnitt 1.3). Das führt dazu, dass die Gestaltung der Methode keinem Einfluss externer Personen unterliegt. Eine automatische Zertifizierung über einen Modellvergleich seitens einer geprüften Zertifizierungsstelle (extern) ist ein interessantes Ziel, aber in der frühen Forschungsphase nicht vorgesehen. Dabei erweisen sich die hohen Kosten eines professionellen Audits als Problem.

Um einen Vergleich zwischen zwei Prozessmodellen zu ermöglichen, bedarf es einiger Parameter, die den Unternehmen zur Modellierung in MO²GO vorgegeben werden. Diese Parameter werden in Abschnitt 3.4.2 dargestellt und bilden die Inhalte des Referenzmodells. Hinzu kommt die Annahme, dass alle Zahlenwerte der Unternehmensmodelle in derselben Einheit vorliegen wie im Referenzmodell.

3.2 Aufbau eines Referenzmodells

Im Abschnitt 3.2 wird ein Referenzmodell entwickelt, das den Unternehmensmodellen für den Prozessvergleich gegenübergestellt wird. Zunächst werden die Strukturen der Referenzprozesse geklärt. Danach erfolgt eine Transformation in die Modellierungssprache IUM. Die Relationen des Referenzmodells in Abschnitt 3.2.3 zeigen schließlich die inhaltlichen Zusammenhänge des Abschnitts auf.

3.2.1 Struktur ausgewählter Prozesse

Nach der Darstellung der Annahmen und Restriktionen folgt nun die Ausarbeitung eines Referenzmodells. Auf dem Fachgebiet der Kommissionierung und der Ergonomie gibt es umfangreiche Literatur und viele Ansätze zur Prozessgestaltung. Um das Referenzmodell gemäß der Definition von Best-Practice aus Abschnitt 2.2 aufzubauen, werden die Hauptprozesse der Kommissionierung nach der VDI-Richtlinie 3590 ausgewählt. In Anlehnung an diese Hauptprozesse werden weitere Nebenprozesse und Best-Practice-Prozesse in das Referenzmodell integriert. Dabei orientiert sich der Aufbau des Modells an den Grundfragen der Modellierung ([Kos07], S.32):

- Was ist relevant für die Modellierung?
- Welche Konzepte und welche Beziehungen existieren?
- Wie fein muss das resultierende Prozessmodell sein?

Zunächst muss eine Hierarchie zur Einordnung der einzelnen Geschäftsprozesse geschaffen werden. Dazu bieten sich in der Logistik die vier Ordnungsklassen an:

- Materialflussprozesse
- Hauptprozesse
- Teilprozesse
- Aktivitäten

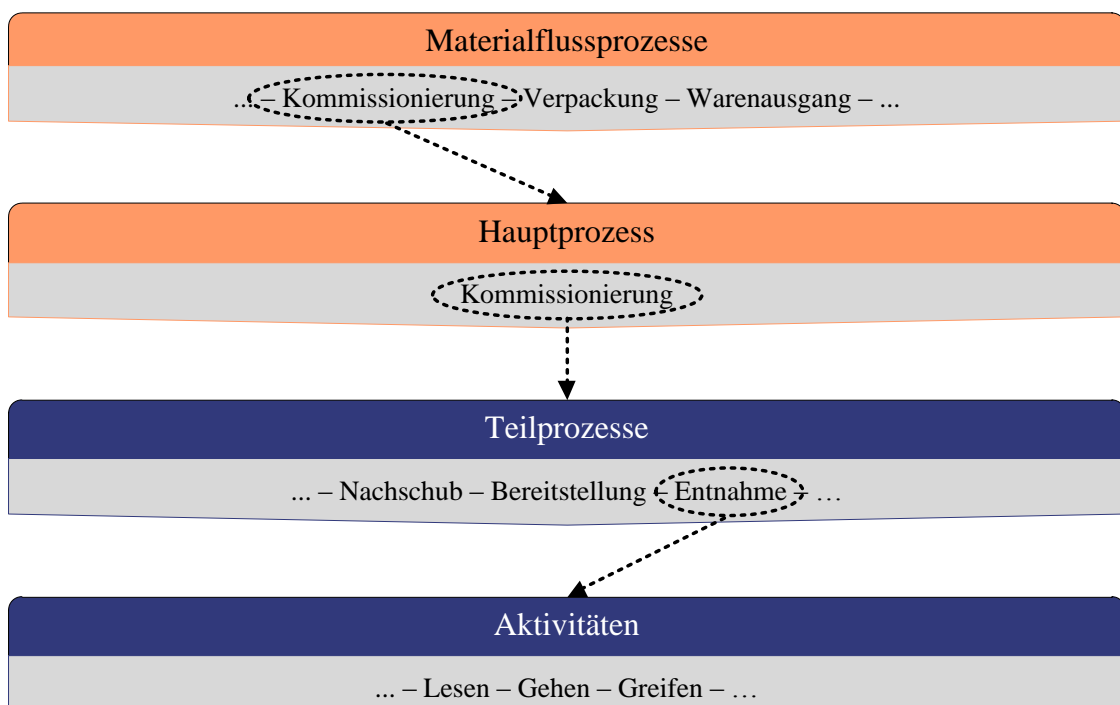


Abb. 3.1: Ordnungsklassen der Modellierung (nach [PS09], S.20; [Men99], S.18 & S.149).

Die wesentlichen Materialflussprozesse in einem Unternehmen wurden im Abschnitt 2.3.1 definiert. Dazu zählen bspw. der Wareneingang oder die Produktion. Über eine Selektion im Abschnitt 2.3.2 wurde die ergonomische Kommissionierung als geeigneter Materialflussprozess

ausgewählt. Sie stellt daher den Hauptprozess der Analyse dar, welcher sich aus Teilprozessen und diese wiederum aus einzelnen Aktivitäten zusammensetzt. Die Aktivitäten liefern eine detaillierte Beschreibung eines Teilprozesses und definieren einen einzelnen Arbeitsschritt. Aufgrund ihres niedrigeren Abstraktionsgrades werden sie auch als „Low-Level-Prozesse“ beschrieben, die Teilprozesse heißen dem gegenüber „High-Level-Prozesse“ (vgl. [AD08], S.102). Nachfolgend wird eine Beschreibung der Kommissionierprozesse nach VDI-Richtlinie 3590 vorgenommen, welche in Abb. 3.2 dargestellt sind:

- (1) Gemäß Abschnitt 2.3.2 ist die Funktion der Kommissionierung die Transformation eines Sortiments zu kundenspezifischen Aufträgen (vgl. [Mül12], S.59; [HSN07], S.251). Dazu muss nach VDI 3590 zunächst ein Transport der Güter zur Bereitstellung stattfinden. Dieser umfasst alle Materialflüsse von Lagereinheiten, um die Güter am Bereitstellort für den Mitarbeiter zugriffsbereit zu machen. Die Lagereinheiten sind bspw. Behälter oder Paletten (vgl. [Pla06], S.40). Werden die Einheiten z.B. in einem Fachbodenregal bereitgestellt, so erfolgt meistens kein dauerhafter Transport zur Bereitstellung. Muss allerdings die Lagerzone eines automatischen Lagersystems durchlaufen werden, so wird von einem Transport zur Bereitstellung gesprochen. Demnach findet der Transport der Güter zur Bereitstellung statt oder nicht. Beide Ausführungen sind realisierbar.
- (2) Die Bereitstellung schließt an den Transport an und definiert den zweiten High-Level-Prozess der Kommissionierung. Nach VDI 3590 Blatt 2 wird darunter die Vorgehensweise verstanden, wie die Bereitstellereinheiten dem Kommissionierer zur Durchführung der Kommissionierung angeboten werden. Aus Gründen ergonomischer Sichtweisen muss zwischen einer statischen und dynamischen Bereitstellung unterschieden werden. Bei der statischen Bereitstellung befindet sich der Artikel dauerhaft an einem Ort. Dynamisch ist der Artikel dann, wenn er sich vor, während oder nach der Entnahme fortbewegt. Diese Bewegung führt (z.B. bei einem Durchlaufregal) zu einer ergonomischen Bereitstellung an der Entnahmefront eines Lagersystems im Kommissionierbereich ([Dic09], S.258; [HBS11], S.22).
- (3) Die beiden ersten Teilprozesse müssen nicht durch den Kommissionierer selbst ausgeübt werden. Mit der Bewegung zum Bereitstellort wird daher der erste aktive Teilprozess des Kommissionierers beschrieben. Dabei wird zwischen verschiedenen Bewegungsarten unterschieden. Einerseits entfällt die Bewegung zum Bereitstellort als Teilprozess, wenn sich der Mitarbeiter in einem Kommissioniernest befindet (vgl. [Hag10], S.63). Andererseits wird die Bewegung manuell oder automatisch ausgeführt. Unter Anbetracht ergonomischer Aspekte wird die eindimensionale Bewegung des Kommissionierers für den Prozess vorausgesetzt. Daher bewegt sich der Kommissionierer ebenerdig entlang einer Entnahmefront durch den Kommissionierbereich ([HBS11], S.24).
- (4) Hat der Kommissionierer den Ort der Bereitstellung erreicht, erfolgt die Entnahme der Güter. Die Entnahme charakterisiert aufgrund seines hohen Zeitbedarfs und der damit verbundenen starken körperlichen Belastungen einen zentralen High-Level-Prozess der ergonomischen Kommissionierung und wird daher noch ausführlich parametrisiert. Eine Einbindung der Best-Practice-Prozesse aus Abschnitt 2.3.3 in diesen Teilprozess ist daher sinnvoll. Es wird von Entnahme gesprochen, wenn die Übernahme der Güter in der Bereitstellereinheit durch den Kommissionierer erfolgt. Zudem gibt es eine Definition über die Menge entnommener Artikel (vgl. [Pla06], S.40). Diese variiert nach der Auftragsstruktur des Kunden.

Werden Best-Practice-Technologien bei dem Entnahmeprozess integriert, wird von einer technischen Entnahme gesprochen. (vgl. [HBS11], S.25).

- (5) Wurden die ersten Güter durch den Kommissionierer aufgenommen, erfolgt evtl. die Bewegung zu einem weiteren Entnahmeort an der Regalfront oder zum Abgabeort der Entnahmemenge. Diese Veränderung des Aufenthaltsortes mit den entnommenen Gütern wird nach VDI 3590-2 als Transport zum Abgabeort definiert. Dazu müssen die entnommenen Artikel in eine Sammeleinrichtung gegeben werden. Diese Einrichtung ist bspw. ein Behälter oder ein Karton. Auch die Abgabe auf ein Förderband ist möglich ([HBS11], S.26).
- (6) Die eigentliche Abgabe ist der vorletzte Teilprozess der VDI-Richtlinie 3590. Sie beschreibt die Art und Weise, wie die kommissionierten Artikel vom Mitarbeiter auf eine Abgabereinrichtung übergeben werden. Die Abgabe ist im Gegensatz zum Transport zum Abgabeort kein optionaler Teilprozess, sondern in jedem Kommissioniersystem als Schnittstelle zu weiteren Materialflussprozessen erforderlich (vgl. Abb. 3.1). Im Wesentlichen wird zwischen der zentralen Abgabe und der dezentralen Abgabe unterschieden. Oftmals werden die zusammengestellten Artikelmenen an einer zentralen Sammelstelle abgegeben. Erfolgt die direkte Übergabe der Einheiten nach der Entnahme auf ein Förderband wird von dezentraler Abgabe gesprochen ([Hie95], S.621).
- (7) Mit dem Rücktransport der angebrochenen Ladeeinheiten (7) schließt ein optionaler Teilprozess den Verlauf der Kommissionierung nach der VDI-Richtlinie 3590 ab. Dieser Prozess ist an den Transport der Güter zur Bereitstellung gebunden. Evtl. kommt es zu der Situation, dass die Bereitstelleneinheiten nach der Entnahme nicht vollständig geleert sind. Dann müssen die Einheiten wieder zu ihrem Ursprungsort zurückgeführt werden. Der Transport erfolgt manuell oder automatisch ([HBS11], S.27–28). Ein nichtleerer Behälter muss bspw. nach der Entnahme über eine Lagervorzone wieder an ein automatisches Kleinteilelager (AKL) übergeben werden. Im vorliegenden Referenzmodell wird ein manueller Transport zum Vorratssystem angenommen ([VDI3590-2], S.11–13).

Insgesamt setzt sich der beispielhafte Prozessverlauf nach VDI-Richtlinie 3590 aus sieben Teilprozessen zusammen. Sie bilden die Grundlage für die Ergänzung weiterer Teilprozesse und Aktivitäten sowie die Integration von Best-Practice-Prozessen aus Abschnitt 2.3.3.

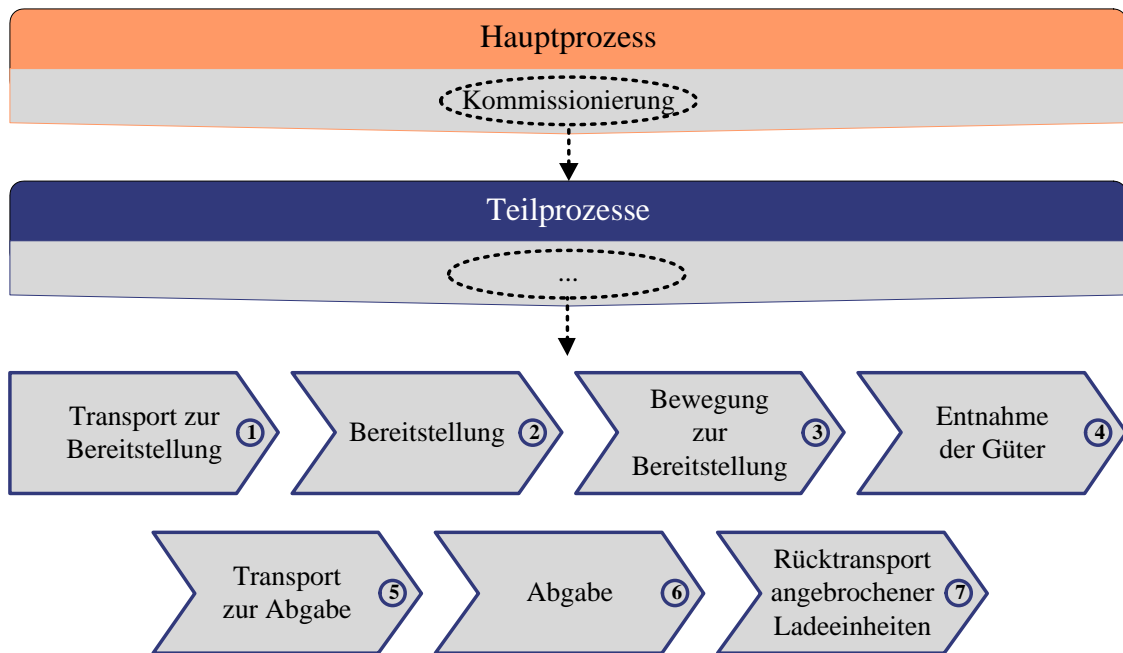


Abb. 3.2: High-Level Prozesse (nach [VDI3590-2], S.11–13).

In Abb. 3.2 werden alle definierten Teilprozesse der Kommissionierung dargestellt. Dabei werden zum besseren Verständnis keine Fallunterscheidungen innerhalb der Teilprozesse abgebildet. Diese finden sich jedoch in der endgültigen Abbildung des Referenzmodells wieder.

In Anlehnung an diesen Prozessverlauf gibt es in der Literatur weitere Ansätze, um den Geschäftsprozess der Kommissionierung zu spezifizieren. Die Erweiterung der Teilprozesse nach VDI 3590 erweist sich als sinnvoll, um den Inhalt der bisherigen Teilprozesse zu konkretisieren und dadurch die Eignung des Referenzmodells für den Praxisbedarf zu steigern. Die Erweiterung der Abb. 3.2 wird in Abb. 3.3 gezeigt und nachfolgend erklärt:

- (1) Der Transport zur Bereitstellung der Güter ist der erste Teilprozess nach den Prozessen der Auftragsvorbereitung. Die Auftragsvorbereitung dient der Transformation eines Kundenauftrags in einen Kommissionierauftrag. Die Transformation wird anhand wichtiger Kennzahlen wie z.B. der Kommissionierleistung vorgenommen. Bei der Auftragsvorbereitung wird zwischen den Teilprozessen der Auftragserfassung (1A), Auftragsaufbereitung (1B) und Auftragsweitergabe (1C) unterschieden. Die Auftragserfassung dient der informationsgebundenen Einteilung der Kundenaufträge in systemoptimierte Kommissionieraufträge. Dabei richtet sich die Einteilung der Kommissionieraufträge nach verschiedenen Logistikkennzahlen wie der Priorität, der Menge oder auch der Weiterverarbeitung angrenzender Materialflussprozesse (vgl. Abb. 3.1). Diese Kennzahlen bilden gleichzeitig die Auftragsaufbereitung ab, deren Ergebnis eine generierte Kommissionierliste ist. Die Weitergabe ist schließlich die Annahme und Bereitstellung des Kommissionierauftrags an den Kommissionierer. Diese erfolgt papiergebunden oder elektronisch (bspw. mit einem Handterminal) (vgl. [HLL05], S.25; [Gud73], S.22).
- (2) Die Definitionen zur Bereitstellung unterscheiden sich in der Literatur nur unwesentlich. Lediglich eine Konkretisierung des Teilprozesses wird von einigen Autoren vorgenommen. So wird nach Klug zwischen der Bereitstellung der Kommissioniereinheiten (2A) und der

- Bereitstellung leerer Kommissionierbehälter (2B) unterschieden ([Klu10], S.197). Letztere ist von der jeweiligen Strategie der Kommissionierung abhängig. Im Referenzmodell kann die Entnahme und Abgabe nur unter Berücksichtigung beider Teilprozesse erfolgen.
- (3) Bei der Bewegung des Kommissionierers zum Bereitstellort muss zwischen zwei verschiedenen Prinzipien unterschieden werden. Zum einen kann der Prozess belegorientiert durchgeführt werden. Zu anderen kann die Bewegung beleglos erfolgen, sodass der Mitarbeiter durch informationstechnische Hilfsmittel (z.B. Pick-by-Light-System) geführt und dadurch in seinem Suchprozess unterstützt wird (vgl. [VDI3311], S.3; [Sch13a], S.279). In dem Referenzmodell werden beide Prinzipien nur oberflächlich betrachtet. Allerdings wird zwischen dem Erfassen der Teileposition (3A) und dem Gehen zum Entnahmeort (3B) unterschieden ([Klu10], S.197).
 - (4) Der Prozess der Entnahme wird durch acht Aktivitäten spezifiziert, was dessen hohe Relevanz für die Ergonomie unterstreicht. Wenn der Kommissionierer vor der Entnahmeeinheit steht, muss diese identifiziert werden (4A). Dabei wird einerseits geprüft, ob es der richtige Artikel ist. Andererseits wird die Verpackungseinheit identifiziert, sodass die geeignete Menge des Artikels für den vorliegenden Auftrag entnommen werden kann. Das Greifen (4B) bildet eine weitere Aktivität, die manuell oder teilweise mechanisch erfolgt. Die mechanische Ausführung anhand der Best-Practice-Hebehilfe wird im Abschnitt 2.3.3 erläutert. Liegt die Entnahmeeinheit in den Händen des Mitarbeiters, muss diese gekennzeichnet (4C) und zum Kommissionierbehälter gebracht werden (4D). Je nach Anforderung erfolgt zusätzlich eine manuelle Kontrolle der Entnahme durch Abzählen und Wiegen (4E). Sind innerhalb der Kommissionierbehälter spezifische Packmuster erforderlich, muss zunächst eine geeignete Ablagestelle im Kommissionierbehälter identifiziert werden (4F). Danach wird die Entnahmeeinheit in dem Behälter verstaut (4G). Die Quittierung der Artikel (4H) komplettiert die Aktivitäten der Entnahme ([Klu10], S.197; [DS09], S.5).
 - (5) Falls alle entnommenen Artikel in einen Kommissionierbehälter gelegt und der Entnahmeprozess bis zur Fertigstellung des Kommissionierauftrags wiederholt wurde, erfolgt der Transport der Güter zum Abgabeort des Kommissioniersystems. Die gefüllten Kommissioniereinheiten können auf eine Förderstrecke zum Abgabeort gelegt werden (5A). Dieser Vorgang wird als „Pick-to-Belt“ bezeichnet. Dadurch wird dem Mitarbeiter der manuelle Transport (5B) abgenommen, der als „Pick-to-Box“ bezeichnet wird (vgl. [VDI3311], S.3; [HBS11], S.26).
 - (6) In dem vorliegenden Prozessverlauf wird von einer einstufigen Kommissionierung ausgegangen, was die Zusammenführung und anschließende Sortierung mehrerer Sammelbehälter an einem Sammelplatz überflüssig macht. Bei der einstufigen Kommissionierung erfolgt die Abgabe der Behälter nach Kundenaufträgen (vgl. [BKK09], S.120). Zunächst werden die kommissionierten Artikel mittels einer Sichtkontrolle (6A) auf Fehler überprüft. Schließlich erfolgt die Rückmeldung des Kommissionierauftrags (6B), der als Quittierung des Auftrags angesehen dient. Die Übergabe und Freigabe des Kommissionierauftrags an den Versandbereich (6C) bildet den finalen Teilprozess der Kommissionierung, der die Schnittstelle zu den nachfolgenden Materialflussprozessen darstellt (vgl. Abb. 3.1) ([VDI4490], S.8; [Klu10], S.197; [VDI3590-1], S.2).

- (7) Die Rückgabe der angebrochenen Kommissioniereinheiten in den Lagerbereich stellt je nach Systemstruktur (z.B. integrierte Lagervorzone) einen optionalen Teilprozess dar. Da der Vorgang nach der Entnahme der Artikel erfolgt, wird die Effizienz der Kommissionierung nur unwesentlich beeinflusst. Diese geringe Bedeutung für die Effizienz der Kommissionierung lässt sich an den Prozessverläufen in verschiedenen Büchern ablesen. Falls der Teilprozess der Rückgabe integriert ist, ist er ohne erklärende Aktivitäten dargestellt (vgl. [Bie13]; [VDI3590-1], S.2).

Werden die drei Best-Practice-Beispiele für die ergonomische Kommissioniergestaltung aus Abschnitt 2.3.3 integriert, entsteht ein geeigneter Prozessverlauf. Dieser wird als Grundlage für die Transformation in ein MO²GO-Prozessmodell genommen. Bei dem Palettenwendegerät wird von einer Drehung der Palette um 180° ausgegangen, welche zu einem geeigneten Zeitpunkt stattfindet. Der Vorgang des Drehens unterstützt den Teilprozess der Entnahme.

Die ergonomische Lagerfachbelegung begünstigt als weiteres Best-Practice-Beispiel auch den Teilprozess der Entnahme. Neben der Aktivität des Greifens wird hierdurch auch maßgeblich die Identifizierung der Entnahmeeinheit beeinflusst. Liegen die gesuchten Artikel bspw. in einem Behälter, der sich über dem Kopf des Mitarbeiters befindet, so fällt die Identifizierung der Artikel bei geringer Arbeitsroutine des Mitarbeiters zeitintensiver aus.

Die mitfahrende Hebehilfe als dritter Best-Practice-Prozess unterstützt neben den Greif- und Abgabeprozessen auch die Transportprozesse. Der Kommissionierer kann den Entnahmeort per Flurförderzeug erreichen. Die Einrichtung zur Hebehilfe übernimmt zudem Gewichte bis 25 kg und unterstützt dadurch aktiv den Mitarbeiter bei den Hebeprozessen der Entnahme. Die Erweiterung der High-Level-Prozesse um weitere Teilprozesse, Aktivitäten und Best-Practice-Beispiele ist in Abb. 3.3 dargestellt:

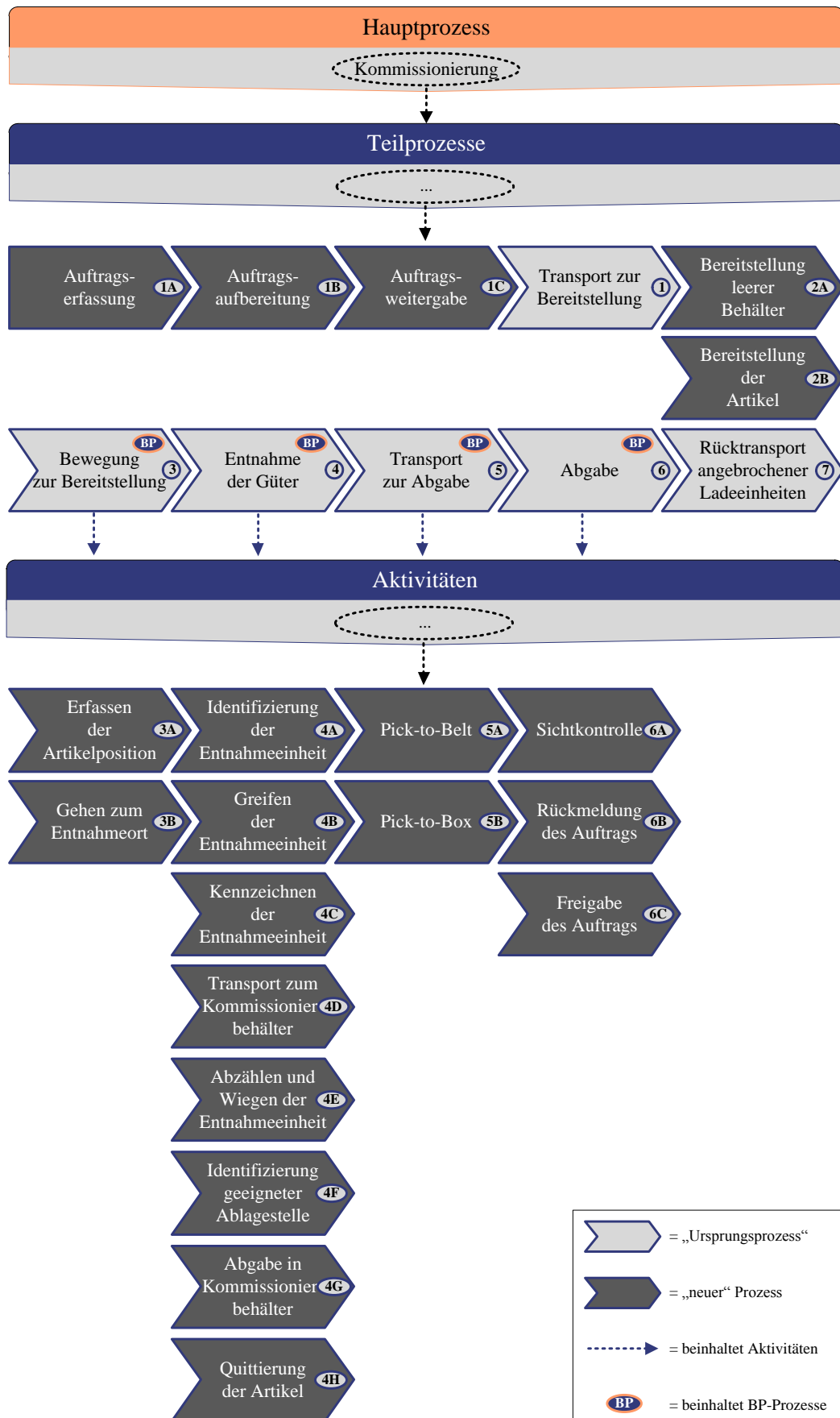


Abb. 3.3: Erweiterung der Teilprozesse (eigene Darstellung).

In Abb. 3.3 wird die Unterscheidung zwischen Aktivitäten und Teilprozessen verdeutlicht. Gemäß ihrer Definition sind Prozesse eine zeitliche und sachlogische Aneinanderreihung von einzelnen Aktivitäten. Aktivitäten als solche beschreiben einzelne Tätigkeiten ([Sch04], S.44). Eine Unterscheidung innerhalb des Referenzmodells ist vorteilhaft, da dadurch eine Hierarchie geschaffen wird. Diese beeinflusst das allgemeine Verständnis des Referenzmodells positiv. Der Prozessverlauf in Abb. 3.3 wird nun zur Transformation in eine geeignete Modellierungssprache genutzt.

3.2.2 Prozesstransformation nach IUM

Die Darstellung von Geschäftsprozessen in einem Modell kann anhand unterschiedlicher Modellierungsmethoden vorgenommen werden. Diese dienen allgemein der vernetzten Darstellung einzelner Prozessaktivitäten in einem geordneten Zusammenhang mit dem Ziel einer effizienten Umsetzung (vgl. [SMJ96], S.10). Für das Referenzmodell wird die Modellierungssprache IUM angewendet (vgl. [SMJ96]). Diese vom IPK entwickelte Methode dient zur Abbildung, Beschreibung, Analyse und Gestaltung unternehmenseigener Prozesse ([Abe02], S.49). Dabei erfreut sich die IUM-Methode in der Industrie neben der Ereignisgesteuerten Prozesskette (EPK) einer hohen Akzeptanz und Verbreitung ([TN09], S.83). Daher erweist sich die Methode vor dem Hintergrund weiterer Analyse- und Einsatzzwecke als geeignet.

Generell lassen sich beim IUM-Ansatz alle Geschäftsprozesse in drei Klassen einordnen. Bei jedem eingeordneten Prozess wird von einem Klassenobjekt oder Objekt gesprochen. Die „Auftragsfreigabe“ ist bspw. ein Klassenobjekt. Die Klassen werden gemäß ihrem Inhalt als „Auftrag“, „Produkt“ und „Ressource“ bezeichnet. Jedes Klassenobjekt kann zusätzlich über Attribute beschrieben werden. Diese Attribute definieren statische oder dynamische Eigenschaften der Objekte. So kann z.B. dem Objekt „Greifen“ das Attribut „Maximalwert für das Greifen [min]“ zugeordnet werden. Über die Ausprägung der Attribute wird der Zustand eines Objektes festgelegt. Um den Zustand eines Objektes während des Prozessverlaufs zu ändern, bedarf es einer „Aktion“. Eine Aktion verändert die Ausprägung eines Attributs gemäß individuellen Anforderungen. Über die Aktion „Rücklagerung“ kann bspw. der Lagerbestand für einen Artikel im Objekt „Lager“ erhöht werden. Die Aktionen und Klassenobjekte werden über verschiedenartige „Konnektoren“ verbunden. Dadurch kann ein gerichteter Materialfluss entstehen. Die Vorteile der IUM-Methode sind vielseitig. Zum einen bietet die Methode eine flexible Anwendung durch universale Bausteine (Klassen, Aktionen), zum anderen ermöglicht die Anwendung die gleichzeitige Integration verschiedener Unternehmensbereiche ([Kra07], S.131).

Da die Geschäftsprozesse aus Abschnitt 3.2.1 für den Modellvergleich in digitaler Form vorliegen müssen, bedarf es einer Anwendungssoftware zur Modellierung. MO²GO bietet sich dabei als Werkzeug an. Mit der IUM-Methode als Basis und zahlreichen Schnittstellen (z.B. Export in eine Textdatei) erweist sich das Programm als geeignet für die Modellierung ([Kra07], S.132). Der erhobene Prozessverlauf wird folglich mit MO²GO in ein Referenzmodell überführt. Das Modell kann dem Anhang entnommen werden.

Bei der Modellierung stellt sich die Frage, welche Teilprozesse oder Aktivitäten in welcher Klasse abgebildet und wie diese bezeichnet werden sollen. Dabei unterliegt die Bezeichnung verschiedenen Regeln zur Sprachnorm, wodurch eine einheitliche Beschreibungsform im Modell erzeugt werden soll (vgl. [Lüd88], S.201). Diese Vorgehensweise belegt das Ziel eines ge-

neralisierten Methodenaufbaus. Referenzmodelle, die andere logistische Geschäftsprozesse beschreiben, sollen nach denselben Regeln beschrieben werden. Folgende Regeln der Sprachnorm sind bei den Klassen und Aktionen in MO²GO zu beachten:

- Auftrag = Nomen (artikellos, Singular)
- Produkt = Adjektiv (attributiv) + Nomen (artikellos, Singular)
- Ressource = Nomen (artikellos, Singular)
- Aktion = Nomen (artikellos, Singular) + Verb (Infinitiv) / Fachnomen (artikellos, Singular)

Basierend auf einer Analyse des Geschäftsprozesses haben sich die Sprachregeln als sinnvoll für logistische Prozessbeschreibungen erwiesen. Ein Auftrag nach der ersten Sprachregel wird bspw. als „Kundenauftrag“ beschreiben. Ein exemplarisches Produkt ist „Bereitgestellter Artikel“. Für eine Ressource kann die Beschreibung „Fördertechnik“ verwendet werden und eine regelkonforme Aktion ist „Entnahme kennzeichnen“.

Bis auf wenige Ausnahmen werden die Teilprozesse aus Abb. 3.3 in Aktionen transformiert. Der Geschäftsprozess beginnt mit der Aktion „Auftrag erfassen“ und endet mit der Aktion „Auftrag freigeben“. Im Rahmen von Teilprozessen mit untergeordneten Aktivitäten (vgl. Abb. 3.3) wird sowohl die Entnahme („Entnommener Artikel“) als auch die Abgabe („Beladenes Förderband“, „Gefüllter Behälter“) in die IUM-Klasse der Produkte transformiert. Des Weiteren schließt der Prozess der Bereitstellung von Artikeln und Leerbehältern und die Freigabe der Kommissioniereinheiten am Ende des Prozessverlaufs mit der Produkt-Klasse ab. Da die Teilprozesse (3) und (5) in Abb. 3.3 trotz untergeordneter Aktivitäten kein Teil- oder Endprodukt zur Folge haben, wird ihnen nicht die Produkt-Klasse zugeordnet. Grundsätzlich folgt die Transformation der Teilprozesse einer bestimmten Regel: Alle Teilprozesse, die nicht eindeutig ein Produkt als Ergebnis haben, werden als Aktion oder Auftrag transformiert.

Das Referenzmodell der Kommissionierung endet mit dem Produkt „Freigegebene Einheit“ und startet mit dem Auftrag „Kundenauftrag“. Hinzu kommen weitere Auftrags Elemente. Bei logistischen Modellierungen muss darauf geachtet werden, dass die wesentlichen Auftragsstypen eines Geschäftsprozesses in das Modell integriert sind. Da der Kunde oftmals der Auslöser für einen logistischen Prozess ist (vgl. Abschnitt 2.3.1), wird in vielen Modellierungen der „Kundenauftrag“ als Klassenobjekt an den Anfang des Prozessverlaufs gestellt. Dieser wird in der Logistik durch IT-Infrastruktur (bspw. einem Warehouse-Management-System (WMS)) verarbeitet und in andere Auftragsstypen überführt. Im beispielhaften Modell spiegelt sich diese Überführung in einem „Kommissionierauftrag“ oder „Auslagerungsauftrag“ wider.

Um Aktionen in einem Geschäftsprozess auszuführen, werden Ressourcen benötigt. Kommen dieselben Ressourcen (z.B. Gabelstapler) mehrfach in einem Geschäftsprozess vor, so müssen diese auch mehrfach im Modell eingebaut werden. Am Beispiel des „Kommissionierers“ lässt sich diese Vorgehensweise verdeutlichen. Von der Aktion „Artikelposition erfassen“ bis „Auftrag freigeben“ übernimmt der „Kommissionierer“ alle Aktivitäten. Lediglich bei der Bereitstellung und Rücklagerung werden die Prozesse mittels anderer Ressourcen bewerkstelligt (z.B. Fördertechnik, Artikel, Leerbehälter). Aus Gründen der Transparenz im Beispielmodell werden nur die unmittelbaren Ressourcen pro Aktion dargestellt. So ist z.B. bei der Aktion „Ar-

tikel greifen“ kein „Artikel“ oder „Behälter“ als Ressource angegeben. Nur der „Kommissionierer“ als zentraler Akteur des Greifprozesses ist an dieser Stelle modelliert.

Auch die Konnektoren zwischen den einzelnen Klassenobjekten und Aktionen müssen geeignet gewählt werden. Je nach logistischem Ablauf besitzt eine Senke mehrere Quellen und eine Quelle mehrere Senken. In diesen Fällen muss eine „Verzweigung“ oder „Zusammenführung“ der Elemente integriert werden. Eine „Fallunterscheidung“ wird dann benutzt, wenn der Geschäftsprozess alternativ weiterverläuft, z.B. wenn der Kommissionierer die entnommenen Artikel entweder auf ein Förderband abgibt (Pick-to-Belt) oder in einen Kommissionierbehälter (Pick-to-Box) legt. Beide Fälle können nicht gleichzeitig auftreten. Ansonsten verlaufen die Elemente in einer „Sequentiellen Folge“. Lediglich von einer Ressource und einem Auftrag zu einer Aktion werden bedingte Konnektoren eingesetzt. Ein Mechanismus in MO²GO zur Fehlerbehebung weist bereits während der Modellierung auf die ordnungsgemäße Verwendung der Konnektoren hin. Um den Prozess der Modellierung zu vereinfachen, ist nach dem generischen Aktivitätenmodell in IEM gearbeitet worden (vgl. [Kol09], S.34). Das Referenzmodell der Kommissionierung in MO²GO ist in Abb. 3.4 dargestellt:

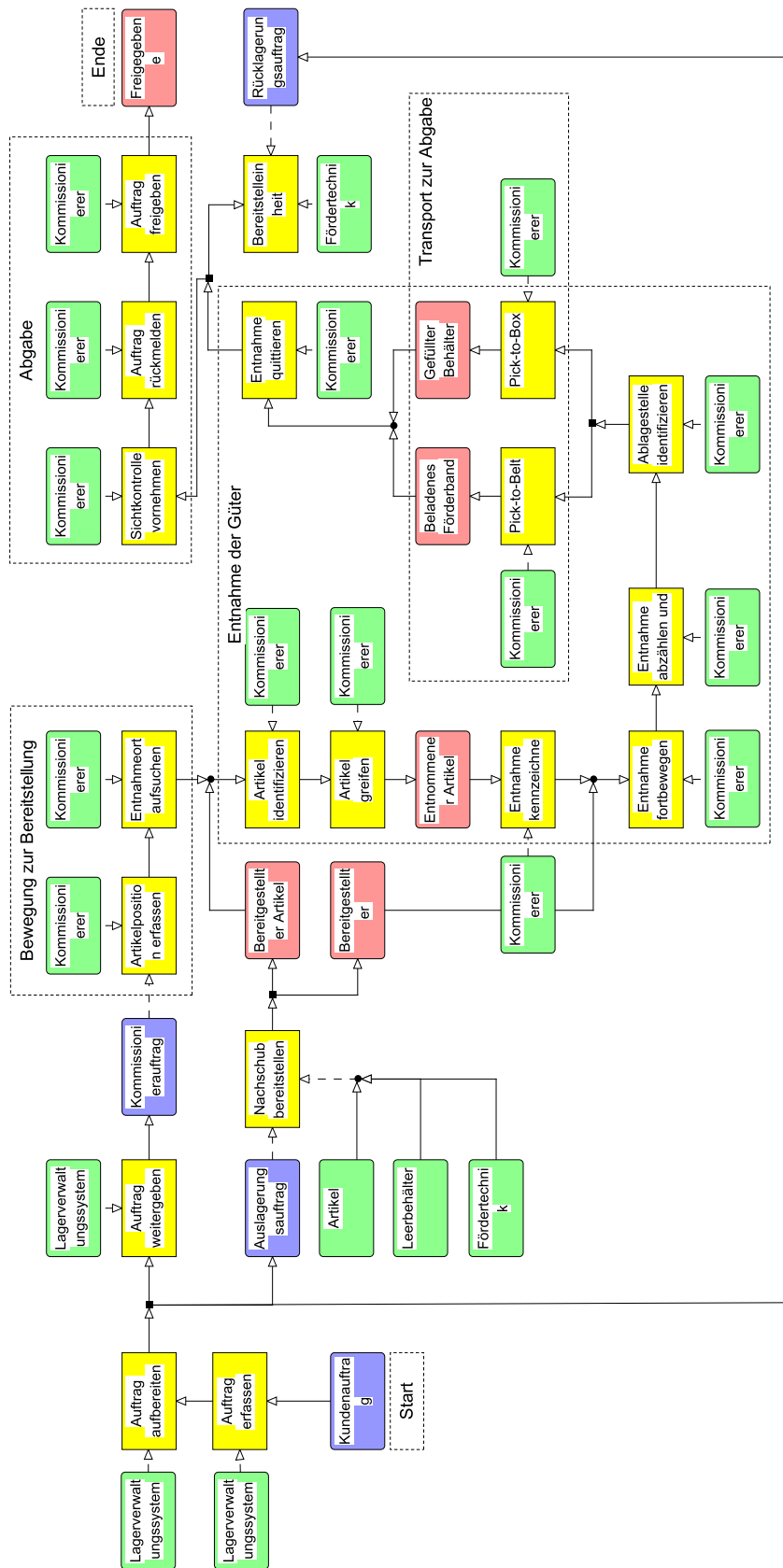


Abb. 3.4: Referenzmodell in MO²GO (eigene Darstellung).

3.2.3 Relationen des Referenzmodells

Das Referenzmodell der Kommissionierprozesse nach der IUM-Methode dient als Grundlage für die Bewertung der spezifischen Unternehmensmodelle. Der Aufbau des Modells erfordert inhaltliche Relationen, die in Abb. 3.5 dargestellt sind. Für das Referenzmodell, das Ontologiemodell und das Regelwerk werden gleichermaßen die jeweiligen Relationen am Ende eines Abschnitts abgebildet. Dabei werden stets der „Impuls“, die „Entwicklung“ und die „Instrumente“ des jeweiligen Methodenabschnitts verknüpft. Die „Entwicklung“ zeigt den Verlauf des Methodenabschnitts. Aus einem „Impuls“ heraus entstehen die einzelnen Methodenschritte und die „Instrumente“ unterstützen diese.

Die Vergleichsmethode beginnt mit der thematischen Schwerpunktsetzung. Im logistischen Fachbereich muss ein relevanter Materialflussprozess gefunden und spezifiziert werden, sodass eine Analyse ermöglicht wird. Darauf aufbauend wird ein Referenzmodell entwickelt (vgl. Abschnitt 3.2.2), das die Soll-Prozesse abbildet. Die Struktur dieses Modells wird über die Einteilung in Teilprozesse und Aktivitäten gebildet (vgl. Abb. 3.3). Dabei ist es wichtig, dass die Grundstruktur des Modells auf einem standardisierten Prozessverlauf (z.B. einer Richtlinie) gründet. Die Teilprozesse und Aktivitäten werden daraufhin in ein IUM-basiertes Modell transformiert. Dazu werden die Teilprozesse und Aktivitäten den Klassen oder einer Aktion in der integrierten Unternehmensmodellierung zugeordnet. Der Aufbau des Referenzmodells wird zur semantischen Weiterverarbeitung in MO²GO abgebildet. Um eine generalisierte Modellbildungsphase zu schaffen, bedarf es spezifischer Regeln zur Sprachnorm. Die Regeln im Abschnitt 3.2.2 erweisen sich zur Beschreibung logistischer Geschäftsprozesse als sinnvoll. Das Ergebnis dieser Methodenschritte ist ein Referenzmodell. Die Schaffung von Interoperabilität ist bspw. der Impuls zur softwaregebundenen Implementierung (vgl. [Mei09], S.62). Im Rahmen von MO²GO wird das Referenzmodell diesem Impuls gerecht. Das Modellierungsprogramm MO²GO stellt gleichzeitig ein Instrument der Methode dar:

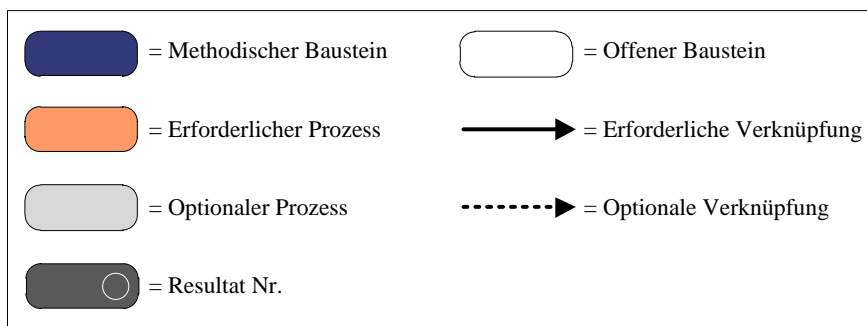
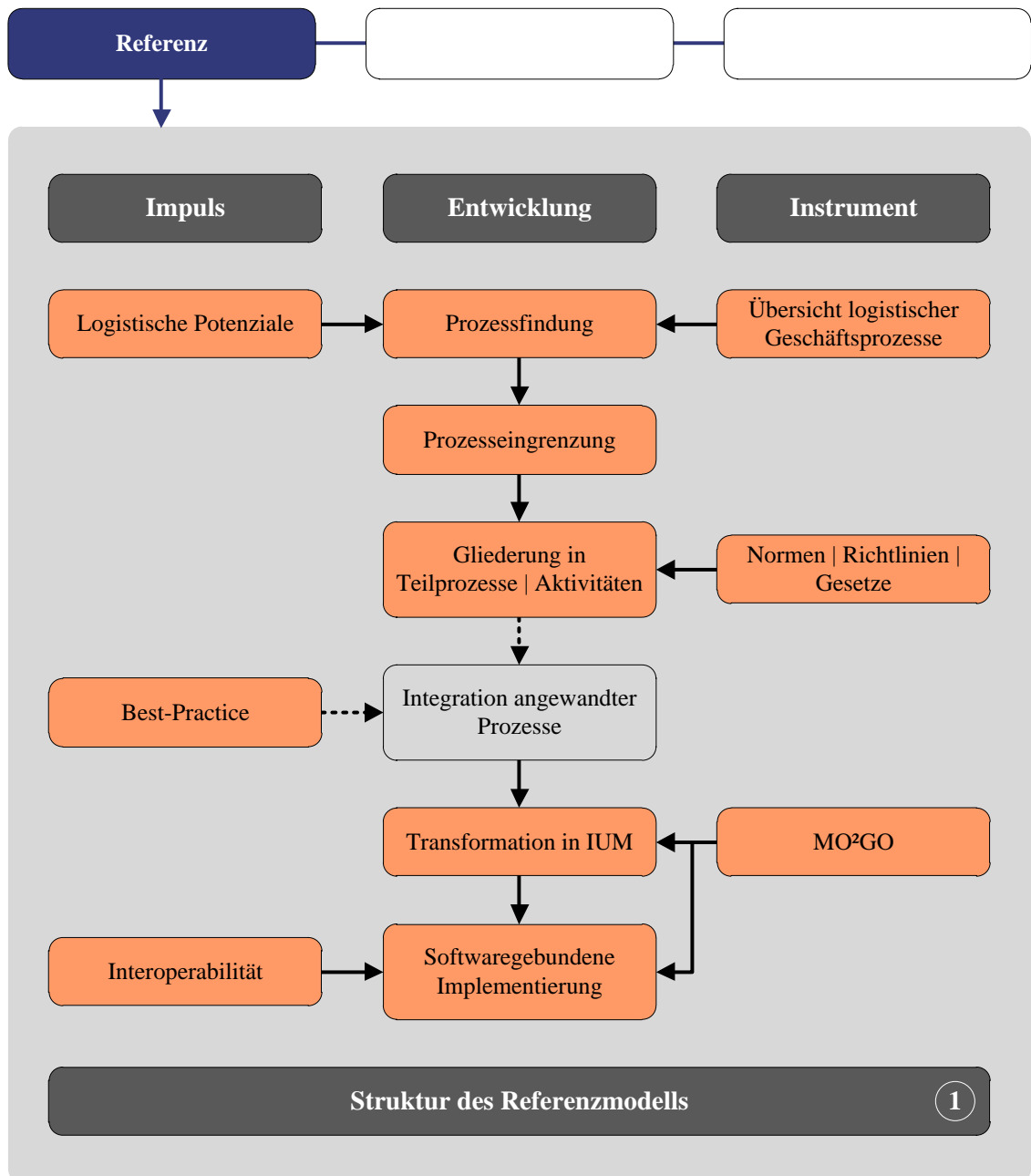


Abb. 3.5: Relationen des Referenzmodells (eigene Darstellung).

Eine „statische“ Methode soll vermieden und dadurch die Anwendung auf andere logistische Geschäftsprozesse ermöglicht werden. Dynamik bedeutet demgegenüber, dass die Methode sowohl verändert als auch erweitert werden kann. Die Vorteile dieser Dynamik setzen bereits

bei der Gliederung in Teilprozesse und Aktivitäten an (vgl. Abb. 3.5). Der Kommissionierprozess in Abb. 3.3 ist eine sequentielle Abfolge von Prozessen. Diese können je nach Anforderung beliebig erweitert oder eingeschränkt werden. Bedarf es eines standardisierten Referenzmodells, muss eine Norm oder Richtlinie zur Prozessgestaltung herangezogen werden. Bedarf es zum Modellvergleich spezifische Best-Practice-Prozesse, müssen diese im Referenzmodell integriert werden. Generell ist die Integration angewandter Best-Practice-Prozesse aus der Praxis optional. Thematisch ist der Abgleich mit jenen logistischen Geschäftsprozessen sinnvoll, die klare Grenzen zu angrenzenden Prozessen aufweisen, strukturelle Potenziale beinhalten und anhand eines erprobten Verlaufs modelliert werden. Der Abgleich spezifischer Unternehmensprozesse mit einem Prozess logistischer Grundlagenforschung ist bspw. ineffizient, da das Referenzmodell selbst keinen fundierten Praxiserfolg aufweist. Bei der Transformation nach IUM wird sich an dem beispielhaften Geschäftsprozess orientiert. Aufgrund der Vielfalt logistischer Prozesse kann keine bestimmte Zuordnung der Teilprozesse und Aktivitäten zu IUM-Klassen und Aktivitäten erfolgen (vgl. [Geb07], S.137).

3.3 Aufbau eines Ontologiemodells

Die semantische Analyse im Kontext des Text Mining (vgl. Abschnitt 2.4.2) erfordert die Verknüpfung logistischer Wörter. Dadurch soll die Bedeutung individueller Prozessbeschreibungen geklärt und die Bewertung einer Ähnlichkeit mit den Prozessen eines Referenzmodells ermöglicht werden. Der Aufbau einer Ontologie im Abschnitt 3.3.1 greift diesen Ansatz auf.

3.3.1 Struktur und Inhalte

Der Aufbau der Ontologie erfolgt anhand spezifischer Anforderungen der Logistik und genereller Anforderungen an eine Ontologie. Es gibt fünf generelle Anforderungen:

- Genauigkeit
- Verständlichkeit
- Schlussfolgerbarkeit
- Erweiterbarkeit
- Wartbarkeit

Die Genauigkeit sagt aus, dass die Ontologie die Realität so genau wie möglich abbilden muss, um Widersprüche zu vermeiden. Die Verständlichkeit sagt aus, dass die Inhalte einer Ontologie für den Anwender schnell erfassbar sein müssen. Dabei spielen sowohl die Terminologie als auch die Struktur der Ontologie eine entscheidende Rolle. Es müssen daher die richtigen Begriffe im richtigen Zusammenhang zu anderen Begriffen gewählt werden. Werden z.B. logistische Prozessabläufe in einer Ontologie beschrieben, so würde die Äquivalenz der Wörter „Kommissionierung“ und „Kommissionierer“ zu einem fragwürdigen Aufbau führen. Die Schlussfolgerbarkeit erfordert, dass eine Ontologie über Abfragen individuelle Analyseschlüsse zum hinterlegten Wissen liefern kann. Speziell im Rahmen einer Domänen-Ontologie werden nur bestimmte Fachgebiete beschrieben. Häufig ergeben sich aber an den Schnittstellen dieser Fachgebiete weitere Problematiken, die evtl. über eine Ontologie analysiert werden müssen. Hierbei erweist es sich als hilfreich, wenn ein ontologisches Modell erweiterbar ist. Die Ontologie zur

Kommissionierung ist in Zukunft bspw. sinnvoll mit einer Ontologie der Warenausgangsprozesse zu verknüpfen. Dadurch entstehen Synergien und domänenübergreifende Fragestellungen werden beantwortet. Die Wartbarkeit als letzte Anforderung besagt, dass eine Ontologie zur Laufzeit flexibel änderbar sein muss (vgl. [Fuc08], S.50). In dem Ontologiemodell zum semantischen Abgleich der Unternehmensmodelle mit dem Referenzmodell aus Abschnitt 3.2.2 werden vier der fünf Anforderungen erfüllt. Da es sich wegen eines sehr zeitintensiven Aufbaus lediglich um ein Ontologie-Muster handelt, kann das Modell die Anforderung der Genauigkeit nicht erfüllen. Es werden lediglich Begriffe und Verknüpfungen in die Ontologie aufgenommen, die für die beispielhafte Implementierung relevant sind.

Für einen verständlichen Aufbau werden nun wichtige Begriffe erklärt. Grundlegend wird bei allen Elementen, die in einer Ontologie hinterlegt sind, von „Ressourcen“ gesprochen. Eine Ressource kann bspw. ein Mitarbeiter, ein Logistikprozess, ein Flurförderzeug oder ein Behälter sein. Synonym wird für das Wort „Ressource“ auch „Begriff“ verwendet. Eine „Klasse“ grenzt die Begriffe einer Ontologie weiter ein und bezeichnet daher eine Menge von Ressourcen. Die Begriffe „Beschaffung“, „Produktion“ und „Distribution“ sind bspw. Teile der Klasse „Logistikprozesse“. Klassen stehen wiederum mit anderen Klassen in Verbindung. Ist eine Klasse ein Teil einer anderen Klasse, so wird von einer „Subklasse“ gesprochen. Der „Einlagerprozess“ ist z.B. eine Subklasse der „Lagerprozesse“. Umgekehrt wird bei der Klasse „Lagerprozesse“ von einer „Superklasse“ der Klasse „Einlagerprozess“ gesprochen. Des Weiteren werden die Ressourcen und Klassen mit „Eigenschaften“ hinterlegt, die Beziehungen ausdrücken. Eine Eigenschaft wird in Wissensorganisationsmethoden auch als „Relation“ bezeichnet. Beide Begriffe werden nachfolgend synonym verwendet. Die Klassen „Kommissionierung“ und „Greifprozesse“ können bspw. über die Relation „beinhaltet“ verbunden werden (vgl. [Abe07], S.68–69; [Sac08], S.8–9; [Pel06], S.473–474).

Es gibt zahlreiche methodische Ansätze für die Erstellung einer neuen Ontologie. Grundsätzlich muss zunächst entschieden werden, wie das Ontologiekonzept (Klassen, Relationen, etc.) identifiziert wird. Bei der Identifikation kann zwischen drei Prinzipien unterschieden werden. Das Ontologiekonzept kann „Bottom-Up“, „Top-Down“ oder „Middle-Out“ erschlossen werden. Bottom-Up bedeutet, dass zunächst die untersten Klassen und Relationen erarbeitet werden. Darauf aufbauend werden Superklassen identifiziert. In einer Ontologie zur Logistik werden bspw. zunächst alle Mitarbeiter, dann deren Arbeitsbereich und dann der Unternehmensbereich identifiziert. Die Top-Down-Identifikation ist der Gegenentwurf zur Bottom-Up-Identifikation. Es werden zunächst die obersten Klassen und Relationen einer Ontologie erarbeitet und danach die Subklassen. So erfolgt der Aufbau einer Logistik-Ontologie z.B. über den Unternehmensbereich zum Arbeitsbereich und dann zu den Mitarbeitern. Bei der Middle-Out-Identifikation wird mit den Grundbegriffen einer Domäne gestartet und danach eine Spezialisierung oder Generalisierung des Wissens vorgenommen. So wird z.B. in einer Kommissionierung-Ontologie zunächst mit dem Aufbau der Arbeitsbereiche (z.B. Bereitstellbereich, Entnahmebereich, etc.) begonnen, danach werden alle zu einer Superklasse eines Unternehmensbereichs verbunden (z.B. Kommissionierung). Zeitgleich kann aber auch eine Spezialisierung auf die Mitarbeiter in den Arbeitsbereichen erfolgen (z.B. Michael Meier). Da die Top-Down-Strategie eine bessere Kontrolle des Detaillierungsgrads einer Ontologie ermöglicht,

wird diese Identifikationsform in der Ontologie zur ergonomischen Kommissionierung eingesetzt (vgl. [Har12], S.14–20).

Neben der Identifikation des Ontologiekonzepts ist die Strategie des inhaltlichen Aufbaus entscheidend für die Qualität der Ontologie. Die Ontologie innerhalb dieser Arbeit orientiert sich dabei an den sieben Schritten zum Aufbau einer Ontologie nach McGuinness und Noy (vgl. [KQ13], S.28–38; [Har12], S.24–32):

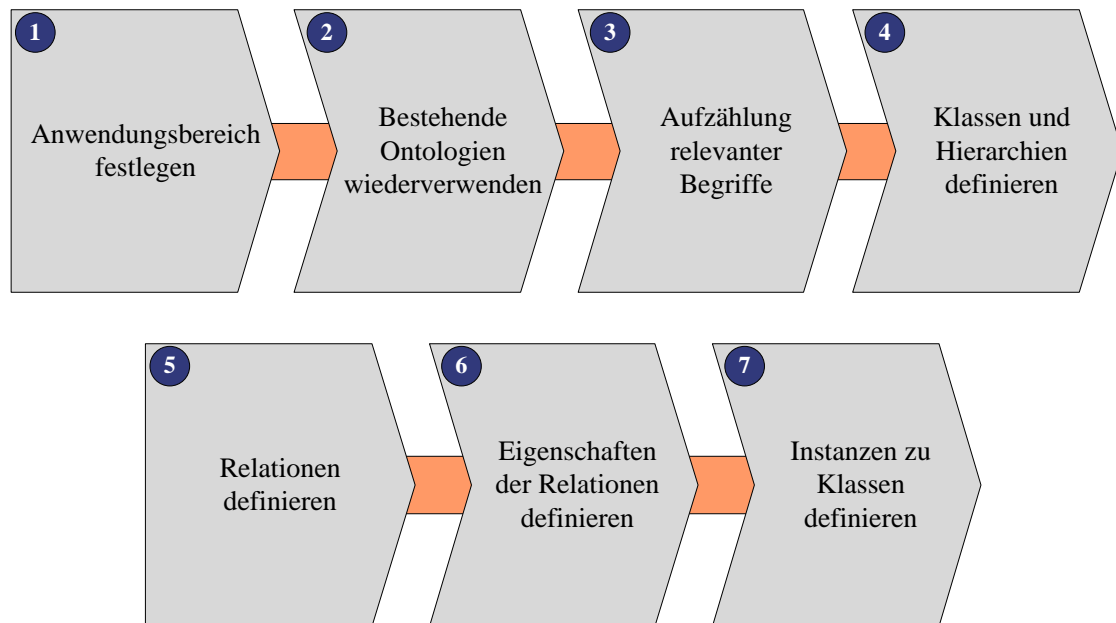


Abb. 3.6: Aufbau einer Ontologie (nach [NM02], S.4–12).

Der Aufbau wird nun beispielhaft dargestellt. Die komplette Muster-Ontologie kann der Datei „MA-Ontologie.owl“ im Anhang entnommen werden. Im ersten Schritt wird der Anwendungsbereich der Ontologie festgelegt. Gemäß den Ergebnissen aus Abschnitt 2 ist der Anwendungsbereich die Logistik.

Schritt zwei knüpft an bereits erschlossene Ontologien an. Da sich diese Arbeit auf keine weiteren Ontologien beruft, erfolgt keine Integration bereits bestehender Wissensstrukturen in das Ontologie-Modell.

Die Aufzählung relevanter Begriffe zum Anwendungsbereich ist eines der zentralen Qualitätsaspekte der Ontologie. Hierbei entscheidet sich, wie hoch der Detaillierungsgrad der Klassen und Relationen ist. Häufig stellt es sich als große Herausforderung dar, die relevanten Kernbegriffe und deren Synonyme und Kollokationen zu finden. Daher wird das Ontologische Modell dieser Arbeit durch das DISCO-Tool unterstützt. DISCO ist eine Java-Klasse zur Abfrage der Ähnlichkeit zwischen zahlreichen Wörtern. Die Ähnlichkeiten basieren dabei auf der statistischen Ermittlung großer Textmengen. Es werden hiermit sowohl Synonyme als auch Kollokationen zu einem bestimmten Begriff aus zahlreichen Sprachpaketen (z.B. Deutsch, Englisch, etc.) ermittelt. Nach dem Download der Java-Datei „disco-1.3.jar“ und des gewünschten Sprachpakets kann eine Abfrage ähnlicher Wörter über die Kommandozeile in Windows vorgenommen werden. Eine Anleitung zur Abfrage und die Dateien finden sich auf <http://www.linguatools.de/disco/disco.html#download> (vgl. [KP13]).



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Torsten>java -jar disco-1.3.jar de-general-20131219-sim -bn greifen 10
greift 0.3631
griffen 0.3240
verwenden 0.2879
kaufen 0.2846
nutzen 0.2810
benutzen 0.2755
fallen 0.2681
nehmen 0.2592
bedienen 0.2532
setzen 0.2521

```

Abb. 3.7: Synonyme über DISCO (eigene Darstellung).

In Abb. 3.7 ist ein Beispiel für die Ermittlung der semantisch ähnlichsten Wörter zum Wort „greifen“ dargestellt. Hierbei wird die Java-Datei „disco-1.3.jar“ aus dem Pfad „C:\Users\Torsten“ und das dazu gehörige deutsche Sprachpaket in dem Ordner „de-general-20131219-sim“ desselben Pfades aufgerufen. Die Abkürzung „-bn“ bedeutet eine Ermittlung von semantisch ähnlichen Wörtern. „greifen“ stellt den Ausgangsbegriff für die Abfrage dar und die Zahl „10“ legt fest, wie viele ähnliche Begriffe aus der Abfrage ausgegeben werden sollen. Die Ausgabe der synonymen Begriffe ist nach deren Ähnlichkeitsgrad (z.B. 0,3631) zum Wort „greifen“ geordnet.



```

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\Users\Torsten>java -jar disco-1.3.jar de-general-20131219-sim -bc Auftrag 6
erteilen 11.700001
ausführen 8.3
erfüllen 8.1
erledigen 7.8
Umweltministerium 7.2000003
Expertise 7.1

```

Abb. 3.8: Kollokationen über DISCO (eigene Darstellung).

Anhand der Abb. 3.8 ist dasselbe Prinzip einer Ähnlichkeitsabfrage in DISCO zu sehen wie es bereits in Abb. 3.7 gezeigt wurde. Allerdings werden hierbei keine Synonyme zu dem Begriff „greifen“ ermittelt, sondern die Kollokationen zu dem Begriff „Auftrag“. Eine Abfrage der Kollokationen wird über das Schlüsselwort „-bc“ eingeleitet. Die Zahl „6“ sagt aus, dass die sechs Ergebnisse angezeigt werden sollen, die den größten Kollokationswert zu dem Begriff „Auftrag“ aufweisen. Bezogen auf das Modell dieser Arbeit erfüllen die ersten vier Begriffe ihren Sinn. Wird die Ausgabe für die Verknüpfung zur Klasse „Kommissionierauftrag“ genommen, so kann dieser sowohl erteilt, ausgeführt, erfüllt oder erledigt werden. Die beiden letzten Abfrageergebnisse „Umweltministerium“ und „Expertise“ machen in diesem Zusammenhang keinen Sinn. Dieses Beispiel zeigt, dass die Ermittlung relevanter Begriffe über DISCO hilfreich sein kann, jedoch alle Ergebnisse auf die Eignung für den Anwendungsbereich überprüft werden müssen.

Als vierter Schritt zum Aufbau der Ontologie werden die Klassen und Klassenhierarchien definiert. Um der Ontologie einen normativen Charakter zu verleihen, werden VDI-Richtlinien

und DIN-Normen für den grundlegenden Aufbau der Klassen verwendet. Die logistischen Begriffe der VDI-Richtlinie 2520 und 3629 stellen die oberste Klassenhierarchie innerhalb der Ontologie dar. Einerseits werden die Begriffe einer logistischen Kette (z.B. „Kommissionierung“ und „Versand“) verwendet (vgl. [VDI2520], S.3). Andererseits werden die Begriffe der organisatorischen Grundfunktionen im Lager (z.B. „Wareneingang“ und „Einlagerung“) für den Aufbau der obersten Klassenhierarchien herangezogen. Diese Begriffe sollen für den Entwurf weiterer Ontologien dienen und so eine einfache Verknüpfung mehrerer Logistik-Ontologien ermöglichen. Eine Ontologie zu Warenausgangsprozessen kann bspw. an den Begriff „Versand“ anknüpfen. Dadurch wird die Ontologie zur Kommissionierung um weitere Logistikdomänen erweitert. Für die spezifischen Subklassen zum Thema Kommissionierung werden weitere Richtlinien und Normen verwendet (vgl. [DIN14943], S.81; [VDI3590-1], S.3–6; [VDI3590-2], S. 2–3). Subklassen werden bspw. aus den Informations- und Materialflusssystemen der VDI-Richtlinie 3590 gebildet. So ist in der Ontologie z.B. die „Weitergabe“ eine Subklasse der „Kommissionierung“.

Die Relationen der einzelnen Klassen sowie dessen Eigenschaften müssen anhand der Klassen entwickelt werden. Dabei ist es hilfreich, die Klassenhierarchien zu betrachten und für jede Klasse sinnvolle Eigenschaften zu benennen, die der Fragestellung der Ontologie gerecht werden. Die Relation „übernimmt“ ist bspw. zwischen den Ressourcen „Kommissionierer“ und „Kommissionierauftrag“ geeignet, um den Übergang des Kundenauftrags zum Mitarbeiter zu definieren. Die passende Eigenschaft kann zu diesem Beispiel sein, dass mindestens ein „Kommissionierer“ den „Kommissionierauftrag“ „übernimmt“.

Als letzter Schritt müssen die Instanzen der Klassen erarbeitet werden. Instanzen stellen konkrete Erscheinungsformen einer definierten Klasse dar ([KQ13], S.36). „Max Meier“ ist z.B. eine konkrete Erscheinungsform der Klasse „Kommissionierer“. Da die Logistik zahlreiche Ausprägungsformen von Funktionen, Methoden, Prinzipien und Techniken beinhaltet, ist die Aufstellung eines umfassenden Instanzbereichs sehr zeitaufwendig. Für die Bereitstellung im Kommissionierbereich werden z.B. Paletten benötigt. Dabei werden zahlreiche Typen von Paletten (Instanzen) unterschieden. Über die Ontologie muss die Zuordnung der Palettentypen zu der Klasse „Palette“ so erfolgen, dass ein Rückschluss für den Vergleich mit dem Referenzmodell gezogen werden kann. Die „Vierwege-Flachpalette aus Holz“ ist bspw. ein Palettentyp, der in der Modellierung eines Unternehmens vorkommen kann. Die Paletten-Begriffe hierzu können der VDI-Richtlinie 2415 entnommen werden (vgl. [VDI2415], S.2–4).

Um den Zielen der Logistik aus Abschnitt 2.3.2 gerecht zu werden, liegen dem Aufbau einer logistischen Ontologie spezifische Logistikfragen zu Grunde. Diese müssen durch den Inhalt der Ontologie beantwortet werden (vgl. [HSB12], S.2; [SH12], S.108):

- Welche logistischen Leistungen werden erbracht?
- Welche Informationen werden für die logistischen Leistungen beansprucht?
- Welche Merkmale charakterisieren die logistischen Leistungen?
- Welche Ressourcen werden für die logistischen Leistungen benötigt?
- Welche Güter beinhaltet der Materialfluss?

In beispielhafter Anwendung auf das Referenzmodell aus Abschnitt 3.2 ist eine erbrachte logistische Leistung die Kommissionierung. Beanspruchte Informationen sind die Kundenaufträge,

die dem Kommissionierer bereitgestellt werden. Ein beispielhaftes Merkmal der logistischen Leistung ist die wahlweise Ausführung einer Pick-to-belt- oder Pick-to-Box-Abgabe. Die vierte Frage nach den Ressourcen für die logistische Leistung kann z.B. durch die Ladungsträger für die Kommissionierung beantwortet werden. Die Güter im Materialfluss sind bspw. Kartonagen oder Bauteile. Über die Beantwortung aller Fragen ergeben sich zahlreiche Begriffsansätze, die zum Aufbau der Ontologie genutzt werden sollen. Da die Ontologie dieser Arbeit lediglich ein Muster-Modell darstellt, werden nicht alle Fragestellungen umfassend beantwortet. Bei einem Einsatz der Ontologie in der Praxis müssen allerdings alle Fragen ausführlich belegt werden.

In Anlehnung an die Vorgehensweise zum Aufbau und die Gegenüberstellung von Editoren in Abschnitt 2.4.3 ist eine Ontologie mit dem Editor Protégé entworfen worden, die als Grundlage für den Vergleich unternehmensspezifischer Modelle mit dem Referenzmodell dient.

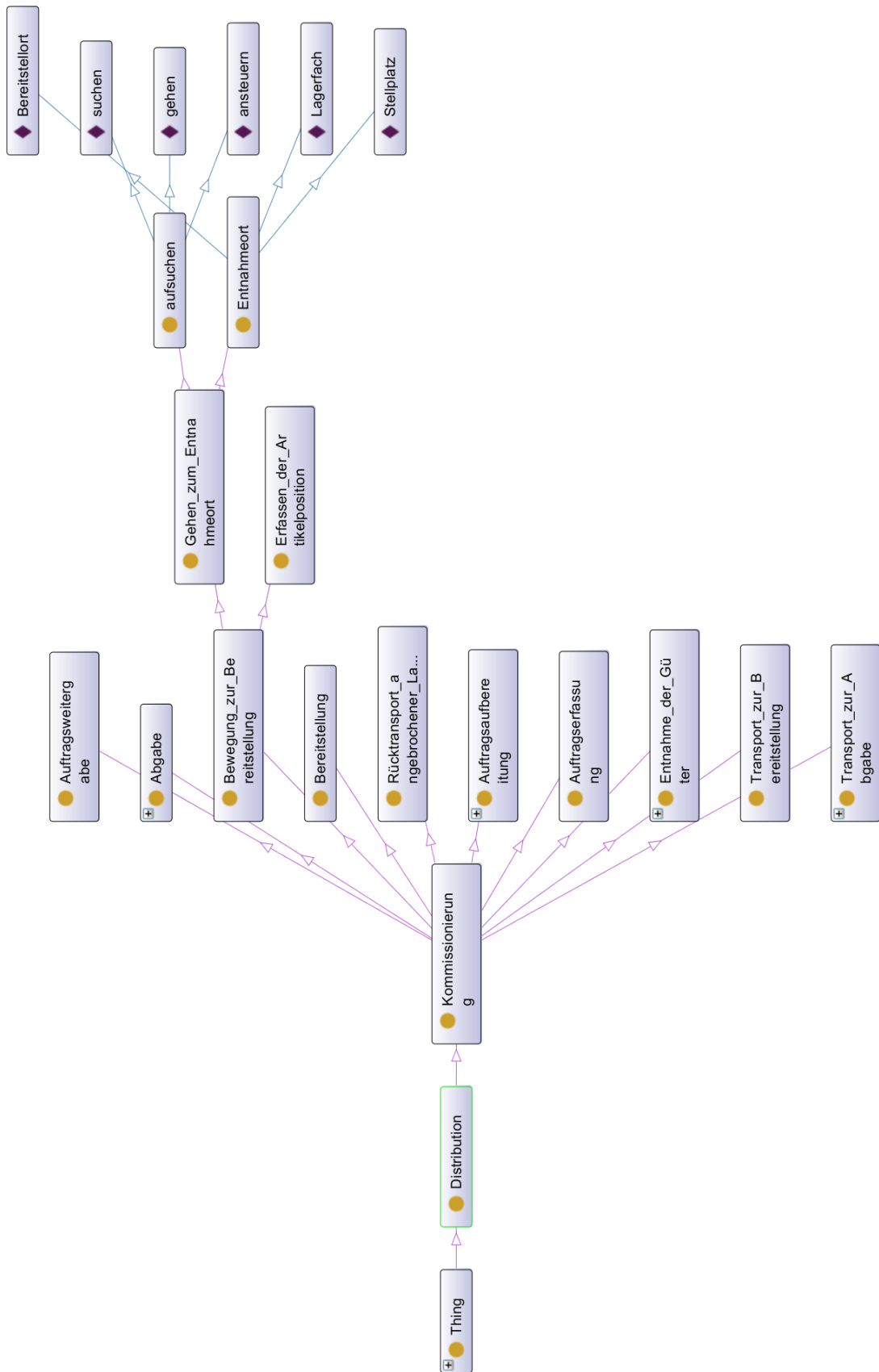


Abb. 3.9: Muster-Ontologie zur Kommissionierung (eigene Darstellung).

In Abb. 3.9 ist ein Auszug der Muster-Ontologie zu sehen, die im Anhang beigefügt ist. Aus Gründen der Übersicht sind einige semantische Verknüpfungen nicht dargestellt. Die violetten

Pfeile bedeuten „hat Unterklasse“, die blauen Pfeile „hat Synonym“. Die Vierecke mit einem gelben Punkt sind Klassen und die Vierecke mit einer violetten Raute Synonyme. In einem beispielhaften Fall ist daher die „Kommissionierung“ eine Unterklasse der Klasse „Distribution“ und das Wort „gehen“ ein Synonym von „aufsuchen“.

3.3.2 Relationen der Ontologie

Die Ontologie dient als Unterstützung für die Algorithmen zur semantischen Suche im Abschnitt 2.4.2. Auffällig ist die starke Abhängigkeit der Ontologie von unterstützender Software. Sowohl der strukturelle Aufbau der Ontologie (mit Protégé) und dessen Abfrage (mit SPARQL) als auch der inhaltliche Aufbau (mit DISCO) benötigt zur Herstellung der Interoperabilität softwaretechnische Hilfsmittel, die in Abb. 3.10 unter „Instrument“ abgebildet sind:

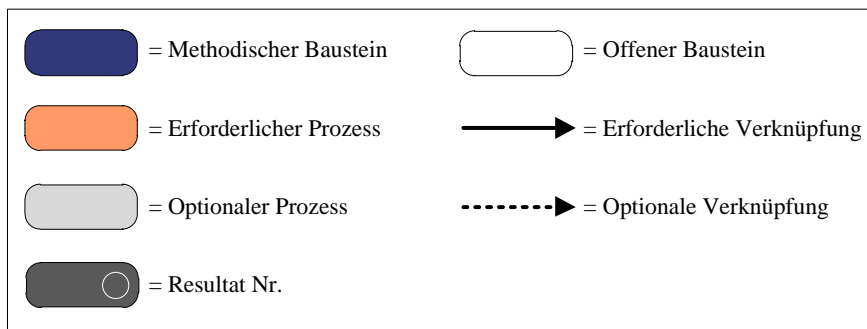
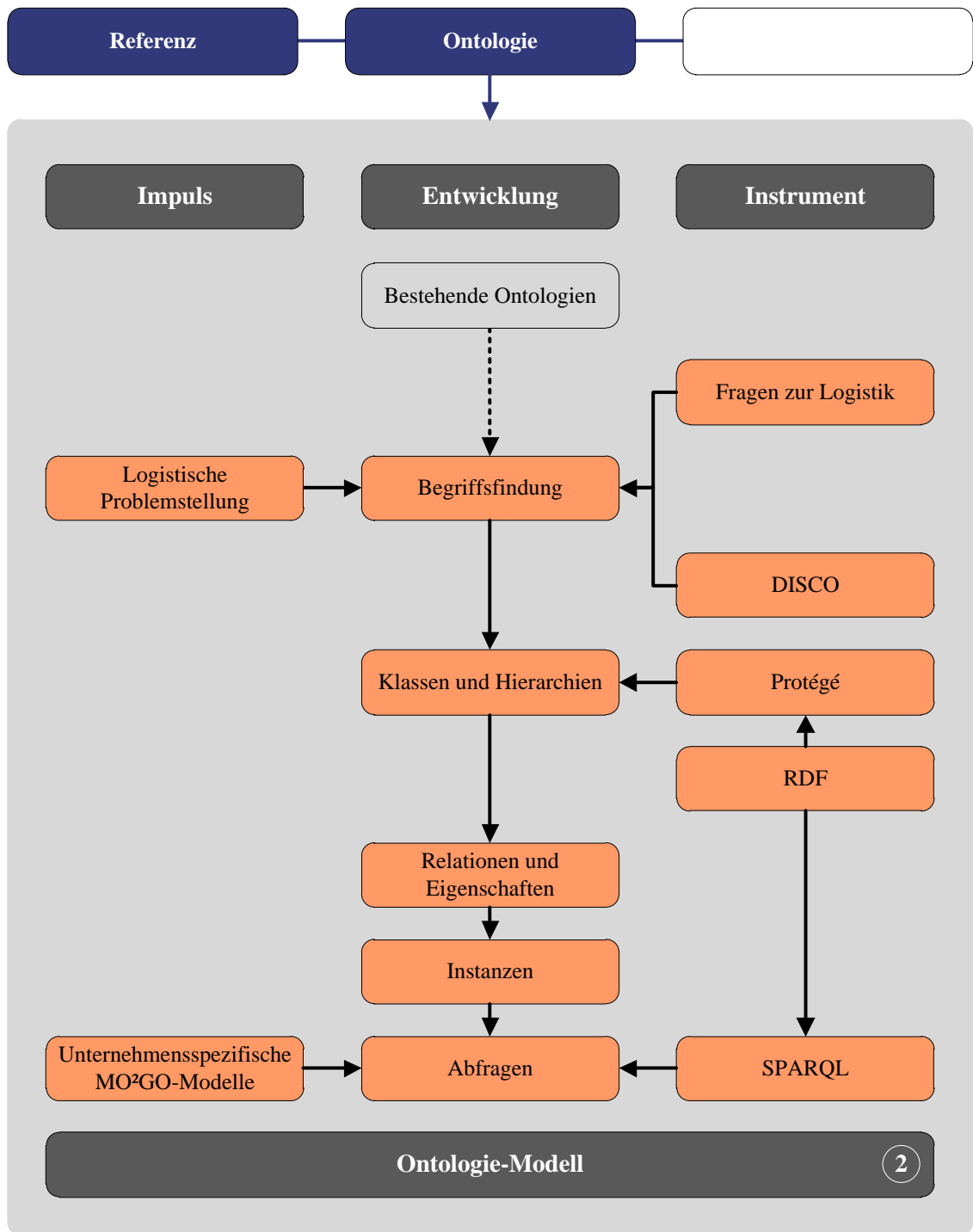


Abb. 3.10: Relationen der Ontologie (eigene Darstellung).

Die Ontologieentwicklung kann durch eine oder mehrere bestehende Ontologien eingeleitet werden. An einer logistischen Problemstellung (Impuls), spezifischen Logistikfragen und generellen Ontologie-Anforderungen (Instrumente) wird der inhaltliche Aufbau der Ontologie ausgerichtet. Als zentrales Element der Ontologie erweisen sich letztlich die Abfragen gewünschter Begriffe, die aus den unternehmensspezifischen MO²GO-Modellen erschlossen werden und über die Ontologiestruktur auf einen Prozessbegriff des Referenzmodells aus Abschnitt 3.2.2 verweisen. Dieser wird daraufhin an das Regelwerk zur Operationalisierung weitergegeben.

Die Potenziale sind bei dem Ontologie-Modell groß. Da es sich um eine Muster-Ontologie handelt, kann der Umfang an logistischen Begriffen nahezu beliebig erweitert werden. Für die begriffliche Erweiterung müssen aufgrund einer standardisierten Vorgehensweise jedoch weitere Richtlinien integriert werden. Mit der VDI-Richtlinie 2415 und weiteren Richtlinien wurden im Abschnitt 3.3.1 bereits einige genannt. Letztlich lässt sich über die Vorgehensweise zum Aufbau einer Ontologie in Abb. 3.6 und über die spezifischen Logistikfragen im Abschnitt 3.3.1 jedes Ontologiemodell eines beliebigen Logistikthemas aufstellen. Bereits erarbeitete Modelle können auch für angrenzende Fragestellungen weiterverwendet werden und sollten daher gespeichert und untereinander verknüpft werden. Zur Verknüpfung einzelner Ontologien werden logische Schnittstellen zwischen zwei oder mehreren Begriffen der Ontologien benötigt. Eine Ontologie zur Verpackung kann bspw. über den Begriff „Versandeinheit“ mit dem Teilbereich der Entnahme einer Kommissionier-Ontologie verknüpft werden. In beiden Ontologien ist dieser Begriff dann wieder mit anderen Begriffen über Relationen verbunden.

3.4 Regelwerk zur Operationalisierung

Durch den Aufbau eines Referenz- und Ontologiemodells wurden die Voraussetzungen geschaffen, um eine Bewertung der Ähnlichkeit zwischen den unternehmensspezifischen Prozessbeschreibungen und den Prozessbeschreibungen des Referenzmodells zu ermöglichen. Dazu wird ein Regelwerk benötigt, das über geeignete Verfahren eine Operationalisierung schafft.

3.4.1 Bewertungskategorien

Die Operationalisierung erfolgt über spezifische Parameter zur Bewertung. Die Parameter und deren Zusammenhänge zeigen den Übereinstimmungsgrad des Referenzmodells mit einem spezifischen Unternehmensmodell. Bei der Bewertung der Unternehmensprozesse muss zwischen zwei Arten von Bewertungskategorien unterschieden werden. Zum einen bedarf ein Modell der strukturellen Bewertung („modellgenerische Kategorien“). Dabei wird geklärt, inwieweit der logistische Unternehmensablauf dem standardisierten Ablauf im Referenzmodell nach modellgenerischen Aspekten entspricht. Modellgenerisch sind alle Aspekte, die die Gesamtstruktur eines Geschäftsprozesses beeinflussen. Diese Kategorien sind unabhängig vom Analyseprozess bei jedem Abgleich zu bearbeiten. Zum anderen lässt sich ein Unternehmensprozess anhand „spezifischer Kategorien“ bewerten (vgl. [Wer07], S.56–57). Diese Kriterien sind abhängig vom logistischen Analyseaspekt und daher individuell zu erfüllen. Die acht Anforderungen an Logistikprozesse aus Abschnitt 2.3.2 dienen bei diesen Bewertungskategorien als Grundlage. Dadurch wird die Bewertung an den Zielen der Logistik festgelegt und ein generalisierter Aufbau des Regelwerks ermöglicht. In der Verknüpfung beider Arten von Bewertungskategorien

werden alle Perspektiven zur Messung von Unternehmensstrategien nach der Balanced Scorecard eingenommen. Prozess- und Potenzialperspektive werden über die modellgenerischen Kategorien analysiert, Finanz- und Kundenperspektive über die spezifischen Kategorien (vgl. [BKS⁺11], S.27). Es werden sechs modellgenerische Kategorien untersucht (vgl. [Bai08], S.26–27; [Wer07], S.57–58):

- Anschlussfähigkeit
- Verständlichkeit
- Modularität
- Trennung (funktional)
- Ablauflogik (strukturell)
- Vollständigkeit (inhaltlich)

Die Anschlussfähigkeit analysiert die Schnittstellen des Logistikprozesses. Gemäß den Ergebnissen aus Abschnitt 2.3.1 grenzt jeder logistische Geschäftsprozess an einen anderen Geschäftsprozess an. In den gefestigten Strukturen eines Unternehmens ist es wichtig, eine Einordnung neuer Prozessverläufe in bestehende Strukturen zu ermöglichen. Diese Anschlussfähigkeit verhindert autonome Prozesse und ermöglicht dem Unternehmen, einen schlanken und kostengünstigen Materialfluss herzustellen. Die Überprüfung der Anschlussfähigkeit beruht maßgeblich auf der Vollständigkeit der Objektklassen und Aktionen. Sind die Grenzen des unternehmensspezifischen Modells ungenau modelliert, kann ein Abgleich mit den Grenzen im Referenzmodell nicht erfolgen. Ein Beispiel für die Anschlussfähigkeit in der Logistik ist in der Automobilproduktion zu sehen. Durch die Taktung der einzelnen Produktionsprozesse entstehen integrative Prozessketten, in denen jeder Prozessschritt passend auf den anderen aufbauen muss (vgl. [KP04], S.381). So folgt bspw. auf einen Schneideprozess der passende Schweißprozess. Die Abhängigkeit der Schweißprozesse von den Schneideprozessen muss an den Modellgrenzen beachtet werden.

Die Verständlichkeit des Unternehmensmodells ist ein Bewertungskriterium, das logische Schwachstellen im Prozessverlauf erkennen lässt (vgl. [Bai08], S.26–27). Dabei sollen alle Prozesse über einen Vergleich aufgedeckt werden, die keinem Element im Referenzmodell zugeordnet werden können. Die „nicht erkannten“ Prozesse werden zusammengefasst und über die Gesamtzahl aller Modellelemente als Grad der Verständlichkeit dargestellt. Da die nicht erkannten Prozesse maßgeblich von den Prozessen des Referenzmodells abweichen, stellen sie häufig ineffiziente Aktivitäten dar. Eine weiterführende Analyse kann daraufhin den logistischen Geschäftsablauf verbessern oder verschlanken. Doppelarbeiten und Blindprozesse in logistischen Abläufen sind bspw. zu vermeiden, um Kosten zu senken und die Arbeitseffizienz zu steigern (vgl. [Web08], S.11).

Alle wertschöpfenden Prozesse in einem Unternehmen stehen in einem hierarchischen Zusammenhang. Lässt sich anhand der Modellinhalte diese Hierarchisierbarkeit erkennen, wird von einem modularen Aufbau gesprochen. Die wesentliche Eigenschaft eines modularen Modells ist die Möglichkeit zur funktionalen Dekomposition ([Wer07], S.57). In der Modellierungssoftware MO²GO werden die modularen Strukturen anhand einer „Klassenhierarchie“ festgelegt. So erweist sich bspw. die Aktivität „Greifen“ als Element der Klasse „Entnahme“. Auch im Ontologiemodell bilden Klassenstrukturen ein zentrales Strukturelement (vgl. Ab-

schnitt 3.3.1). Gabelstapler fallen im Umfeld der Logistik bspw. unter die Klasse der Flurförderzeuge und diese wiederum unter die Klasse der Förderzeuge. Eine einfache Modularität in MO²GO ist bereits durch die Einteilung der Prozesse in die drei Klassen „Auftrag“, „Produkt“ und „Ressource“ gegeben (vgl. Abschnitt 3.2.2). Der modulare Aufbau erhöht einerseits das Modellverständnis, andererseits wird eine strukturelle Grundlage geschaffen, die eine Auswertung des Regelsystems im Abschnitt 3.4.3 ermöglicht.

Die modulare Struktur eines Modells verlangt eine sinngemäße Unterteilung der einzelnen Prozesse und Aktivitäten. Im Zusammenhang mit logistischen Geschäftsprozessen wird zwischen dispositiven und operativen Prozessen unterschieden. Dispositiv sind alle Prozesse, die den Wertschöpfungsprozess steuern. Operativ sind alle Prozesse, die der Leistungserbringung im Unternehmen dienen ([Wer07], S.57). Es wird überprüft, ob diese funktionale Trennung des Referenzmodells der funktionalen Trennung des unternehmensspezifischen Modells entspricht. Dabei stellt das Regelwerk einen inhaltlichen und einen umfänglichen Vergleich auf, bspw. dient im Referenzmodell (vgl. Abb. 3.4) die Aktion „Entnahmeort aufsuchen“ der Steuerung des Kommissionierprozesses. Dahingegen ist die Aktion „Artikel greifen“ eine operative Handlung und daher eine Aktivität zur Leistungserbringung. Eine klare Trennung der beiden Funktionsbereiche trägt zur Qualität eines logistischen Geschäftsprozesses bei.

Ablauflogik bezeichnet die zeitlichen und sachlichen Abhängigkeiten der einzelnen Modellelemente ([Wer07], S.57). Zeitlich stehen die logistischen Aktivitäten je nach Aufgabenbereich in einem sehr differenzierten Verhältnis. Ein Straßentransport ist z.B. nicht so stark an den zeitlichen Faktor gebunden wie ein Schienentransport (vgl. [FK07], S.32). Im Referenzmodell wird bewusst auf den Faktor Zeit verzichtet, da eine zeitliche Referenz bedingt durch sehr differenzierte Auftragsstrukturen in der Kommissionierung in Unternehmen schwer vorzugeben ist. Vielmehr richtet sich der Fokus auf die sachlichen Abhängigkeiten zwischen den Teilprozessen und Aktivitäten. Auf Modellebene sind diese Abhängigkeiten komplexe Sequenzen von Prozessaktivitäten, die eine feste Reihenfolge besitzen. Im vorliegenden Referenzmodell muss die Auftragsaufbereitung bspw. vor der Auftragsweitergabe liegen. Ist dies nicht der Fall, so kann der Geschäftsprozess der Kommissionierung nicht durchgeführt werden. In diesem Beispiel zeigt sich also die starke Abhängigkeit zwischen den beiden Teilprozessen. Hinzu kommen weitere schwache Abhängigkeiten, die wahlweise auf zwei oder drei bestimmte Prozesse folgen oder diese einleiten. Je nach Logistikprozess sind spezifische Abhängigkeiten vorhanden, die beschrieben werden müssen (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Um alle Abhängigkeiten und die anderen modellgenerischen Faktoren zu erfassen und zu vergleichen, bedarf es der inhaltlichen Vollständigkeit des Modells. Ein ganzheitliches Modell zeichnet sich durch die Anwendbarkeit auf zahlreiche Unternehmensmodelle, die Konsistenz und die Vollständigkeit aus ([Wer07], S.58). Als Parameter werden alle Elemente des Referenzmodells mit den Elementen des unternehmensspezifischen Modells verglichen und auf Vorhandensein geprüft. Daher bedarf es einer klaren Begrenzung des logistischen Geschäftsprozesses im Modell und einer Festlegung definierter Schnittstellen und Detaillierungsgrade.

Neben der modellgenerischen Bewertung werden die unternehmensspezifischen Modelle auch anhand spezifischer Kategorien mit dem Referenzmodell verglichen ([Wer07], S.58). Da die Auswahl der spezifischen Kategorien auf den 8-r der Logistikprozesse aus Abschnitt 2.3.2 basieren, ergeben sich acht Bewertungskategorien für das Regelwerk:

- Richtige Güter
- Richtige Menge
- Richtige Qualität
- Richtiger Zeitrahmen
- Richtige Kosten
- Richtiger Ort
- Richtige Daten
- Richtiges Wissen

Im vorliegenden Referenzmodell ist der Fokus auf die Ergonomie in der Kommissionierung gerichtet. Andere Schwerpunkte wie die Mengenstruktur von Artikeln oder die Datenstruktur in logistischen Systemen sind denkbar. Da die Ergonomie in Verknüpfung mit der humangerechten Gestaltung der Arbeitsprozesse steht, wird die richtige Qualität der Prozesse als Zielkategorie verfolgt (vgl. [BHL12], S.9). Je nach analysiertem Geschäftsprozess werden mehrere spezifische Bewertungskategorien gleichzeitig untersucht.

Unabhängig von der gewählten Kategorie für den spezifischen Modellvergleich besteht eine festgelegte Struktur innerhalb dieser Kategorien. Werden die Werte einer spezifischen Kategorie erhoben, so lassen sich weitere Unterkategorien zur Bewertung unterscheiden. Der Aufbau dieser Unterkategorien erfolgt in Anlehnung an eine Einteilung von Logistikkennzahlen in „Wertgrößen“, „Mengengrößen“ und „Qualitätsgrößen“ ([Ren07], S.100). Vor ergonomischem Hintergrund ist bspw. das Finanzvolumen für Ergonomiemittel ein Parameter der Unterkategorie „Wertgrößen“, die Anzahl ergonomischer Aktivitäten zur Gesamtanzahl an Aktivitäten ein Parameter der Unterkategorie „Mengengrößen“ und die Lesbarkeit der Kommissionierliste ein Parameter der Unterkategorie „Qualitätsgrößen“.

Innerhalb dieser drei Unterkategorien werden weitere kategorische Stufen unterschieden:

- Lokale Parameter
- Globale Parameter
- Absolute Parameter
- Relative Parameter

Die Einteilung in lokale und globale Parameter spezifiziert den „Verdichtungsgrad“ der Bewertungsgrößen, die Einteilung in absolute und relative Parameter kennzeichnet die „statistische Form“ der Bewertungsgrößen ([Ren07], S.100). Lokal sind alle Bewertungsparameter, die nur innerhalb der Untersuchungsgrenzen relevant sind. Global sind alle Parameter, die auch andere Logistikbereiche beeinflussen. Im Rahmen des Referenzmodells zur ergonomischen Kommissionierung erweist sich bspw. die Anzahl an Pickvorgängen als lokaler Parameter. Die Anzahl an Kundenaufträgen ist dagegen global.

Absolut werden alle Bewertungsgrößen bezeichnet, die unabhängig von anderen Eigenschaften sind. Relativ sind alle Bewertungsgrößen, die in direktem Zusammenhang mit anderen stehen (vgl. [Wal08], S.5). Sowohl die Kategorie „Inhaltliche Struktur“, als auch der „Verdichtungsgrad“ und die „Statistische Form“ sind eine Unterkategorie jeder übergeordneten spezifischen Kategorie. Der Aufbau der Bewertungsstruktur des Regelwerks ist in Abb. 3.11 dargestellt:

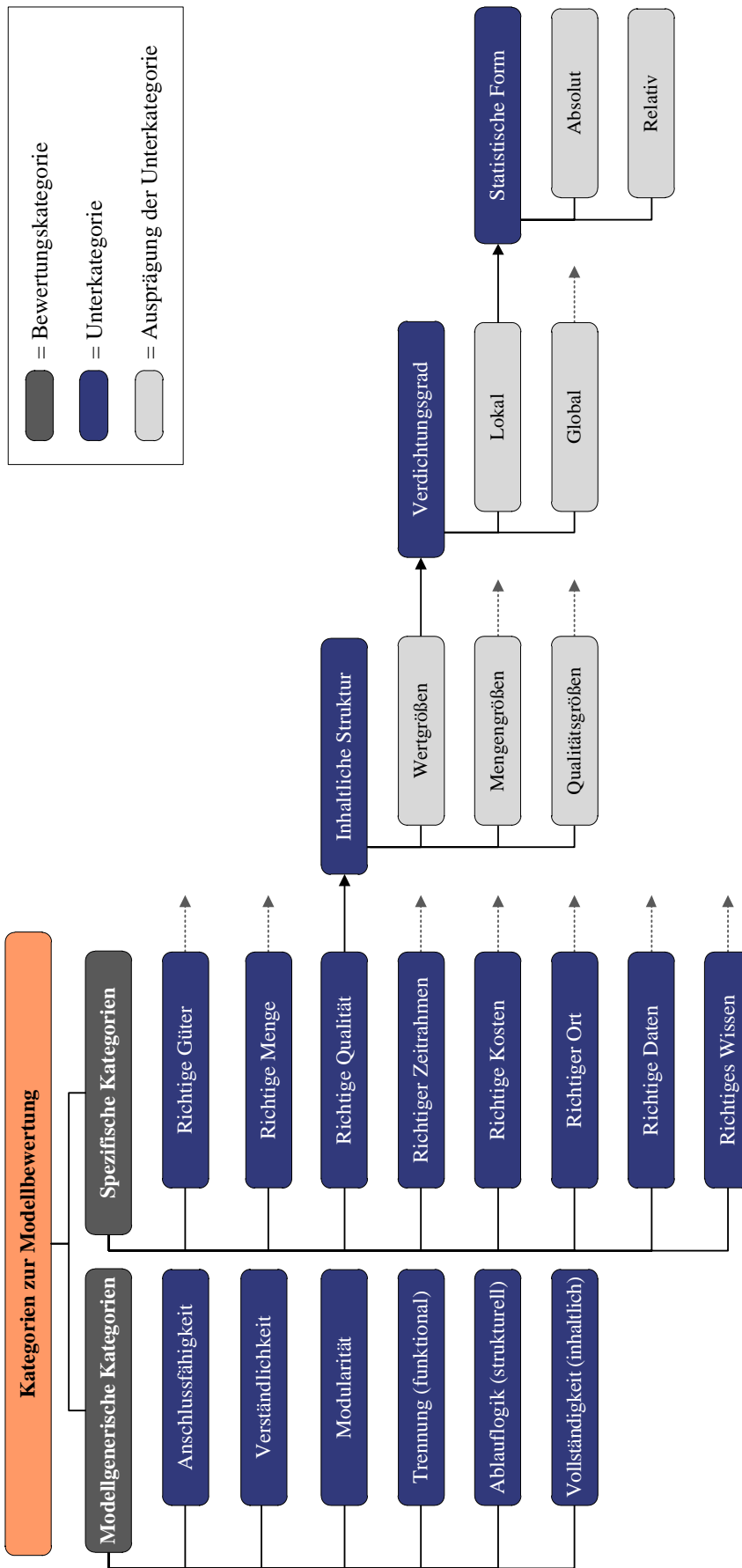


Abb. 3.11: Bewertungskategorien des Regelwerks (eigene Darstellung).

3.4.2 Parameter und Inhalte

Jede Untersuchung von logistischen Geschäftsmodellen erfolgt innerhalb eines spezifischen Themenbereichs (hier: Kommissionierung) und unter dem Fokus eines oder mehrerer Logistikziele (hier: Ergonomie). Mit Hilfe des Referenzmodells aus Abschnitt 3.2.2 werden Parameter für diesen Themenbereich aufgestellt, die die modellgenerischen Kategorien erklären. Über das Logistikziel werden Parameter für die spezifische Kategorie „Richtige Qualität“ erarbeitet (vgl. Abb. 3.11). Die Parameter stellen den Input für das Regelwerk dar.

Die Parameter für die modellgenerischen Kategorien müssen für jeden Untersuchungszweck neu erhoben werden. Die Erhebung im unternehmensspezifischen Modell erfolgt durch die Unterstützung der Verfahren des Text Mining (vgl. Abschnitt 2.4.2). Für die Bewertungskategorien aus Abb. 3.11 werden beispielhafte Parameter in das Regelwerk integriert.

Wird das Referenzmodell der Kommissionierung in Abb. 3.4 betrachtet, so zeigen sich unterschiedliche Schnittstellen der Kommissionierung zu angrenzenden Prozessen. Diese Anschlussfähigkeit zu angrenzenden Geschäftsprozessen lässt sich anhand der Bereitstellung der Entnahmeeinheit, der Übergabe der Kundenaufträge, der Rücklagerung der Bereitstellereinheit und der Freigabe der Entnahmeeinheit kennzeichnen. Werden über den textuellen Vergleich mit dem Referenzmodell alle genannten Schnittstellen erkannt, ist die Kategorie „Anschlussfähigkeit“ vollständig erfüllt.

Die Bewertung der Kategorie „Verständlichkeit“ basiert auf dem Gesamtprozess des Referenzmodells aus Abschnitt 3.2. Es werden alle Prozesse des Unternehmensmodells gezählt, die keinem Prozess des Referenzmodells zugeordnet werden können. In Relation zu der Gesamtmenge an Einzelprozessen im Referenzmodell ergibt sich daraus der Grad der Verständlichkeit des spezifischen Unternehmensmodells. Um die Tätigkeitsbereiche der Kommissionierung wertend gegenüberzustellen, wird der Input für die Kategorie „Verständlichkeit“ in drei Gruppen aufgeteilt. Es werden jeweils die Anzahl nicht gefundener Einzelprozesse (Aktionen, Ressourcen, Aufträge, Produkte) bis zur Auftragsweitergabe, bis zur Entnahme und bis zur Freigabe des Auftrags erfasst und ausgewertet.

Die Modularität eines spezifischen Unternehmensmodells wird an dessen Möglichkeiten zur hierarchischen Strukturierung der Geschäftsprozesse abgelesen. In Abb. 3.3 ist eine Strukturierung in Teilprozesse und Aktivitäten zu sehen, so ist bspw. das Greifen der Kommissioniereinheit eine Aktivität des Teilprozesses „Entnahme“. Wird Abb. 3.3 betrachtet, so lassen sich vier Parameter für das Regelwerk rausstellen:

- Anzahl richtiger Aktivitäten des Teilprozess „Bewegung zur Bereitstellung“
- Anzahl richtiger Aktivitäten des Teilprozess „Entnahme der Güter“
- Anzahl richtiger Aktivitäten des Teilprozess „Transport zur Abgabe“
- Anzahl richtiger Aktivitäten des Teilprozess „Abgabe“

Da es sich bei diesen Parametern um einen relativen Input zur Anzahl der Aktivitäten im Referenzmodell handelt, werden die Werte von 0% bis 100% Erfüllungsgrad angegeben.

Wie bereits im Abschnitt 3.4.1 erwähnt, erweist sich die funktionale Trennung von Aktivitäten eines detaillierten Geschäftsprozesses in dispositive und operative Aktivitäten als sinnvoll. Daher wird im Regelwerk erfasst, ob alle dispositiven und operativen Elemente des Referenzmodells auch im unternehmensspezifischen Prozessmodell vorhanden sind. Wie bereits bei der

Bewertungskategorie „Modularität“ wird auch bei der funktionalen Trennung die Klassenstruktur in MO²GO zur Erhebung der Parameter benutzt. In dieser muss hinterlegt werden, welche Einzelprozesse des Referenzmodells dispositiv und welche operativ sind. Die Anzahl erfolgreich erkannter Prozesse in den beiden Funktionsbereichen wird als Input genommen. Die Soll-Anzahlen des Referenzmodells stellen die maximal erreichbare Menge an automatisch erfassbaren Elementen im Modell dar.

Die Ablauflogik erweist sich in jedem logistischen Geschäftsprozess als wesentliches Leistungsmerkmal (vgl. [Wie12], S.269). Innerhalb des Regelwerks wird überprüft, ob alle Prozesse der spezifischen Unternehmensmodelle den gleichen Vorgänger- und Nachfolgerprozess besitzen wie im Referenzmodell (vgl. [Die08], S.136). Angelehnt an die beispielhafte Einteilung der Kommissionierung in Tätigkeitsbereiche werden die Parameter auch bei der Kategorie „Ablauflogik“ unterteilt. Dabei werden die drei Kommissionierbereiche verwendet, die bereits als Parameter der Kategorie „Verständlichkeit“ dienen. Demnach werden alle mit dem Referenzmodell identischen Vorgänger und Nachfolgerprozesse bis zur Auftragsweitergabe, Entnahme und Auftragsfreigabe als Input in das Regelwerk aufgenommen.

Als Grundlage aller modellgenerischen Kategorien ist die inhaltliche Vollständigkeit eine Zusammenfassung der bereits aufgestellten Parameter dieses Abschnitts. Somit fließt in das Regelwerk die Anzahl aller semantisch erkannten Prozesse des Referenzmodells in die Bewertung ein. Im Gegensatz zur Bewertung der Kategorie „Verständlichkeit“ wird hierbei die Erhebung des Inputs durch einen Vergleich der Prozesse des Referenzmodells mit dem Unternehmensmodell vorgenommen und nicht ein Vergleich des Unternehmensmodell mit dem Referenzmodell. Elemente, die in dem spezifischen Unternehmensmodell vorkommen, aber nicht im Referenzmodell, haben auf die Bewertung der Vollständigkeit daher keinen Einfluss. Um eine klare Bewertungsstruktur beizubehalten, wird auch bei der Bewertung der Vollständigkeit der Input in die jeweiligen Elemente bis zur Auftragsweitergabe, Entnahme und Auftragsfreigabe unterteilt.

Wie bereits gesagt, lassen sich alle Werte zur Operationalisierung der modellgenerischen Kategorien über eine Ähnlichkeitsbewertung ermitteln. Um die Ziele der Logistik in die Operationalisierung einzubeziehen, müssen auch spezifische Bewertungskategorien untersucht werden. Gemäß der Ausrichtung des Referenzmodells auf die Ergonomie erweist sich die spezifische Kategorie „Richtige Qualität“ (vgl. Abb. 3.11) als geeignete Bewertungskategorie.

Bei der Messung der richtigen Qualität der Teilprozesse und Aktivitäten werden neben allgemeinen Qualitätsparametern auch die Best-Practice-Beispiele aus Abschnitt 2.3.3 einbezogen. In Anlehnung an Abb. 3.11 gibt es allerdings nicht immer für jede Bewertungskategorie (z.B. lokale absolute Wertgrößen) sinnvolle Parameter. Die Aufstellung der richtigen Bewertungsparameter erfolgt nach einem einfachen Prinzip:

- (1) Zunächst legen Experten des jeweiligen Fachbereichs (hier: Kommissionierung) alle Parameter fest, die für eine sinnvolle Bewertung des logistischen Ziels (hier: Ergonomie) erforderlich sind.
- (2) Danach werden alle Parameter in die Bewertungskategorien eingeordnet, die in Abb. 3.11 zu sehen sind.
- (3) Um eine Bewertungsskala für jeden Parameter zu schaffen, werden die absoluten Maxima und Minima der Parameter festgelegt. Über die Einordnung der erhobenen Werte der Unter-

nehmensmodelle in diese Min- und Max-Grenzen erfolgt die Bewertung. Die Grenzen werden durch Experten erhoben oder durch das Referenzmodell vorgegeben.

Für das betrachtete Referenzmodell der Kommissionierung werden die Parameter und deren Maxima, Minima und Optima über Beiträge aus der Literatur zusammengetragen. Da die Entwicklung einer Methode das Ziel der Arbeit ist (vgl. Abschnitt 1.2), wird auf eine aufwändige Expertenbefragung verzichtet. Für die ergonomische Kommissionierung stehen zwölf Parameter zur Verfügung, die in die spezifischen Bewertungskategorien aus Abb. 3.11 eingeordnet werden.

Tab. 3.1: Spezifische Bewertungsparameter (nach ([SJ13], S.114–117, S.155; [VDI4490], S.34–36; [Cur13], S.1; [DIN33402-2], S.27; [VDI3657], S.3–4; [Bun02], S.2; [DIN33402-1], S.4; [Gol08], S.75; [Bun11], S.1; [Pfo04], S.418; [HK12], S.18; [BJ10], S.24).

| Thema | Parameter | Bewertungskategorie | Min. | Max. | Opt. |
|-------|------------------------------|----------------------|----------|------------|----------|
| (1) | Ø Gewicht/Artikel | Qualitätsgröße (g/r) | 0,1 [kg] | 40 [kg] | 0,1 [kg] |
| (2) | Ø Aufträge/Tag | Mengengröße (g/r) | 0 [Stk.] | 500 [Stk.] | 0 [Stk.] |
| (2) | Ø Picks/Auftrag | Mengengröße (l/r) | 0 [Stk.] | 40 [Stk.] | 0 [Stk.] |
| (3) | Ø Greiftiefe | Qualitätsgröße (l/a) | 0 [cm] | 60 [cm] | 0 [cm] |
| (3) | Ø Greifhöhe | Qualitätsgröße (l/a) | 0 [cm] | 223 [cm] | 110 [cm] |
| (2) | Ø Kommissionierzeit/Tag | Mengengröße (l/r) | 0,5 [h] | 10 [h] | 0,5 [h] |
| (1) | Ø Traglast/Tag | Qualitätsgröße (l/r) | 0,1 [km] | 16 [km] | 16 [km] |
| (4) | Griffhöhe Transportwagen | Qualitätsgröße (l/a) | 10 [cm] | 150 [cm] | 100 [cm] |
| (4) | Abschrägung Bereitstellplatz | Qualitätsgröße (l/a) | 0° | 90° | 90° |
| (5) | Ø Gewichte über 110 cm | Qualitätsgröße (l/a) | 0,1 [kg] | 40 [kg] | 10 [kg] |
| (5) | Ø Gewichte unter 110 cm | Qualitätsgröße (l/a) | 0,1 [kg] | 40 [kg] | 0,1 [kg] |
| (1) | Mechanische Hebelast | Qualitätsgröße (l/a) | 0 [kg] | 25 [kg] | 25 [kg] |

Abk.: l = lokal / g = global / a = absolut / r = relativ / Min. = Minimum / Max. = Maximum / Opt. = Optimum

Die Einordnung der Parameter in die Bewertungskategorien bringt dann einen entscheidenden Vorteil, wenn viele Parameter zur spezifischen Modellbewertung benötigt werden. Anhand der Einteilung nach Mengen-, Qualitäts- und Wertgrößen lassen sich Themengebiete für die Bewertung schneller erarbeiten. Mit einem Themengebiet ist eine Menge von Parametern gemeint, die thematisch zueinander passen und zusammengefasst ein Bewertungsergebnis für den Abgleich der Prozessmodelle ergeben. Mithilfe der zwölf Parameter aus Tab. 3.1 lassen sich fünf Themengebiete aufstellen, die in das Bewertungskonzept des Referenzmodells einfließen:

- Tragen und Heben (1)
- Kommissionierleistung (2)
- Aufbau der Entnahmefront (3)
- Hilfsmittel (4)
- Anordnung der Artikel (5)

Das erste Themengebiet „Tragen und Heben“ setzt sich aus den Parametern „Ø Gewicht/Artikel“, „Ø Traglast/Tag“ und „Mechanische Hebelast“ zusammen. Anhand der ersten Spalte in Tab. 3.1 und der Auflistung der Themengebiete lässt sich die weitere Zuordnung der einzelnen Parameter zu den Themengebieten erkennen. Im Abschnitt 3.4.3 wird die Vorgehensweise erklärt, wie aus den ermittelten Werten der drei Parameter eine Gesamtbewertung für das Themengebiet „Tragen und Heben“ entsteht. Um die Auswahl der Minimal-, Maximal- und Optimalwerte der Parameter beispielhaft zu erklären, wird der Parameter „Mechanische Hebelast“ näher dargestellt. Die „Mechanische Hebelast“ ist die Last, die durch ein mechanisches Hilfsmittel während des Kommissioniervorgangs aufgenommen werden kann. Die Grenzwerte dieses Parameters sind angelehnt an das Best-Practice-Beispiel der „mitfahrenden Hebehilfe“ im Abschnitt 2.3.3. Der Minimalwert von 0 kg liegt dann vor, wenn keine mitfahrende Hebehilfe in der Kommissionierung eines Unternehmens eingesetzt wird. Bedingt durch den technischen Aufbau dieser Hilfsmittel liegt die maximale Hebekraft einer mitfahrenden Hebehilfe bei 25 kg ([HK12], S.18; [BJ10], S.24). Da aus ergonomischen Aspekten eine mechanische Hebehilfe sinnvoll ist, bildet der Maximalwert der mechanischen Hebelast gleichzeitig das Optimum ab.

Die Grenzwerte (Minimum, Maximum, Optimum) für die weiteren Parameter wurden nach logischen Überlegungen und fachkundigen Informationen festgelegt. Da die ergonomische Gestaltung eines Kommissionierbereichs in hohem Grad von der physischen Verfassung der Mitarbeiter abhängt, werden einige Annahmen für die Bewertung getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass der Mitarbeiter männlich und 1,80 m groß ist. Diese Annahmen sind bspw. bei der „Ø Greifhöhe“ relevant. Die maximale Greifhöhe in einem Kommissionierlager ist nach VDI-Richtlinie 3657 der 1,24-fache Wert der Körpergröße ([VDI3657], S.3). Demnach ergibt sich für einen Mitarbeiter der Größe 1,80 m eine maximale Greifhöhe von 2,23 m. Da sich der Fokus dieser Arbeit auf den strukturellen Abgleich von Unternehmensmodellen richtet, werden die weiteren Grenzwerte zu den Parametern der spezifischen Bewertungskategorie nicht erklärt.

3.4.3 Bewertungsmethode und -regeln

Die Bewertungskategorien aus Abschnitt 3.4.1 sowie die Parameter aus Abschnitt 3.4.2 bilden zusammen die Struktur für den Input des Regelwerks. Um die Operationalisierung über ein Regelwerk zu ermöglichen, müssen zwei grundlegende Entscheidungen getroffen werden. Zum einen muss ein Datenverarbeitungsprogramm ausgewählt werden, welches den Ansprüchen der Bewertungsinhalte gerecht wird. Zum anderen muss eine Bewertungsmethode gefunden werden, die den Ansprüchen der Thematik und eines Messinstruments gerecht wird.

Als Software für das Regelwerk wird Microsoft Excel in der Version 2010 verwendet (vgl. [Mic14]). Die Bewertungsinhalte erfordern ein Programm für kleine Datenmengen. Selbst bei dem Abgleich zahlreicher Unternehmensmodelle mit dem Referenzmodell würde der Umfang des Inputs für das Regelwerk keine Dimensionen annehmen, die die „Grenzen“ von Microsoft Excel überschreiten würden. Excel ist zudem für das Regelwerk geeignet, da es einfach zu bedienen ist, auch bei der Verwendung als „Datenbank“ alle Tabellenfunktionen bietet und als Standardprogramm in Unternehmen etabliert ist (vgl. [KN11], S.626).

Als Bewertungsmethode wird die Fuzzy-Logik eingesetzt, welche in der Wissenschaft zu den logischen Systemen gehört. Diese ermöglichen es, die Semantik in linguistischen Ausdrü-

cken zu formalisieren und Regelbeziehungen in Datenstrukturen auszudrücken ([Joh06], S.20). Normalerweise besagt die Mathematik, dass ein Wert gemäß einer Berechnungsvorschrift wahr oder falsch ist. Über die Idee der unscharfen (engl. *fuzzy*) Mengen wird diese gewöhnliche Unterteilung in vollständig oder gar nicht erfüllt aufgehoben. In der Fuzzy-Logik werden den Inputwerten graduelle Zugehörigkeitswerte zugeordnet und so ein stetiger Übergang zwischen der Zugehörigkeit und Nichtzugehörigkeit einer Aussage zu einer Menge geschaffen (vgl. [Mic02], S.2; [Unb05], S.329; [Kra13], S.19). Bedingt durch hohe Vielfalt logistischer Problemstellungen für einen textuellen Abgleich (vgl. Abschnitt 2.3) und dem Inhalt des Regelwerks besteht die Anforderung, ein flexibles Bewertungssystem zu schaffen, das gleichzeitig das menschliche Empfinden und Verhalten einbezieht (vgl. [Sch12a], S.127–128; [Gin02], S.77). Das menschliche Empfinden wird beispielhaft an der Bewertungskategorie „Vollständigkeit“ (vgl. Abb. 3.11) verdeutlicht. Es wird angenommen, dass von 30 Prozessen aus dem Referenzmodell 20 in dem Unternehmensmodell erkannt werden. Dieser Wert besagt wiederum, dass die Bewertungskategorie zu 66,66 % erfüllt ist. Dabei stellt sich die Frage, ob dieser Erfüllungsgrad als „gut“ oder „schlecht“ einzustufen ist. Es wird angenommen, dass in der binären Mengenlehre alle Prozentwerte über 50 % als „gut“ eingestuft werden. Demnach wird auch das oben genannte Unternehmensmodell mit 66,66 % Erfüllungsgrad als „gut“ gezeichnet. Allerdings empfindet der Mensch diesen Wert evtl. nicht vollkommen als „gut“, sondern teilweise als „schlecht“. Dieses Empfinden kann über graduelle Zugehörigkeiten in der Fuzzy-Logik abgebildet werden. Dadurch erweist sich eine Bewertung nach der Fuzzy-Logik zusätzlich als transparent und verständlich für den Anwender. Die Methode der Zugehörigkeitszuordnung erweist sich bei Verfahren mit manuellen Tätigkeiten als sinnvoll, da diese selten in einem mathematischen Modell abgebildet werden können. Daher ist die Methode für die Bewertung logistischer Prozesse geeignet (vgl. [Unb05], S.330–331). Der Aufbau der Fuzzy-Logik besteht aus drei grundlegenden Schritten. Im Anhang ist das Regelwerk unter der Excel-Datei „MA-Regelwerk.xlsx“ einzusehen.

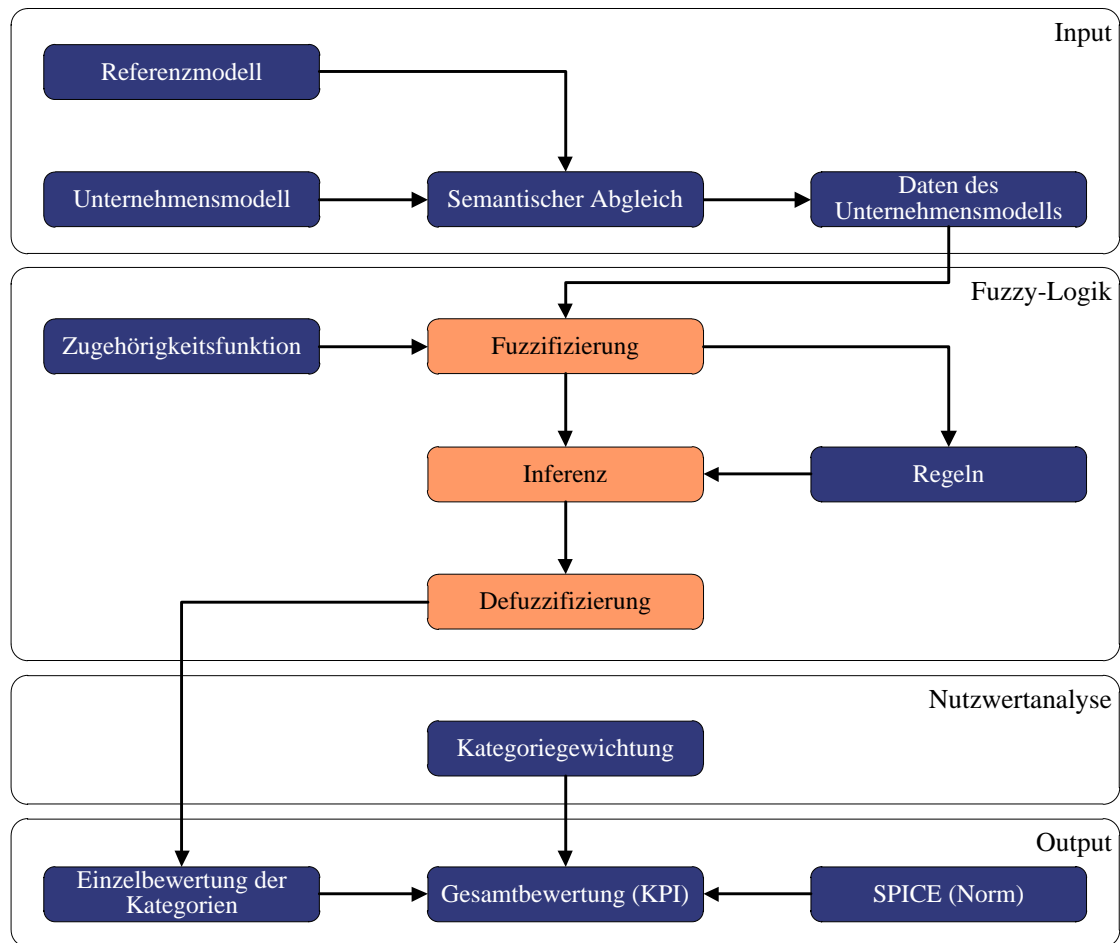


Abb. 3.12: Aufbau der Bewertungsmethode des Regelwerks (eigene Darstellung).

Durch orangene Felder hervorgehoben, lassen sich die drei Schritte (Fuzzifizierung, Inferenz, Defuzzifizierung) der Fuzzy-Logik erkennen. Die komplette Bewertungsmethode wird dabei in vier Teilschritte unterteilt:

- Input
- Fuzzy-Logik
- Nutzwertanalyse
- Output

Der Input des Regelwerks wird direkt durch den semantischen Abgleich des Referenzmodells mit einem Unternehmensmodell erzeugt. Über den Abgleich werden die Parameter zu den jeweiligen Bewertungskategorien des untersuchten Unternehmensmodell wertmäßig festgelegt. Über den Abgleich der Parameter „Richtige Vor- und Nachfolgeprozesse von der Auftragsweitergabe bis zur Entnahme“ wird bspw. die Bewertungskategorie „Ablauflogik“ (vgl. Abschnitt 3.4.2) mit dem Wert 4 hinterlegt. Demnach sind in dem beispielhaften Unternehmensmodell 4 von 6 möglichen Prozessen zwischen der Auftragsweitergabe und der Entnahme mit den Prozessen des Referenzmodells (vgl. Abb. 3.4) identisch. Die jeweiligen Inputwerte aus dem Abgleich werden in dem Tabellenblatt „Input“ in der Excel-Datei „MA-Regelwerk.xlsm“ dem richtigen Unternehmensmodell zugeordnet. Die Zuordnung der Parameter zu den Bewertungskategorien der ergonomischen Kommissionierung ist in dem Tabellenblatt „Kategorien und

Parameter“ hinterlegt. Aufgrund der Tatsache, dass einige Parameter einen sehr langen Namen besitzen, werden für die Auswertung in der Fuzzy-Logik die Parameter über Indizes beschrieben. Diese Indizes sind auch im Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“ zu finden. Die Bewertungskategorie „Ablauflogik (strukturell)“ wird bspw. mit dem Index „ABL“ abgekürzt. Der zugehörige Parameter „Richtige Vor- und Nachfolgeprozesse bis zur Auftragsweitergabe“ wird dementsprechend mit „ABL (1)“ abgekürzt. In der folgenden Beschreibung werden nur noch die Abkürzungen für die Parameter verwendet. Da das Bewertungsmodell noch bei keinem realen Unternehmensmodell angewendet wurde, sind in der Excel-Datei beispielhaft „Unternehmen A“, „Unternehmen B“ und „Unternehmen C“ hinterlegt. Zudem ist das Referenzmodell aus Abschnitt 3.2 in der Bewertung vorhanden. Die beispielhaften Inputwerte der jeweiligen Unternehmensmodelle und des Referenzmodells für jeden Parameter sind in dem Tabellenblatt „Input“ zu sehen.

| Unternehmen | ABL (1) | ABL (2) | ABL (3) | ADE (1) | ADE (2) | ANO (1) |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Referenzmodell | 4,00 | 6,00 | 11,00 | 0,00 | 110,00 | 20,00 |
| Unternehmen A | 2,00 | 1,00 | 6,00 | 0,00 | 55,00 | 5,00 |
| Unternehmen B | | | | | | |
| Unternehmen C | | | | | | |

Abb. 3.13: Auszug der Inputwerte (eigene Darstellung).

Der Auszug der Inputwerte in Abb. 3.13 zeigt bspw., dass das MO²GO-Modell des Unternehmens A für den Parameter ABL (1) über die Ähnlichkeitsbewertung mit dem Referenzmodell einen Wert von 2,00 erreicht. Gemäß dem Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“ sind daher 2,00 Prozesse im Vergleich mit dem Referenzmodell erkannt worden, die die richtigen Vor- und Nachfolgeprozesse bis zur Auftragsweitergabe aufweisen.

Mit Hilfe der Inputwerte wird die Auswertung über die Fuzzy-Logik vorgenommen. Zunächst erfolgt dabei die Fuzzifizierung der Inputwerte. Die Fuzzifizierung ist die Umwandlung der numerischen Größen (z.B. 2,00) in linguistische Ausdrücke (z.B. „gut“) einer linguistischen Variable ([MBC⁺13], S.4). Diese Umwandlung ist im Tabellenblatt „Fuzzifizierung“ der beiliegenden Excel-Datei zu sehen. Um die numerischen Inputwerte in linguistische Größen zu transformieren, bedarf es einer exakten Zuordnung beider Einheiten. Diese Zuordnung erfolgt über eine Zugehörigkeitsfunktion. Eine Zugehörigkeitsfunktion ist die funktionale Zuordnung einer Variable A (z.B. „Mechanische Hebelast“) zu einer Kategorie B (z.B. „schlechte“ „Mechanische Hebelast“) (vgl. [OJ09], S.5). Im vorliegenden Fall ist unter einer Variable ein Parameter aus dem Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“ zu verstehen. Durch die funktionale Zuordnung erhält jeder beliebige Inputwert der Unternehmensmodelle einen bestimmten Zugehörigkeitsgrad (vgl. [HBD⁺00], S.286). Der Inputwert von 2,00 des Parameters ABL (1) wird bspw. mit einem Zugehörigkeitsgrad von 0,6 zu der linguistischen Variable „gut“ belegt. Die Zugehörigkeitsfunktion des Regelwerks für die ergonomische Kommissionierung ist zur Vereinfachung stückweise linear als Dreiecksfunktion festgelegt worden. Dadurch wird gleichzeitig der Rechenaufwand gegenüber Kurvenformen für die Ermittlung der Zugehörigkeitswerte gesenkt ([Unb05], S.332–333).

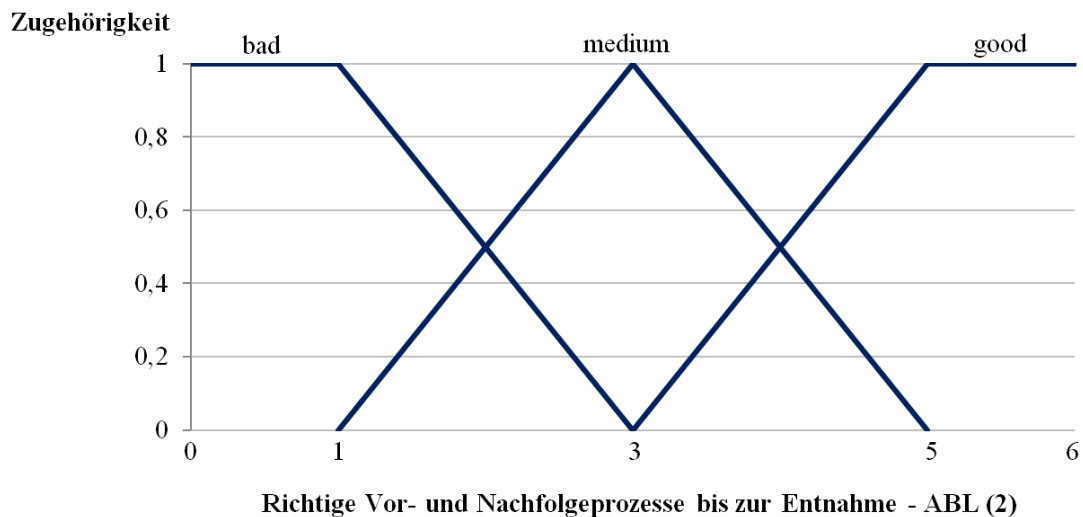


Abb. 3.14: Funktionsgleichung für den Parameter ABL (2) (eigene Darstellung).

In Abb. 3.14 ist beispielhaft die Funktionsgleichung für den Parameter ABL (2) zu sehen. Generell ist die Form der Zugehörigkeitsfunktion entscheidend für das Regelverhalten der Fuzzy-Logik. Es gibt zahlreiche Funktionen, die für verschiedene Entscheidungsprobleme individuell angepasst werden müssen ([Kra13], S.22). Für die Untersuchung weiterer Logistikprozesse ist es sinnvoll, die Zugehörigkeitsfunktion nach drei spezifischen Regeln aufzustellen ([OJ09], S.29):

- Die Funktionskurven einer linguistischen Variable sollen sich überschneiden, damit keine Lücken im Regelverhalten auftreten.
- Für regeltechnische Anwendungen sollen Funktionen genutzt werden, die für alle linguistischen Variablen nur einen Zugehörigkeitswert gleich Eins aufweisen.
- Nach der Findung einer geeigneten Funktionsform muss diese durch Verschieben der Achsenabschnitte optimiert werden.

Die Überschneidung der Funktionskurven der linguistischen Variablen ist in Abb. 3.14 deutlich zu erkennen. Wenn bspw. der Wert 4 für den Parameter ABL (2) ermittelt wurde (x -Achsenwert = 4), dann wird dieser Wert mit einer Zugehörigkeit von 0,5 der linguistischen Variable „medium“ und mit einer Zugehörigkeit von 0,5 der linguistischen Variable „good“ zugeordnet. Diese Überschneidung stellt die Monotonie der linguistischen Variablen sicher. Bei einem Wert von 4 kann dem Parameter ABL (2) bspw. keine linguistische Variable zugeordnet werden, wenn sich bei dem Wert 4 die linguistischen Variablen „medium“ und „good“ ablösen und nicht schneiden würden ([HBD⁺00], S.287).

Auch die zweite Regel wird durch die Zugehörigkeitsfunktion in Abb. 3.14 belegt. So kommt es bei keinem Wert des Parameters ABL (2) zu der Situation, dass zwei oder mehr linguistische Variablen gleichzeitig die Zugehörigkeit 1 haben. Z.B. ist die linguistische Variable „bad“ nur mit einer Zugehörigkeit von 1 belegt, wenn der Parameter ABL (2) den Wert 0 hat.

Neben der richtigen Funktionsform muss festgelegt werden, in welchem Intervall (Min. / Max.) sich die Zugehörigkeiten bewegen. In Abb. 3.14 ist zu erkennen, dass die Zugehörigkeiten in dem Regelwerk zur Messung der ergonomischen Kommissionierung minimal einen Wert

von 0 und maximal einen Wert von 1 annehmen (y-Achse). Diese Aufteilung spiegelt die duale Logik wider und wird als normierte Zugehörigkeit beschrieben. In weiteren Anwendungen der Fuzzy-Logik ist dieses Intervall die Regel (vgl. [HBD⁺00], S.286).

Ist das Intervall der Zugehörigkeit und die Funktionsform gefunden worden, so müssen je nach logistischem Untersuchungsgegenstand geeignete linguistische Variablen gefunden werden. Im vorliegenden Regelwerk gibt es die drei Variablen „bad“, „medium“ und „good“, die gleichermaßen für die linguistische Beschreibung jedes numerischen Parameterwertes eingesetzt werden. Bspw. kann ein Inputwert des Parameters ABL (2) je nach Größe als „bad“, „medium“ oder „good“ beschrieben werden. Aufgrund sehr verschiedener Bewertungskategorien (vgl. Abb. 3.11) müssen die linguistischen Variablen in der Praxis von Parameter zu Parameter individuell angepasst werden (vgl. [HBD⁺00], S.284). Normalerweise wird die „Mechanische Hebelast“ über Variablen wie „groß“ und „gering“ beschrieben, wohingegen die „Kommissionierzeit/Tag“ als „kurz“ oder „lang“ beschrieben wird. Da die individuelle Anpassung der linguistischen Variablen an jeden einzelnen Parameter die Komplexität des Regelwerks erhöht, werden in der Excel-Datei für alle Parameter die neutralen Variablen „bad“, „medium“ und „good“ verwendet. Die Anzahl der Variablen soll zwischen drei und zehn liegen. Weniger als drei Variablen führen zu einer ungenauen Differenzierung, mehr als zehn Variablen führen zur „Unschärfe“ der Fuzzy-Logik ([OJ09], S.28).

Für die Transformation der numerischen Eingangswerte (Input) in die drei linguistischen Ausgangswerte („bad“, „medium“, „good“) werden zusätzlich Grenzwerte benötigt, die den logischen Aufbau der Zugehörigkeitsfunktion festlegen. Dabei wird gemäß Abschnitt 3.4.2 für jeden Parameter ein Minimum, Maximum und Optimum durch Befragung von Experten festgelegt. Diese Festlegung der Grenzwerte ist erforderlich, da z.B. die Ø Greifhöhe der Kommissioniereinheiten minimal 0 cm, maximal 223 cm und optimal 110 cm beträgt. Das Optimum und demnach eine Zugehörigkeit von 1 zur linguistischen Variable „good“ liegt also bei der Hälfte des Maximums. Entgegen dieses Parameters liegt die durchschnittliche Kommissionierzeit/Tag zwischen 0,5 h und 10 h. Das Optimum von 0,5 h spiegelt gleichzeitig das Minimum der Funktion wieder. Demnach liegt bei dem Minimum der Funktion eine Zugehörigkeit von 1 für die linguistische Variable „good“ vor. Um einen erhöhten Rechenaufwand im Regelwerk zu vermeiden, darf das Optimum eines jeden Parameters nur auf dem Minimum, dem Maximum oder auf der Hälfte des Intervalls zwischen Minimum und Maximum liegen. Liegt das Minimum eines Parameters bei 0 und das Maximum bei 4 darf das Optimum demnach nur bei 0, 2 oder 4 liegen. Die individuelle Festlegung der Grenzwerte erhöht die Anpassungsfähigkeit des Bewertungsmodells an verschiedene logistische Problemstellungen. Für jeden Parameter ergeben sich durch die unterschiedlichen Grenzwerte und Inputwerte spezifische Dreiecksfunktionen und Zugehörigkeiten.

| Input | ABL (2) | | |
|------------------------------|---------|--|--|
| Referenzmodell | 6,00 | | |
| Unternehmen A | 1,00 | | |
| Unternehmen B | 2,00 | | |
| Unternehmen C (Implementieru | 4,00 | | |

| Grenzwerte | ABL (2) | | |
|------------|---------|--|--|
| Minimum | 0,00 | | |
| Maximum | 6,00 | | |
| Optimum | 6,00 | | |

| Fuzzifizierung | ABL (2) / good | ABL (2) / medium | ABL (2) / bad |
|------------------------------|----------------|------------------|---------------|
| Linguistischer Wert | good | medium | bad |
| Referenzmodell | 1,00 | 0,00 | 0,00 |
| Unternehmen A | 0,00 | 0,00 | 1,00 |
| Unternehmen B | 0,00 | 0,50 | 0,50 |
| Unternehmen C (Implementieru | 0,50 | 0,50 | 0,00 |

| Funktionseinteilung | Linguistischer Wert | X-Achsen Startwert | X-Achsen Endwert |
|---------------------|---------------------|--------------------|------------------|
| Bereich 1 | bad | 0,00 | 1,00 |
| Bereich 2 | bad | 1,00 | 3,00 |
| Bereich 3 | medium | 1,00 | 3,00 |
| Bereich 4 | medium | 3,00 | 5,00 |
| Bereich 5 | good | 3,00 | 5,00 |
| Bereich 6 | good | 5,00 | 6,00 |

Abb. 3.15: Fuzzifizierung des Parameters ABL (2) (eigene Darstellung).

In Abb. 3.15 werden die Berechnungsergebnisse der Fuzzifizierung des Parameters ABL (2) dargestellt. In der Tabelle „Input“ sind die Werte aus dem semantischen Abgleich für die Unternehmensmodelle. In der Tabelle „Grenzwerte“ wird das Minimum, Maximum und Optimum des Parameters ABL (2) eingetragen, welches die Zugehörigkeitsfunktion bestimmt. Die Tabelle „Funktionseinteilung“ legt die Grenzen aller Teilbereiche der spezifischen Dreiecksfunktion zum Parameter ABL (2) fest. Aufgrund der eingetragenen Grenzwerte werden bspw. alle Inputwerte, die zwischen 1 und 5 liegen, mit einer Zugehörigkeit zur linguistischen Variable „medium“ belegt. In der Tabelle „Fuzzifizierung“ werden letztlich die Zugehörigkeiten der Inputwerte der einzelnen Unternehmensmodelle zu den drei linguistischen Variablen berechnet. So wird z.B. das Modell zur Kommissionierung des Unternehmens B, welches für den Parameter ABL (2) einen Wert von 2,00 besitzt, mit einer Zugehörigkeit von 0,50 als „medium“ und einer Zugehörigkeit von 0,50 als „bad“ beschrieben.

Die Inferenz ist der zweite Schritt der Fuzzy-Logik. Darunter wird der „Übergang von einem Eingangszustand zu einem Endzustand aufgrund geltender Bedingungen“ verstanden ([HBD⁺00], S.287). Nach der Fuzzifizierung liegen die Inputwerte in linguistischer Form vor. Dabei ist jedem Parameter eine Zugehörigkeit zu jeder linguistischen Variable zugeordnet. Da mehrere Parameter jeweils eine Bewertungskategorie beschreiben (vgl. Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“), müssen die einzelnen Zugehörigkeitswerte über Regeln zu einer Gesamtbewertung der jeweiligen Bewertungskategorie zusammengefasst werden. Die Parameter ANO (1) und ANO (2) beschreiben bspw. die Bewertungskategorie „Anordnung der Artikel“ (ANO).

Die Anzahl der linguistischen Variablen hoch der Anzahl der Parametern ergibt die Anzahl der Regeln für eine Bewertungskategorie.

| | Teilprämisse 1 | | | Teilprämisse 2 | | | Konklusion | | | | | |
|------|----------------|---|--------|----------------|---------|---|------------|------|-----------------------|---|------|--------|
| WENN | ANO (1) | = | good | & | ANO (2) | = | good | DANN | Anordnung der Artikel | = | 1,00 | good |
| WENN | ANO (1) | = | good | & | ANO (2) | = | medium | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | medium |
| WENN | ANO (1) | = | good | & | ANO (2) | = | bad | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | bad |
| WENN | ANO (1) | = | medium | & | ANO (2) | = | good | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | medium |
| WENN | ANO (1) | = | medium | & | ANO (2) | = | medium | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | medium |
| WENN | ANO (1) | = | medium | & | ANO (2) | = | bad | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | bad |
| WENN | ANO (1) | = | bad | & | ANO (2) | = | good | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | bad |
| WENN | ANO (1) | = | bad | & | ANO (2) | = | medium | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | bad |
| WENN | ANO (1) | = | bad | & | ANO (2) | = | bad | DANN | Anordnung der Artikel | = | 0,00 | bad |

Abb. 3.16: Regeln der Bewertungskategorie „Anordnung der Artikel“ (eigene Darstellung).

In Abb. 3.16 ist der Aufbau der Regeln für die Bewertungskategorien beispielhaft dargestellt. Generell stehen auf der linken Seite einer Regel die Bedingungen (WENN-Teil). Eine Bedingung wird auch als Teilprämisse bezeichnet ([HBD⁺00], S.288). Auf der rechten Seite einer Regel steht das Ergebnis, das sich aus den Bedingungen ableitet (DANN-Teil). Dabei wird von der Konklusion gesprochen. Die Teilprämissen sind jeweils über eine logische UND-Verknüpfung miteinander verbunden ([MBC⁺13], S.6). Neben der UND-Verknüpfung können die Parameter auch über eine ODER-Verknüpfung zu einer Konklusion führen. Wird eine UND-Verknüpfung verwendet, wird in der Konklusion das Minimum der einzelnen Teilprämissen einer Regel als Zugehörigkeitsergebnis genommen (Minimum-Regel für UND-Verknüpfung) ([HBD⁺00], S.288). Ist bspw. in der zweiten Regel von oben der Parameter ANO (1) gleich „good“ und der Parameter ANO (2) gleich „medium“, ergibt sich für die Konklusion bzw. die Bewertungskategorie „Anordnung der Artikel“ eine Zugehörigkeit zu der linguistischen Variable „medium“, da „medium“ schlechter als „good“ ist. Der Wert dieser Variable ist das Minimum der Zugehörigkeitswerte der Teilprämissen, welche in der Fuzzifizierung ermittelt werden. Die einzelnen Regeln einer Bewertungskategorie werden kombinatorisch aufgestellt. So wird jede linguistische Variable eines Parameters mit jeweils allen linguistischen Variablen der anderen Parameter kombiniert. Bei einer Bewertungskategorie, die sich aus drei Parametern zusammensetzt, ergeben sich dadurch 27 Regeln. Alle Regeln der Inferenz können im Tabellenblatt „Inferenz“ der Excel-Datei eingesehen werden.

Gemäß der Abb. 3.12 stellt die Defuzzifizierung den dritten Schritt der Fuzzy-Logik dar. Als Grundlage werden über die Akkumulation die Zugehörigkeitswerte der Konklusion aus der Inferenz zu jeweils einem Zugehörigkeitswert für jede linguistische Variable und jede Bewertungskategorie zusammengefasst (vgl. [MBC⁺13], S.2). Dabei wird jeweils das Maximum jeder Variablen in den Werten der Konklusion ausgewählt. Der maximale Wert für die linguistische Variable „bad“ ist bspw. auf der jeweils rechten Seite aller Regeln zur Bewertungskategorie „Anordnung der Artikel“ 0,00 (vgl. Abb. 3.16). Für die Variable „good“ ist das Maximum der Wert 1,00 und für „medium“ der Wert 0,00. Die akkumulierten Werte jeder Bewertungskategorie fließen in die Transformation der linguistischen Mengen aus den Regeln in eine konkrete, numerische Ausgangsgröße ein (vgl. [MBC⁺13], S.3; [OJ09], S.24).

| MO ² GO-Modellbewertung | |
|------------------------------------|-------------------|
| Modell | Unternehmen A |
| Key Performance Indicator (KPI) | Teilweise erfüllt |

Grenzwerte

| Erfüllungsgrad | Bewertungskategorie | Gewichtung |
|----------------|---------------------------|------------|
| 0,00% | Ablauflogik (strukturell) | 5% |
| 62,50% | Aufbau der Entnahmefront | 5% |
| 0,00% | Anordnung der Artikel | 10% |
| 12,50% | Anschlussfähigkeit | 5% |
| 12,50% | Hilfsmittel | 25% |
| 0,00% | Kommissionierleistung | 5% |
| 10,87% | Modularität | 5% |
| 100,00% | Trennung (funktional) | 5% |
| 25,59% | Tragen und Heben | 5% |
| 32,69% | Verständlichkeit | 5% |
| 12,50% | Vollständigkeit | 5% |

| | |
|-------------------------|--------------|
| Nicht erfüllt | 0% - 15% |
| Teilweise erfüllt | > 15% - 50% |
| Im Wesentlichen erfüllt | > 50% - 85% |
| Vollständig erfüllt | > 85% - 100% |

Abb. 3.17: Defuzzifizierung für das Unternehmensmodell A (eigene Darstellung).

Die konkreten numerischen Ausgangsgrößen sind in Abb. 3.17 als „Erfüllungsgrad“ dargestellt. Diese werden durch das Singleton-Schwerpunktverfahren errechnet, bei dem für jede Fläche unterhalb der Dreiecksfunktionen (Zugehörigkeitsfunktion) der Schwerpunkt auf der x-Achse ermittelt wird.

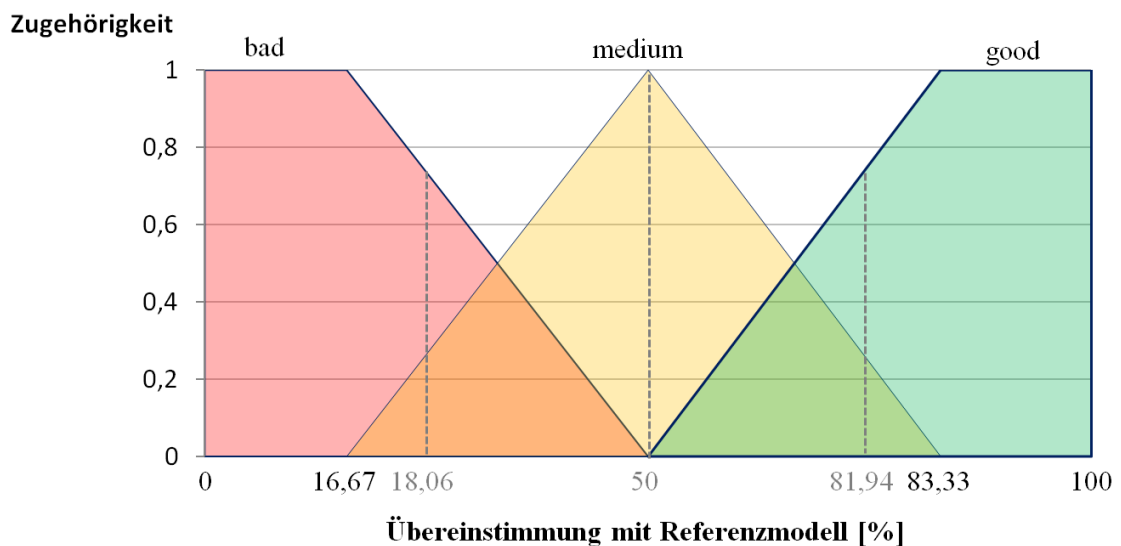


Abb. 3.18: Singleton-Schwerpunktverfahren der Defuzzifizierung (eigene Darstellung).

Die drei Flächen unter den Funktionsverläufen sind in Abb. 3.18 farblich gekennzeichnet. Alle Zugehörigkeiten zur Variable „bad“ liegen im roten, alle Zugehörigkeiten der Variable

„medium“ im gelben und alle Zugehörigkeiten der Variable „good“ im grünen Bereich. Die jeweiligen Schwerpunkte auf der x-Achse liegen bei 18,06, 50,00 und 81,94. Die Schwerpunktermittlung über das Singleton-Verfahren ist einfach und dabei sehr nah an dem mathematisch richtigen Schwerpunkt, der über Integrale zu ermitteln wäre. Gemäß der möglichen Übereinstimmung eines MO²GO-Unternehmensmodell mit dem Referenzmodell aus Abschnitt 3.2 kann der numerische Output zwischen 0% und 100% Übereinstimmung liegen (x-Achse).

Gemäß Abb. 3.17 ergibt sich für das Modell des Unternehmen A bei der Bewertungskategorie „Aufbau der Entnahmefront“ eine Übereinstimmung mit dem Referenzmodell von 62,50 %. Jede Bewertungskategorie kann nach individuellen Präferenzen gewichtet werden. Diese Gewichtung verleiht dem Bewertungsverfahren eine flexible Anpassung an die Bedürfnisse unterschiedlicher Unternehmen. Zunächst wird die Gewichtung jeder Bewertungskategorie mit dessen Erfüllungsgrad multipliziert. Die Summe aller Produkte ergibt schließlich das prozentuale Endergebnis der Bewertung, welches im Tabellenblatt „Defuzzifizierung“ als Key Performance Indicator (KPI) bezeichnet wird. Die Bewertung dieses Prozentsatzes lehnt an die SPICE-Norm ISO/IEC 15504-2 an. Demnach wird der KPI-Prozentwert in vier Klassen eingeteilt, die gleichzeitig den Reifegrad der Prozesse eines Unternehmens darstellen. Liegt der KPI-Wert zwischen 0 % und 15 %, wird das Unternehmensmodell als „nicht erfüllt“ gegenüber dem Referenzmodell bewertet. Bei einem Prozentsatz zwischen 15 % und 50 % sind die Vorgaben des Referenzmodells „teilweise erfüllt“, bei einem Prozentsatz zwischen 50 % und 85 % „im Wesentlichen erfüllt“ und bei einem Prozentsatz zwischen 85 % und 100 % „vollständig erfüllt“ (vgl. [DIN15504-2], S.17). Diese Aufteilung der KPI-Werte ist im Tabellenblatt „Defuzzifizierung“ hinterlegt. Liegen für eine Bewertungskategorie keine Daten vor, so wird auch der KPI nicht berechnet. Über die Schaltfläche „Grenzwerte“ im Tabellenblatt „Defuzzifizierung“ kann das Maximum, Minimum und Optimum jedes Parameters individuell angepasst werden.

3.4.4 Relationen des Regelwerks

Über die Verfahren zur Textverarbeitung, einem Referenzmodell und einem Ontologiemodell wurde eine Umgebung für die strukturierte Beschreibung von Geschäftsprozessen geschaffen. Ein Regelwerk zur Operationalisierung komplettiert diese Methodenabschnitte, indem die Ergebnisse eines Prozessvergleichs messbar gemacht werden.

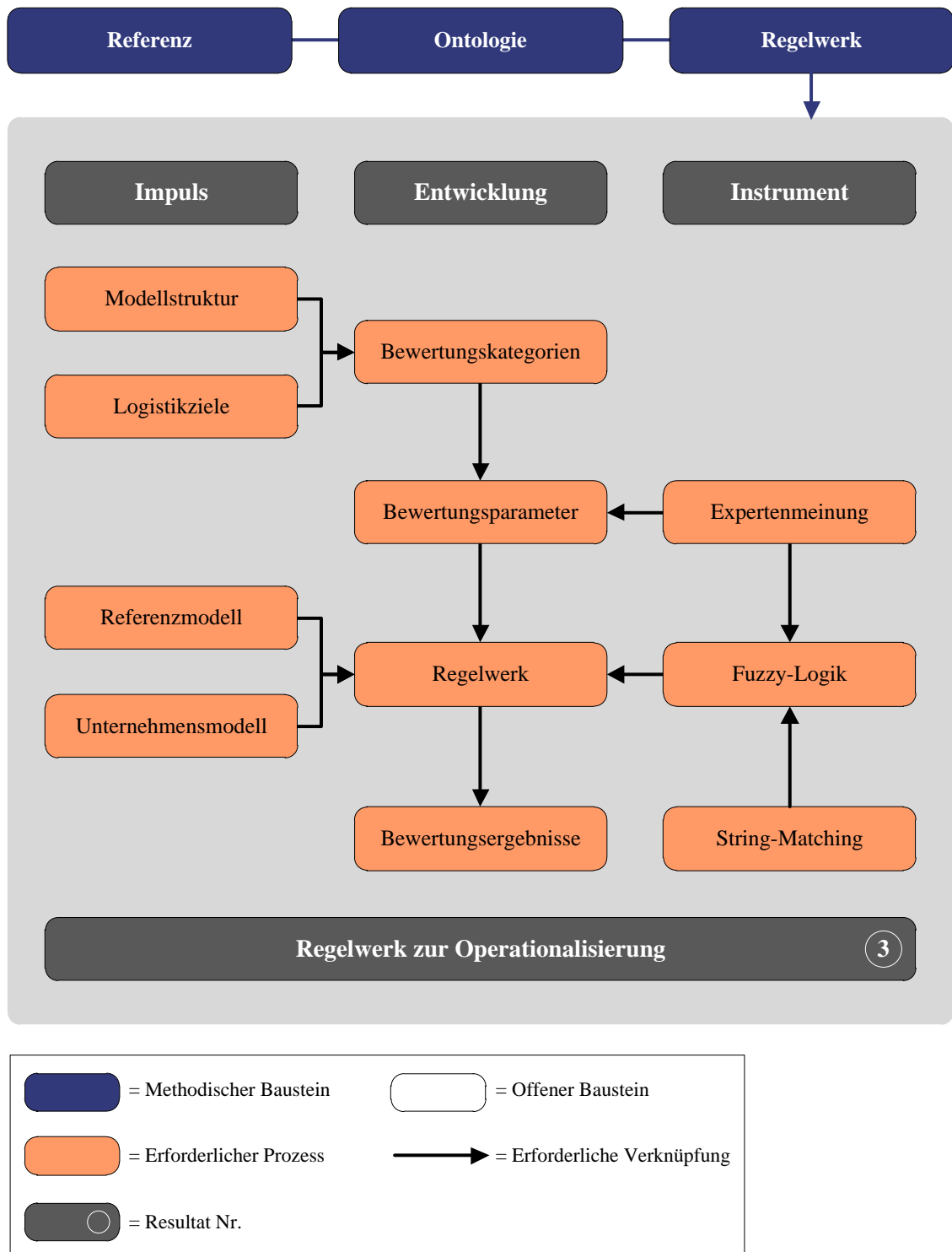


Abb. 3.19: Relationen des Regelwerks (eigene Darstellung).

In Abb. 3.19 ist die funktionale Verknüpfung zwischen den Schritten der Methodenentwicklung im Kontext der Operationalisierung dargestellt. Über Bewertungskategorien und geeignete Bewertungsparameter erfolgt mit Hilfe der Fuzzy-Logik der Aufbau eines Regelwerks, dessen Bewertungsergebnisse die Übereinstimmung der Unternehmensmodelle mit dem Referenzmodell darstellen. Da die Fuzzy-Logik abhängig von einer geeigneten Zugehörigkeitsfunktion und Grenzwerten ist, ist die Einbindung von Expertenmeinungen in die Entwicklung der Bewertungsabläufe erforderlich. Verfahren des String-Matching wirken auf die Fuzzy-Logik ein, da

sie durch die Bewertung der Ähnlichkeit zwischen unternehmensspezifischen Geschäftsprozessen und Referenzprozessen den Input des Regelwerks festlegen. Es ergeben sich zwei Potenziale, wonach das Regelwerk an alle Problemstellungen der Logistik angepasst werden kann.

Zum einen sind die Bewertungskategorien für den semantischen Abgleich gemäß Abb. 3.11 dynamisch an die Ziele, die innerhalb der logistischen Fragestellung verfolgt werden, aufstell- und erweiterbar. Die modellgenerischen Kategorien als fixe Bewertungskategorien untersuchen die Struktur der Modelle, die spezifischen Kategorien als variable Bewertungskategorien müssen an das Ziel der Untersuchung angepasst werden. Im Rahmen verkehrslogistischer Problemstellungen ergeben sich bspw. viele Bewertungsansätze für den „Richtigen Zeitrahmen“ oder auch die „Richtigen Kosten“. Zu den spezifischen Bewertungskategorien können gleichzeitig beliebig viele Parameter in das Regelwerk eingebunden werden. Dadurch ergeben sich weitere Regeln in dem Tabellenblatt „Inferenz“ der Excel-Datei „MA-Regelwerk.xlsm“. Der Aufbau der Regeln verläuft in Anlehnung an die beispielhaften Regeln zur ergonomischen Kommissionierung, die bereits im Regelwerk hinterlegt sind.

Zum anderen ist die Fuzzy-Logik ein sehr flexibles Werkzeug zur Bewertung der Prozessübereinstimmung. Die Festlegung einer geeigneten Zugehörigkeitsfunktion nimmt auf diese Bewertung einen starken Einfluss. Hierbei ergibt sich das Potenzial, dass je nach logistischer Fragestellung die Zugehörigkeitsfunktion angepasst werden kann. Der Funktionsverlauf lässt sich z.B. von der momentanen Dreiecksfunktion in andere lineare Funktionen umwandeln. Auch die Festlegung des Zugehörigkeitsintervalls (vgl. Abschnitt 3.4.3) ist beliebig zu gestalten. Einen besonderen Einfluss auf die Zugehörigkeitsfunktion, die linguistischen Variablen und daher auf das Bewertungsergebnis nehmen die Grenzwerte der Parameter (vgl. Abschnitt 3.4.3). Diese lassen sich variabel über das Tabellenblatt „Defuzzifizierung“ einstellen. Auch die Anzahl der linguistischen Variablen kann beliebig erweitert werden. Welche Grenzwerte, Funktionsverläufe, Variablen und Zugehörigkeitsintervalle für welches logistische Problem geeignet sind, muss von Experten beurteilt werden.

3.5 Spezifischer Methodenansatz

Innerhalb der Abschnitt 2.4 bis 3.4 wurden einerseits Verfahren aufgezeigt, die die Bewertung einer Ähnlichkeit zwischen Prozessbeschreibungen ermöglichen. Andererseits haben sich spezifische Anforderungen der Logistik gezeigt, die eine Gegenüberstellung mit den Methodenschritten erfordern. Dadurch ergibt sich ein spezifischer Ansatz zur Ähnlichkeitsbewertung, der anhand eines Beispiels erläutert wird. In Abb. 3.20 ist der spezifische Ansatz ausgehend von unstrukturierten Prozessbeschreibungen der Unternehmen und einem Referenzmodell dargestellt:

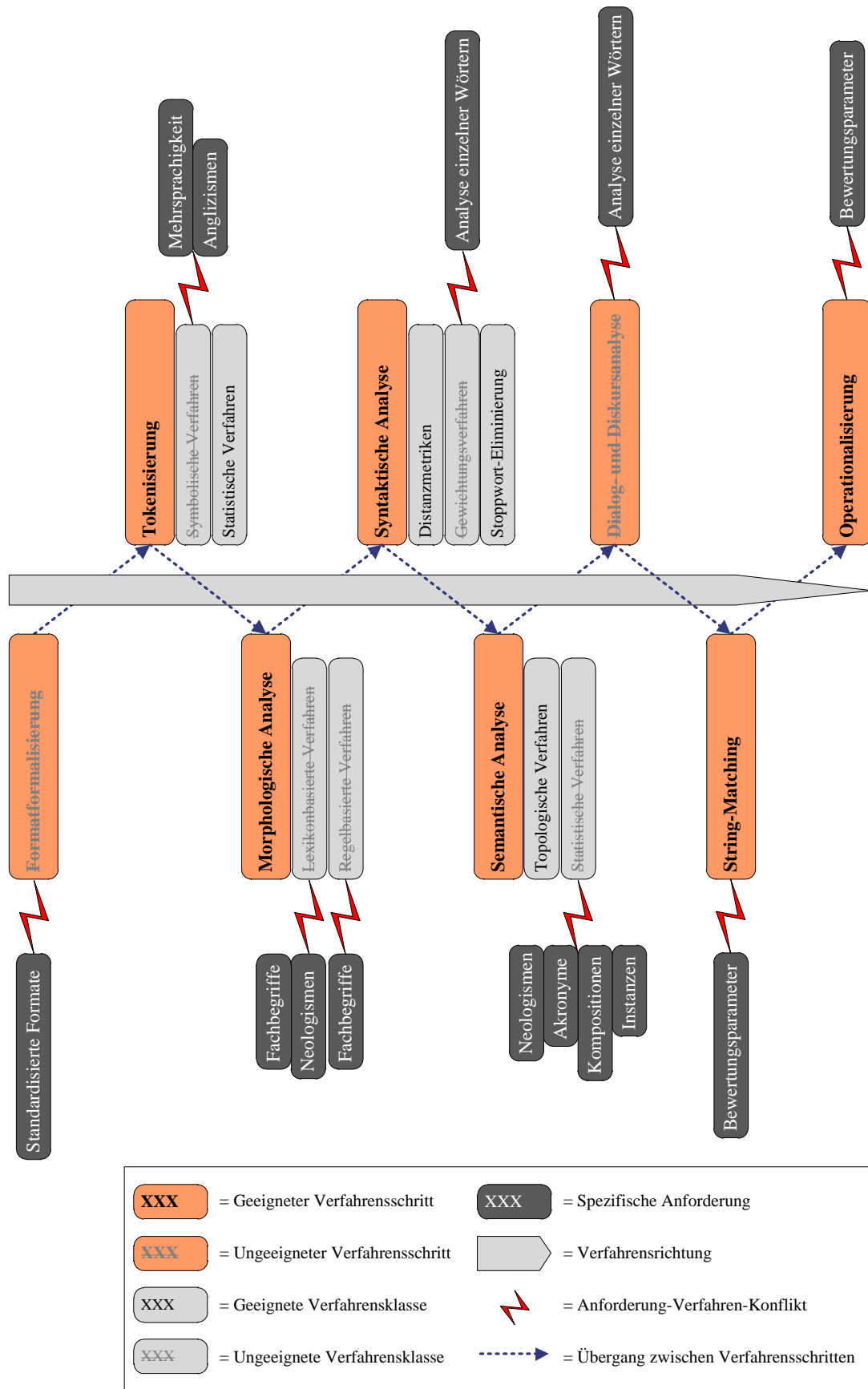


Abb. 3.20: Spezifischer Methodenansatz (eigene Darstellung).

Abb. 3.20 zeigt deutlich die Korrelationen, die zwischen den logistischen Anforderungen und den Methodenschritten zur Ähnlichkeitsbewertung bestehen (roter Verbinder). Alle abgerundeten Rechtecke mit hellgrauer und orangener Füllung, die nicht durchgestrichen sind, stehen in keinem Konflikt zu den Anforderungen der Logistik (abgerundete Rechtecke mit dunkelgrauer Füllung) und sind daher geeignet für eine Bewertung der Ähnlichkeit. Insgesamt besteht die spezifische Methode aus acht Schritten. Die ersten sechs Schritte sind Verfahren der Textvorbereitung, welche bereits im Abschnitt 2.4 dargestellt wurden. Die letzten beiden Schritte gründen auf dem eigentlichen Vergleich (Matching) und der Operationalisierung der unternehmensspezifischen Prozessbeschreibungen.

Die Formatformalisierung kann als erster Schritt aufgrund standardisierter Dateiformate vernachlässigt werden. Alle Modelle liegen in MO²GO oder einem spezifischen Export-Format dieses Modellierungsprogramms vor. Im vorliegenden Fall werden die Beschreibungen des Referenzmodells und der Unternehmensmodelle in eine Textdatei überführt, die wiederum in Excel gespeichert werden. Je nach Anspruch und Themenstellung können auch andere Export-Formate genutzt werden.

Die Tokenisierung stellt als erster geeigneter Schritt den Anfang der spezifischen Methode dar. Die symbolischen Verfahren der Tokenisierung sind aufgrund des hohen Aufwands nur für einfach strukturierte Sprachfragmente geeignet. Die Logistik stellt einen komplizierten Sprachbereich dar. Die Anforderung mehrsprachiger Systembeschreibungen und der starke Einfluss von Anglizismen auf die logistische Sprache belegen das. Die beiden Anforderungen benötigen ein Regelwerk, das die Regeln verschiedener Sprachen inkludiert. Dieses umfangreiche Regelwerk würde einen sehr hohen Aufwand bedeuten. Die Anwendung statistischer Verfahren ist dagegen einfacher auf andere Problemstellungen und Sprachen abzubilden. Demnach ist der Einsatz statistischer Verfahren zur Tokenisierung geeignet.

Die morphologische Analyse knüpft an die Tokenisierung der Prozessbeschreibungen an. Bei der Wahl zwischen lexikon- und regelbasierten Verfahren erweisen sich beide Verfahren nicht als vollkommen geeignet. Lexikonbasierte Verfahren stehen der Anforderung fachspezifischer Logistikkbegriffe und Neologismen gegenüber. Das Lexikon müsste alle unternehmensspezifischen Begriffe und neuen Wortbildungen beinhalten, um eine sichere Wortstambildung (Stemming) zu ermöglichen. Diese Anforderung erfüllen handelsübliche Lexika nicht. Es muss daher im Einzelfall ein Lexikon erstellt werden, das sich spezifisch mit den Wortformen logistischer Themenbegriffe befasst und diese lückenlos beinhaltet. Diese Lexikonerstellung stellt einen sehr großen Arbeitsaufwand dar. Die zweite Lösung ist ein regelbasiertes Verfahren zur morphologischen Analyse, bei der sich allerdings Neologismen und unternehmensspezifische Fachbegriffe als Hindernis erweisen. Beide Sprachanforderungen stellen keine einheitlichen Regeln an die Wortbildung. Bei einem Unternehmen wird sich bspw. im Rahmen der Materialsteuerung mit dem Produkt „Sechser“ auseinandergesetzt. Nun stellt sich die Frage, welche Regeln zur Wortstambildung dieses Fachbegriffes vorhanden sind und ob diese den allgemeinen Regeln der deutsche Wortbildung folgen. Dabei muss z. B. festgelegt werden, wie die Singular- und Pluralform zu diesem Wort gebildet wird. Spezifische Begriffe erfordern spezifische Regeln, die ein regelbasiertes Verfahren grundsätzlich erschweren. Festzuhalten ist, dass sowohl der Einsatz lexikonbasierter als auch regelbasierter Verfahren zur morphologischen Analyse einen großen Aufwand im logistischen Kontext bedeutet. Für welches Verfahren sich entschie-

den wird, hängt letztlich von dem Untersuchungsgegenstand und dem Umfang der Sprache ab. Richten sich viele Wörter nach einem regelhaften Stemming, sollte ein regelbasierter Algorithmus angewendet werden. Kommt es allerdings zu keinen klaren Regelstrukturen innerhalb des zu untersuchenden Wortfeldes, sind lexikonbasierte Verfahren die bessere Lösung.

Innerhalb der syntaktischen Analyse der unternehmensspezifischen Geschäftsprozesse sind Distanzmetriken und Algorithmen zur Stoppwort-Eliminierung einzusetzen. Distanzmetriken heben die Fehler auf, die durch die manuelle Eingabe von Wörtern auftreten. Auch bei der Beschreibung logistischer Geschäftsprozesse gibt es keine Gewähr für eine fehlerfreie Texteingabe. Unter anderem können Buchstabenverdrehungen oder Fehler der neuen Rechtschreibung auftreten. Das Wort mit der größten Übereinstimmung zu dem falschen Wort hat den besten Distanzwert. Ab welchem Wert ein Wort als Übereinstimmung mit dem falschen Wort gewertet werden, muss durch eine individuelle Einschätzung festgelegt werden. Da Distanzmetriken über die Zuordnung zu „richtigen“ Begriffen auch eine Wissensbasis benötigen, kann bspw. das lexikonbasierte Verfahren der morphologischen Analyse genutzt werden. Hierbei sind allerdings nur die Wortstammformen wichtig für die Gegenüberstellung mit den fehlerhaften Begriffen. Die Stoppwort-Eliminierung ist ein weiteres Verfahren, das für die gegenwärtige Problemstellung genutzt werden muss. Häufig greift der Mensch auf den bestimmten oder unbestimmten Artikel bei der Beschreibung eines Subjektes zurück. Im vorliegenden Fall kann es daher vorkommen, dass die Geschäftsprozesse diese Artikel beinhalten. Da die Regeln zur Beschreibung der Inhalte eines Referenzmodells aus Abschnitt 3.2.2 keine Artikel vorsehen, müssen sie entfernt werden. Gewichtungsverfahren zur Ermittlung der Häufigkeit eines Wortes sind für die gegenwärtige Problemstellung nicht relevant, da die Gegenüberstellung der Geschäftsprozesse nur einzelne Begriffe analysiert. Die Analyse relevanter Dokumente, welche das zentrale Problemfeld der Gewichtungsverfahren darstellt, ist nicht vorgesehen.

Die semantische Analyse muss anhand eines topologischen Verfahrens durchgeführt werden. Die Topologie ist dabei eine Ontologie, die nach den Regeln aus Abschnitt 3.3.1 aufgestellt wird. Die Ontologie verknüpft die relevanten Logistikbegriffe zur jeweiligen Aufgabenstellung so miteinander, dass die Semantik aller Begriffe über Zusammenhänge erschlossen werden kann. Über SPARQL kann die Ontologie spezifisch abgefragt werden, sodass ein Zusammenhang zwischen einem Begriff aus dem Referenzmodell und einem Unternehmensmodell geschaffen wird. Aufgrund zahlreicher logistischer Anforderungen (vgl. Abschnitt 2.4.1) sind statistische Verfahren für die semantische Analyse ungeeignet. Neologismen, Akronyme, Kompositionen und die zahlreichen Instanzen in der Logistik lassen statistische Verfahren nur erschwert zu. Der Einsatz von Textkorpi in statistischen Verfahren erfordert zur genauen Bedeutungsfindung eine sehr große Anzahl an logistischen Texten, in denen die gesuchten Begriffe vorkommen. Unter anderem müsste der Begriff „Auftrag“ in sehr vielen logistischen Dokumenten vorkommen, die wiederum einen Rückschluss auf den Begriff „Kommissionierauftrag“ zulassen. Wird der Begriff „Auftrag“ in Google eingegeben, so werden 15.500.000 Suchergebnisse geliefert. Bei „Kommissionierauftrag“ sind es 3.580. Dass ein Algorithmus über diese Suchergebnisse die logistische Bedeutung des „Auftrags“ erkennt, ist unwahrscheinlich. Neue Wortfindungen, Wortzusammensetzungen und spezifische Abkürzungen stärken diesen Effekt, indem nur wenig umfangreiche Textkorpi gefunden werden können. Die sehr große Anzahl an Instanzen in der Logistik erschwert den Aufbau einer Ontologie und eines statistischen Verfahrens gleichermaßen.

Ben. In der Summe bildet die Ontologie jedoch das geeignetere Verfahren für die Ähnlichkeitsbewertung ab.

Die Dialog- und Diskursanalyse untersucht die logischen Beziehungen zwischen aufeinanderfolgenden Sätzen (vgl. Abschnitt 2.4.2). Da im vorliegenden Fall lediglich einzelne Begriffe in Form einer Prozessbeschreibung und keine kompletten Sätze analysiert werden, ist dieser Verfahrensschritt als ungeeignet zu erachten.

Das String-Matching vergleicht die vorbereiteten Prozessbeschreibungen mit den Beschreibungen des Referenzmodells. Die logistischen Bewertungsparameter des Regelwerks (vgl. Abschnitt 3.4.2) stellen große Anforderungen an das Verfahren. Dabei ergibt sich für jeden Bewertungsparameter ein Matching-Verfahren, das spezifischen Restriktionen unterliegt. Es gibt vier wesentliche Anforderungen, die durch die Bewertungsparameter gestellt werden:

- Mehrfacherkennung eines Wortes
- Vorgänger-Nachfolger-Prozessbeziehungen
- Zuordnung Zahl-Wort
- Zählen von Begriffen

Die Mehrfacherkennung eines Wortes kann dann zum Problem werden, wenn in dem Referenzmodell identische Begriffe in mehrfachen Prozessen vorhanden sind. Wenn bspw. der Begriff „suchen“ in zwei verschiedenen Referenzprozessen vorkommt, dann muss dieses „Wort“ auch zweifach in dem Unternehmensmodell vorkommen. Die Gefahr besteht darin, dass ein Begriff in dem Unternehmensmodell zweimal zu einem Matching mit dem Referenzmodell führt. Daher muss ein Verfahren bestehen, dass jedes Wort, das bereits zu einem Matching geführt hat, kennzeichnet und für die weitere Ähnlichkeitsbewertung sperrt. Ist der Begriff „suchen“ einmal in dem Unternehmensmodell erkannt worden, so kann dieser nicht ein zweites Mal als ähnlich zu einem Referenzprozess dargestellt werden.

Vorgänger-Nachfolger-Prozessbeziehungen sind bspw. bei dem Bewertungsparameter „Ablauflogik (strukturell)“ das entscheidende Ähnlichkeitsmerkmal. Die Problematik besteht darin, Begriffe in Abhängigkeit zu anderen Begriffen und deren Position im Text als Match oder Mismatch (keine Ähnlichkeit) zu erkennen. Um das Problem zu lösen, müssen in der Beschreibung des Unternehmensmodells spezifische Textgrenzen gesetzt werden, vor oder nach denen ein gesuchter Begriff vorkommen darf.

Referenzmodell

Der Prozess beginnt mit dem **Suchen**, führt dann über das **Greifen** und **Verstauen** und endet mit dem **Quittieren**.

Unternehmensmodell

Der Prozess beginnt mit dem **Suchen**, führt dann über das **Greifen** und **Quittieren** und endet mit dem **Verstauen**.

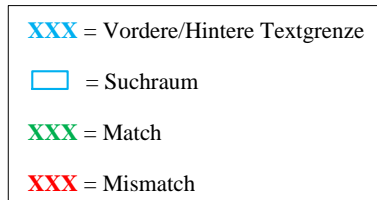


Abb. 3.21: Vorgänger-Nachfolger-Prozessbeziehung (eigene Darstellung).

In Abb. 3.21 ist das Problem anhand eines beispielhaften Textes verdeutlicht. Der obere Satz entstammt aus der Prozessbeschreibung des Referenzmodells. Der untere Satz ist Teil der Prozessbeschreibung eines Unternehmens. Im Referenzmodell sind zwischen dem Begriff „Suchen“ und „Quittieren“ zwei weitere Prozesse („Greifen“ und „Verstauen“), die ablauflogisch zwischen die beiden Begriffe fallen. „Suchen“ und „Quittieren“ bilden demnach die Textgrenzen, zwischen denen die Begriffe „Greifen“ und „Verstauen“ vorkommen müssen. Im Unternehmensmodell steht allerdings die hintere Textgrenze „Quittieren“ vor dem Prozess „Verstauen“. „Verstauen“ ist demnach ein Mismatch, da die Ablauflogik der Unternehmensprozesse nicht mit der des Referenzmodells übereinstimmt. „Greifen“ wird dagegen als Match erkannt.

Die Zuordnung einer Zahl zu einem Wort ist auch eine Anforderung an die Ähnlichkeitsbewertung. Innerhalb der logistischen Bewertungsparameter kommen mehrere Zahlen vor, die nur im Verbund mit einem Wort als Match erkannt werden. So bekommt die Zahl 140 bspw. erst dann eine Bedeutung, wenn sie mit dem Wort Greifhöhe in Verbindung gebracht wird. Die Verbindung ist daher nötig, damit die Zahl nicht zu einem falschen Bewertungsparameter zugeordnet wird. Die Erkennung von Zahlen erfordert keine weitere Aufbereitung. Die Zahlen werden direkt in ihrem Format in das Input-Sheet des Regelwerks eingetragen.

Entgegen den Zahlen müssen erkannte Begriffe für die Übertragung in das Input-Sheet gezählt werden. In der Bewertungskategorie „Vollständigkeit (inhaltlich)“ werden bspw. alle Prozesse aus dem Unternehmensmodell zusammengezählt, die auch in dem Referenzmodell vorkommen. Bei einer Anzahl von 30 Einzelprozessen bedarf es daher einer Zählvariable, die von 0 bis 30 jedes Matching zählt. Das Verfahren für die Worterkennung ist daher dreigeteilt. Erstens müssen deckungsgleiche Prozesse erkannt werden, zweitens bedarf es der Zählung dieser Begriffe und drittens erfolgt die Übertragung der Zählvariable in den Input des Regelwerks.

Der letzte Schritt der spezifischen Methode ist die Operationalisierung des Regelwerk-Inputs. Dieser setzt sich einerseits aus Zahlenwerten in definierten Maßeinheiten (z.B. 180 cm Ablagehöhe) und der Anzahl gezählter Begriffe (z.B. 20 Prozesse vor der Produktion) zusammen. Alle Bewertungsparameter müssen daher in einem Zahlenformat vorliegen, um in der Operationalisierung weiterverarbeitet zu werden. Die Methode zur Operationalisierung ist eine Fuzzy-Logik, die ausführlich im Abschnitt 3.4.3 erklärt wird.

Rundum besteht der spezifische Methodenansatz somit aus sechs erforderlichen Schritten, die systematisch aufeinander aufbauen. Dabei werden Schnittstellen erforderlich, die folgendermaßen aufgebaut sind:

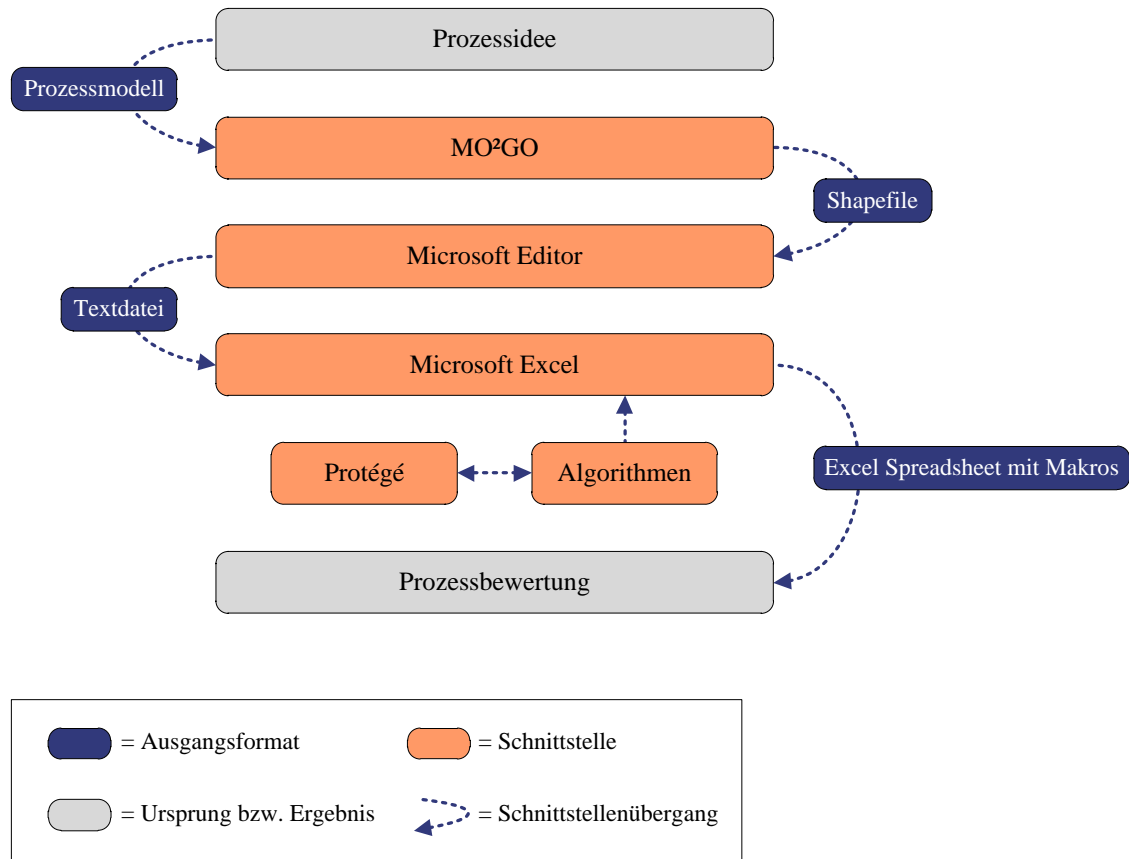


Abb. 3.22: Schnittstellen der Methode (eigene Darstellung).

Zu Beginn steht die Prozessidee, aus der ein Prozessmodell entsteht. Dieses Prozessmodell wird im Rahmen von MO²GO in ein elektronisches Format überführt. Das Ausgangsformat des MO²GO-Modells ist eine Shapefile, die die Geschäftsprozesse in geometrischer Form speichert. Der Übergang von der Shapefile in den Microsoft-Editor wird über die Export-Funktion in MO²GO vorgenommen. Das Ergebnis dieses Exports ist eine Textdatei, die alle Prozesse und Attribute strukturell beinhaltet. Es lassen sich auch andere Export-Formate aus der Shapefile erzeugen. Der Vorteil der Textdatei ist allerdings seine einfache Lesbarkeit und seine einfache Schnittstelle zu anderen gängigen Softwareprodukten. Die Textdatei wird letztlich in das Regelwerk geladen, das in Microsoft Excel aufgebaut ist. Die Folge ist, dass alle Prozessdaten der Unternehmensmodelle und des Referenzmodells in Microsoft Excel in einem Spreadsheet-Format gespeichert werden können. Über die Algorithmen zur Ähnlichkeitsbewertung (s. o.) und deren gegenseitiger Austausch mit dem Protégé-Ontologiemodell über die Abfragesprache SPARQL oder „DL query“ erfolgt schließlich die Bewertung ähnlicher Geschäftsprozesse. Das Ergebnis ist ein Ähnlichkeitsgrad in Form prozentualer Parameterwerte.

3.6 Beispielhafte Implementierung

Der spezifische Methodenansatz wird nachfolgend in einer beispielhaften Implementierung dargestellt. Diese Implementierung hat das Ziel, die methodischen Schritte an spezifischen Prozessen aufzuzeigen und zu beschreiben. Darüber hinaus sollen neben den allgemeinen Methodenabläufen auch problemspezifische Strategien aufgedeckt werden. Bei der Implementierung kommt es zu einer Gegenüberstellung zweier Modelle zu Geschäftsprozessen in der Kommissionierung. Das eine Modell dient als Referenz und ist dem Abschnitt 3.2 entnommen. Das andere Modell spiegelt die beispielhaften Kommissionierprozesse eines Unternehmens wider und gründet auf einem MO²GO-Modell des IPK zur Lieferkette eines Elektromotors. Um die Methodenschritte aus Abschnitt 3.5 anhand der Prozesse aufzuzeigen, wurde das Modell um einige Prozesse der Kommissionierung erweitert. Die Prozesse des beispielhaften Unternehmensmodells sind in Abb. 3.23 dargestellt.

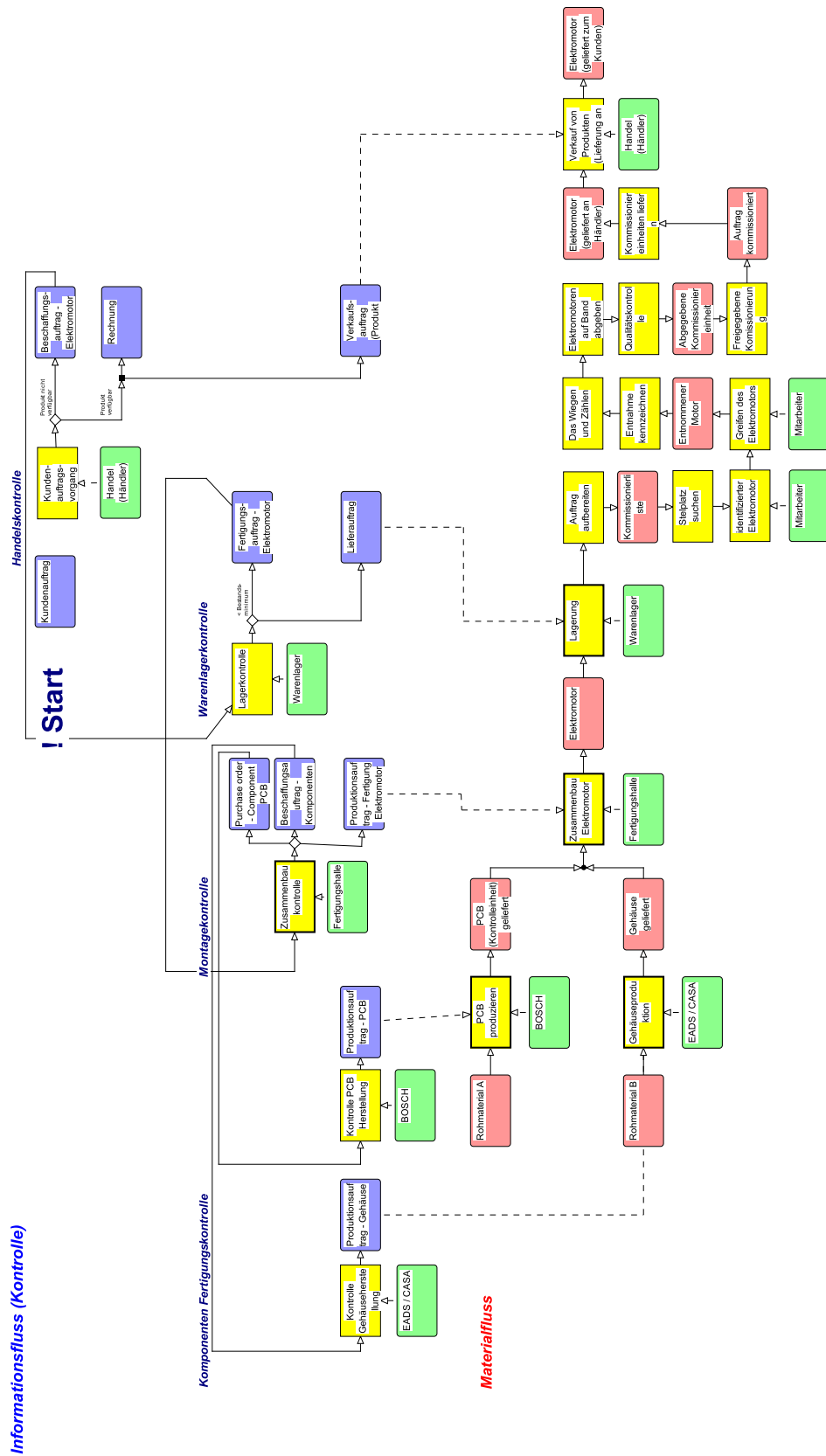


Abb. 3.23: Beispielhaftes Unternehmensmodell (eigene Darstellung).

Die Kommissionierprozesse des Unternehmensmodells beginnen mit dem Prozess „Auftrag aufbereiten“ und enden mit dem Prozess „Auftrag kommissioniert“. Demnach dienen dreizehn Kommissionierprozesse als Grundlage für die Implementierung. Um die Transparenz der Implementierung zu bewahren, werden zwei repräsentative Bewertungskategorien aus Abschnitt 3.4.2 einer Analyse unterzogen. Zum einen wird die spezifische Bewertungskategorie „Kommissionierleistung“ analysiert. Diese setzt sich aus den Parametern „Ø Aufträge/Tag“, „Ø Kommissionierzeit/Tag“ und „Ø Picks/Auftrag“ zusammen (vgl. Tab. 3.1). Die drei Parameter sind jeweils im MO²GO-Referenzmodell und MO²GO-Unternehmensmodell hinterlegt. Zu anderen wird die modellgenerische Bewertungskategorie „Vollständigkeit (inhaltlich)“ analysiert (vgl. Abb. 3.11), dessen Bewertung sich aus der Anzahl aller Kommissionierprozesse ergibt.

Nachfolgend wird der Ablauf der Methode anhand der dreizehn Kommissionierprozesse des Unternehmensmodells dargestellt. Dabei werden die Prozesse des Unternehmensmodells, die nicht der Kommissionierung zugeordnet sind, nicht in die Analyse einbezogen. Die Methodenschritte werden anhand fünf relevanter Eigenschaften übersichtlich dargestellt. Unter „Aufgabe“ wird eine Kurzbeschreibung der Inhalte des methodischen Schritts angegeben. Die „Nummer“ gibt eine fortlaufende Zahl an, die die Methodenschritte zählt. Die „Ebene“ sagt aus, ob der Methodenschritt auf ein komplettes Prozessmodell oder auf einzelne Prozesse Auswirkung nimmt. Die Modelle, Prozesse und Attribute, die bei „Aspekt“ aufgelistet sind, werden während des jeweiligen Methodenschritts transformiert. Grundlegend wird allerdings jeder Algorithmus an jeder Prozessbeschreibung ausgeführt. Der „Typ“ kann einerseits spezifisch oder allgemein sein. Spezifisch sind alle Methodenschritte, die je nach Analyseaspekt eine individuelle Problemlösung erfordern. Allgemein sind alle Methodenschritte, die bei jeder Problemstellung identisch sind.

| | |
|----------|---------------------------------------|
| Aufgabe: | Export der MO ² GO-Modelle |
| Nummer: | 1 |
| Ebene: | Modell |
| Aspekt: | Unternehmensmodell + Referenzmodell |
| Typ: | allgemein |

Im ersten Methodenschritt müssen die beiden MO²GO-Modelle in eine Textdatei exportiert werden. Dazu wird die Software MO²GO aufgerufen und in der Bearbeitungsleiste unter „Start“ → „Evaluation“ die Operation „Generate Documentation“ ausgewählt. Durch die Bestätigung über „Execute“ wird die Textdatei der Modellinhalte erstellt. Im Anhang dieser Arbeit ist die jeweilige Textdatei für das Referenzmodell („MA_Referenzmodell_Dokumentation.txt“) und für das Unternehmensmodell („MA_Unternehmensmodell_Dokumentation.txt“) hinterlegt. Über einen einfachen Kopiervorgang werden die Inhalte der Textdateien in das Regelwerk in die Tabellenblätter „txt Referenzmodell“ und „txt Unternehmensmodell“ eingefügt. In diesen Tabellenblättern werden über den Button „Leerzeilen löschen“ alle Zeilen gelöscht, die in Zeile A keinen Inhalt aufweisen. Dadurch entsteht ein lückenloser Input, der für die Algorithmen des

Text Mining genutzt wird. Ein Auszug der relevanten Textinhalte zur Kommissionierung des Referenzmodells ist in Tab. 3.2 zu sehen.

Tab. 3.2: Auszug der Textinhalte des Referenzmodells (eigene Darstellung).

| |
|---|
| Aufträge pro Tag Integer 400 |
| Picks pro Auftrag Integer 23 |
| Durchschnittliche Kommissionierzeit Real 6.34 |
| 1 Qualitätskontrolle |
| 2 Greifen des Elektromotors |
| 3 Das Wiegen und Zählen |
| 4 Elektromotoren auf Band abgeben |
| 5 Entnahme kennzeichnen |
| 6 Freigegebene Kommissionierung |
| 7 Stelplatz suchen |
| 8 identifizierter Elektromotor |
| 10 Auftrag aufbereiten |
| Auftrag kommissioniert |
| Kommissionierliste |
| Entnommener Motor |
| Abgegebene Kommissioniereinheit |

Auffällig sind die Zahlenformate vor den Prozessbezeichnungen (z.B. 7 Pick-to-Box) und überflüssige Leerzeichen. Hinzu kommen Beschreibungen der Zahlenformate, die automatisch von MO²GO erstellt werden (z.B. Integer).

Aufgabe: Morphologische Analyse – Wortstammrückführung Adjektive und Verben

Nummer: 2

Ebene: Prozess

Aspekt: Identifizierter Elektromotor, Greifen des Elektromotors, Das Wiegen und Zählen, Freigegebene Kommissionierung, Auftrag kommissioniert

Typ: allgemein

Da die Unternehmensprozesse keine Satzstruktur aufweisen und dadurch z.B. auch keine Satzzeichen (Punkt, Komma, etc.) verwendet werden, bedarf es keiner Tokenisierung. Stattdessen kann direkt nach dem Export der MO²GO-Modelle die morphologische Analyse erfolgen.

Bei der Rückführung der Prozessbegriffe des Unternehmensmodells auf dessen Wortstamm muss auf die Regeln zur Beschreibung des Referenzmodells in IUM zurückgegriffen werden (vgl. Abschnitt 3.2.2):

- Auftrag = Nomen (artikellos, Singular)
- Produkt = Adjektiv (attributiv) + Nomen (artikellos, Singular)
- Ressource = Nomen (artikellos, Singular)

- Aktion = Nomen (artikellos, Singular) + Verb (Infinitiv) / Fachnomen (artikellos, Singular)

In Form eines regel- oder lexikonbasierten Verfahrens erfolgt für alle Wortformen, die keinem Nomen entsprechen, jeweils eine Rückführung als Adjektiv (attributiv) und eine Rückführung als Verb (Infinitiv), die dann im String-Matching überprüft werden. Demnach wird bspw. der Prozess „identifizierter Elektromotor“ über einen geeigneten Algorithmus als „identifizierter Elektromotor“ (Adjektiv attributiv) und „identifizieren Elektromotor“ (Verb Infinitiv) gespeichert. Derselbe regelhafte Algorithmus wird auf die Wörter „Greifen“, „Wiegen“, „Zählen“, „Freigegebene“ und „kommissioniert“ angewendet. Demnach ergeben sich nach Anwendung der morphologischen Analyse doppelte Prozessbeschreibungen für jeweils einen Prozess, die in der weiteren Analyse überprüft werden. Pluralformen bei Nomen werden ebenfalls auf die Singularform zurückgeführt.

Aufgabe: Morphologische Analyse – Wortstammrückführung Nomen

Nummer: 3

Ebene: Prozess/Attribut

Aspekt: Aufträge pro Tag Integer 400, Picks pro Auftrag Integer 23, Elektromotoren auf Band abgeben, Greifen des Elektromotors

Typ: allgemein

Bei den Nomen treten bspw. Pluralformen oder Worterweiterungen aufgrund des Satzbaus auf, die nicht den Wortformen des Referenzmodells entsprechen. In einem Algorithmus werden daher alle Nomen auf den Infinitiv Singular zurückgeführt. Die Zuordnung des Numerus erfolgt dabei über ein Lexikon. In der beispielhaften Implementierung sind in den Attributen „Aufträge pro Tag Integer 400“ sowie „Picks pro Auftrag Integer 23“ und in dem Unternehmensprozess „Elektromotoren auf Band abgeben“ Pluralformen vorhanden. Als Ergebnis der Wortstammrückführung werden aus diesen Attributen „Auftrag pro Tag Integer 400“ sowie „Pick pro Auftrag Integer 23“ und aus dem Unternehmensprozess „Elektromotor auf Band abgeben“. Der angehängte Buchstabe s an das Wort „Elektromotors“ im Unternehmensprozess „Greifen des Elektromotors“ wird ebenfalls eliminiert.

Aufgabe: Syntaktische Analyse – Distanzermittlung fehlerhafter Wörter

Nummer: 4

Ebene: Prozess

Aspekt: Stelplatz suchen, Freigegebene Kommissionierung

Typ: allgemein

Die Erkennung von Wortfehlern wird anhand von Distanz-Metriken vorgenommen. Im Regelwerk ist beispielhaft eine Levenshtein-Funktion integriert, die mittels Visual Basic geschrieben ist. Gemäß Abschnitt 2.4.2 sind auch anderen Distanz-Metriken denkbar.

```
Function Levenshtein(ByVal string1 As String, ByVal string2 As String) As Long

Dim i As Long, j As Long
Dim string1_length As Long
Dim string2_length As Long
Dim distance() As Long

string1_length = Len(string1)
string2_length = Len(string2)
ReDim distance(string1_length, string2_length)

For i = 0 To string1_length
    distance(i, 0) = i
Next

For j = 0 To string2_length
    distance(0, j) = j
Next

For i = 1 To string1_length
    For j = 1 To string2_length
        If Asc(Mid$(string1, i, 1)) = Asc(Mid$(string2, j, 1)) Then
            distance(i, j) = distance(i - 1, j - 1)
        Else
            distance(i, j) = Application.WorksheetFunction.Min _
                (distance(i - 1, j) + 1, _
                 distance(i, j - 1) + 1, _
                 distance(i - 1, j - 1) + 1)
        End If
    Next
Next

Levenshtein = distance(string1_length, string2_length)

End Function
```

Abb. 3.24: Levenshtein-Distanz in Visual Basic (eigene Darstellung).

Die Funktion in Abb. 3.24 berechnet die minimale Anzahl an Einfüge-, Lösch-, Ersetz- oder Verschiebeoperationen, um von einem spezifischen Wort (Unternehmensprozess) auf ein Referenzwort (Referenzprozess) zu kommen. Die Funktion kann im Tabellenblatt „txt Unternehmensmodell“ des Regelwerks im Zellenbereich D1 bis E4 beispielhaft getestet werden. Wie auch bei den anderen Methodenschritten wird der Algorithmus anhand aller Wörter des Unternehmensmodells durchgeführt. Dabei wird jedes Wort des Unternehmensmodells mit jedem Wort der Ontologie verglichen. Die Ontologie muss dabei alle Wörter beinhalten, die für die sinnvolle Verwendung im Unternehmensmodell in Betracht gezogen werden. Das Unternehmensmodell weist zwei Wortfehler auf. Zum einen fehlt bei dem Prozess „Stellplatz suchen“ ein Buchstabe L bei Stellplatz. Zum anderen fehlt bei dem Prozess „Freigegebene Kommissionierung“ ein Buchstabe M bei der Kommissionierung. Wird nun die Levenshtein-Funktion in Kombination des Wortes „Kommissionierung“ mit allen Wörtern der Ontologie durchgeführt, so ergibt sich bspw. zwischen „Kommissionierung“ (Unternehmensmodell) und „Kommissionie-

„ (Ontologie) eine Distanz von 1. Diese Distanz sagt aus, dass eine Einfügeoperation (für den Buchstaben m) erforderlich ist, um aus beiden Wörtern identische Wörter zu machen.

Aufgabe: Syntaktische Analyse – Festlegung des Distanzgrenzwerts

Nummer: 5

Ebene: Prozess

Aspekt: Stelplatz suchen, Freigegebene Kommissionierung

Typ: spezifisch

Sind die Distanzen zwischen den Wörtern der Unternehmensprozesse und der Ontologiewörter ermittelt, so muss je nach Akzeptanz ein Distanzmaß festgelegt werden, das als Grenzwert dient. In der beispielhaften Implementierung wird der Grenzwert der Levenshtein-Distanz auf den Wert 1 festgelegt. Das bedeutet, dass alle Distanzen ≤ 1 als zulässige Lösung für die Wortfehlerbehebung erkannt werden. Die Distanz zwischen den Wörtern „Kommissionierung“ und „Kommissionierung“ ist daher zulässig. „Kommissionierung“ ist ein mögliches Lösungswort für das fehlerhafte Wort „Kommissionierung“. Auch das Wort „Stellplatz“ dient mit einer Distanz von 1 zum fehlerhaften Wort „Stelplatz“ des Unternehmensprozesses „Stelplatz suchen“ als mögliche Lösung zur Wortfehlerbehebung.

Aufgabe: Syntaktische Analyse – Lösungsfindung fehlerhafter Wörter

Nummer: 6

Ebene: Prozess

Aspekt: Stelplatz suchen, Freigegebene Kommissionierung

Typ: allgemein

Wörter, die in der Ontologie vorhanden sind und nicht fehlerhaft im Unternehmensmodell vorkommen, haben eine Distanz von 0 und bleiben daher unverändert. Wörter, die nicht in der Ontologie vorkommen und im Unternehmensmodell vorkommen, haben eine Distanz, die normalerweise > 1 ist. Bei einem Distanzgrenzwert von 1 fallen diese Wörter daher aus der Methode und werden als „nicht erkannt“ gespeichert. Für die fehlerhaften Wörter „Stelplatz“ und „Kommissionierung“ ergibt die Überprüfung mit allen Wörtern der Ontologie im Abschnitt 3.3.1 mehrere Distanzwerte, die alle ≥ 1 sind. Die beiden Wörter werden dann von den Wörtern aus der Ontologie ersetzt, die die minimale Distanz von 1 aufweisen. Aus „Stelplatz“ wird daher „Stellplatz“ und aus „Kommissionierung“ wird „Kommissionierung“. Gibt es mehrere Wörter in der Ontologie, die eine Distanz von 1 zu einem fehlerhaften Wort haben, so müssen alle diese Lösungswörter für das fehlerhafte Wort gespeichert werden. Es kommt dann zu Mehrfacheinträgen als Lösung für ein fehlerhaftes Wort.

| | |
|----------|---|
| Aufgabe: | Syntaktische Analyse – Entfernung von Stoppwörtern |
| Nummer: | 7 |
| Ebene: | Prozess/Attribut |
| Aspekt: | Das Wiegen und Zählen, Elektromotoren auf Band abgeben, Picks pro Auftrag Integer 23, Aufträge pro Tag Integer 400, Durchschnittliche Kommissionierzeit Real 6.34 |
| Typ: | spezifisch |

Das beispielhafte Unternehmensmodell beinhaltet mehrere Stoppwörter, die bei einer Eliminierung nicht die Semantik der Prozessbeschreibung im Unternehmensmodell ändern. Werden die Prozesse und Attribute unter der Eigenschaft „Aspekt“ betrachtet, so werden in der beispielhaften Implementierung sieben verschiedene Stoppwörter eliminiert:

- Das
- Und
- Auf
- Pro
- Integer
- Durchschnittliche
- Real

Die Stoppwörter werden in Anlehnung an ein Lexikon aus relevanten Stoppwörtern zur Problemstellung gesucht und schließlich aus der Prozessbeschreibung des Unternehmensmodells gelöscht. Dadurch wird bspw. aus dem Prozess „Das Wiegen und Zählen“ der Prozess „Wiegen Zählen“ und aus dem Attribut „Aufträge pro Tag Integer 400“ das Attribut „Aufträge Tag 400“. Generell werden in jedem strukturellen Vergleich von logistischen Prozessmodellen alle bestimmten („der“, „die“, etc.) und unbestimmten Artikel („ein“, „eine“, etc.) sowie alle Bezeichnungen für Datentypen in MO²GO („Integer“, „Real“, etc.) gelöscht. Weitere Stoppwörter wie „Durchschnittliche“ müssen gemäß der Aufgabenstellung und den Inhalten des Referenzmodells spezifisch in das Stoppwort-Lexikon aufgenommen werden. In dem Regelwerk werden die genannten Stoppwörter über den Button „Stoppwörter entfernen“ im Arbeitsblatt „txt Unternehmensmodell“ gelöscht. Bei der Eliminierung wird durch die Beachtung der vorausgehenden und nachfolgenden Zeichen der Stoppwörter eine Löschung von Wortteilen verhindert. Der Begriff „Auftrag“ bleibt daher durch die Suche nach „Auf_“ in der Prozessbeschreibung erhalten, da durch das Leerzeichen nach dem Stoppwort („_“) eine Stoppwort-Erkennung von „Auftrag“ vermieden wird.

| | |
|----------|---|
| Aufgabe: | Semantische Analyse – Zuordnung der Wortbedeutung |
| Nummer: | 8 |
| Ebene: | Prozess |
| Aspekt: | Kommissionierliste, Stelplatz suchen, Das Wiegen und Zählen, Elektromotoren auf Band abgeben, Qualitätskontrolle, Freigegebene Kommissionierung, Auftrag kommissioniert |
| Typ: | spezifisch |

Die semantische Analyse erfordert die Hinzunahme der beispielhaften Ontologie zur Kommissionierung aus Abschnitt 3.3.1. In dieser Ontologie sind für jeden gesuchten Prozessbegriff aus dem Referenzmodell verschiedene Instanzen hinterlegt.

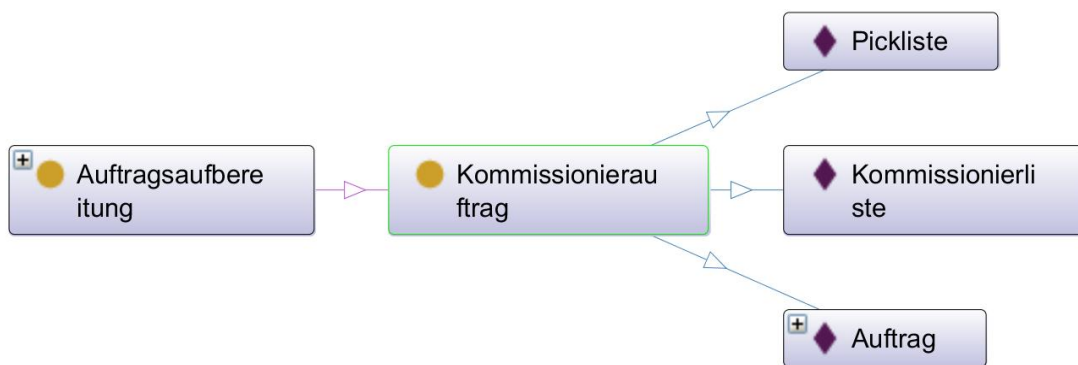


Abb. 3.25: Instanzen zum „Kommissionierauftrag“ (eigene Darstellung).

In Abb. 3.25 sind bspw. dem Wort „Kommissionierauftrag“ die Instanzen „Pickliste“, „Kommissionierliste“ und „Auftrag“ zugeordnet (dunkle Rauten). Für jedes Wort der Unternehmensprozesse wird geprüft, ob es eine Instanz ist und welche Superklasse dieses Wort besitzt. Das Wort wird daraufhin durch seine Superklasse ersetzt. Gemäß Abb. 3.25 und den Unternehmensprozessen wird die Instanz „Kommissionierliste“ durch die Superklasse „Kommissionierauftrag“ ersetzt. Alle weiteren Prozessbegriffe, die durch ihre ontologische Superklasse ersetzt werden, sind unter der Eigenschaft „Aspekt“ (s. o.) vermerkt. Die Verknüpfung der Instanzen zu den Superklassen erfolgt nach einem festgelegten Abfrageprinzip im Ontologie-Editor Protégé. Gemäß Abschnitt 2.4.3 lautet die Logik der Abfrage immer: Gebe mir die Superklasse („SELECT“) der Ontologie zur Kommissionierung aus („FROM“), dessen Instanz das gesuchte Wort des Unternehmensmodells ist („WHERE“). Als gesuchtes Wort des Unternehmensmodells sind wahlweise alle Begriffe gemeint, die in der Beschreibung der Unternehmensprozesse vorhanden sind. Wird eine Superklasse gefunden, so ersetzt diese das gesuchte Wort. Wird keine Superklasse gefunden, so werden keine Veränderungen in der Prozessbeschreibung des Unternehmensmodells vorgenommen. Das Ergebnis der semantischen Analyse sind teilweise stark veränderte Prozessbeschreibungen gegenüber den ursprünglichen Beschreibungen. Aus „Elektromotor auf Band geben“ wurde durch die Stoppwort-Eliminierung „Elektromotor Band geben“.

Durch die Ersetzung von „Band“ (Instanz) durch „Belt“ (Superklasse) und „geben“ (Instanz) durch „Pick“ (Superklasse) ergibt sich schließlich „Elektromotor Belt Pick“.

Aufgabe: String-Matching – Zuteilung zu Referenzprozessen

Nummer: 9

Ebene: Prozess/Attribut

Aspekt: Auftrag aufbereiten, Kommissionierliste, Stelplatz suchen, Identifizierter Elektromotor, Greifen des Elektromotors, Entnommener Motor, Entnahme kennzeichnen, Das Wiegen und Zählen, Elektromotoren auf Band abgeben, Qualitätskontrolle, Freigegebene Kommissionierung, Aufträge pro Tag Integer 400, Auftrag kommissioniert, Durchschnittliche Kommissionierzeit Real 6.34, Picks pro Auftrag Integer 23

Typ: spezifisch

Das String-Matching untersucht, welche Referenzprozesse aus den vorbereiteten Unternehmensprozessen erkannt werden. Dabei wird jedem Referenzprozess ein spezifisches Suchmuster zugeteilt, das mit dem Knuth-Morris-Pratt Algorithmus kombiniert werden kann. Ein Suchmuster legt fest, welche Wortscheinungen in den Unternehmensprozessen für einen bestimmten Referenzprozess zu einem Match führen. Einerseits gibt es Unternehmensprozesse, die nur als Match erkannt werden, wenn sie exakt mit einem Referenzprozess übereinstimmen. Aus dem Unternehmensprozess „Stelplatz suchen“ ist durch die vorangegangenen Methodenschritte der Prozess „Entnahmeort aufsuchen“ geschaffen worden. Dieser stimmt exakt mit dem Referenzprozess „Entnahmeort aufsuchen“ überein und ist daher ein Match. Andererseits gibt es Unternehmensprozesse, die auch als Match erkannt werden, wenn nur einzelne Wörter der Prozessbeschreibung mit einem Referenzprozess übereinstimmen. Aus dem Unternehmensprozess „Qualitätskontrolle“ ist über die semantische Analyse der Prozess „Sichtkontrolle“ entstanden. Dieser Prozess stimmt nur teilweise mit dem Referenzprozess „Sichtkontrolle vornehmen“ überein. Das spezifische Suchmuster für diesen Referenzprozess lautet allerdings: Finde das Wort „Sichtkontrolle“ oder die Verbindung „Sichtkontrolle vornehmen“ in der Beschreibung der Unternehmensprozesse, um einen Match zu diesem Referenzprozess zu erhalten. Die erste Bedingung ist damit erfüllt. Das Wort „Sichtkontrolle“ reicht vor dem Hintergrund der umgebenden Logistikprozesse aus, um einen richtigen Match zu gewährleisten. Für jeden Referenzprozess muss das Suchmuster spezifisch festgelegt werden. Der Prozess „Abgegebene Kommissionierereinheit“ kann keinem Referenzprozess zugeordnet werden. Daher sind 12 der 13 Unternehmensprozesse zur Kommissionierung als Match erkannt worden. In Abb. 3.26 ist eine Übersicht über die Aufbereitung aller Unternehmensprozesse durch die Verfahren des Text-Mining und deren zugeordnete Referenzprozesse des String-Matching gegeben.

| Unternehmensprozess | Aufbereiteter Unternehmensprozess | Referenzprozess | Match |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|-------|
| Auftrag aufbereiten | Auftrag aufbereiten | Auftrag aufbereiten | ✓ |
| Kommissionierliste | Kommissionierauftrag | Kommissionierauftrag | ✓ |
| Stelplatz suchen | Entnahmeort aufsuchen | Entnahmeort aufsuchen | ✓ |
| Identifizierter Elektromotor | Identifizieren Elektromotor | Artikel identifizieren | ✓ |
| Greifen des Elektromotors | Greifen Elektromotor | Artikel greifen | ✓ |
| Entnommener Motor | Entnommener Motor | Entnommener Artikel | ✓ |
| Entnahme kennzeichnen | Entnahme kennzeichnen | Entnahme kennzeichnen | ✓ |
| Das Wiegen und Zählen | wiegen abzählen | Entnahme abzählen und wiegen | ✓ |
| Elektromotoren auf Band abgeben | Elektromotor Belt Pick | Pick-to-Belt | ✓ |
| Qualitätskontrolle | Sichtkontrolle | Sichtkontrolle vornehmen | ✓ |
| Abgegebene Kommissionierung | Abgegebene Kommissionierung | - | x |
| Freigegebene Kommissionierung | Freigeben Auftrag | Auftrag freigeben | ✓ |
| Auftrag kommissioniert | Einheit freigegebener | Freigegebene Einheit | ✓ |
| Aufträge pro Tag Integer 400 | Auftrag Tag 400 | Auftrag/Tag Integer 0 | ✓ |
| Picks pro Auftrag Integer 23 | Pick Auftrag 23 | Pick/Auftrag Integer 0 | ✓ |
| Durchschnittliche Kommissionierzeit Real 6.34 | Kommissionierzeit 6.34 | Kommissionierzeit/Tag Real 0.5 | ✓ |

| | |
|-----|----------------------------------|
| XXX | = Prozessbeschreibung |
| ✓ | = Match |
| x | = kein Match |
| | = Zuteilung zu Referenzprozessen |

Abb. 3.26: Aufbereitung und Matching der Unternehmensprozesse (eigene Darstellung).

Aufgabe: String-Matching – Zählung der Matches

Nummer: 10

Ebene: Prozess/Attribut

Aspekt: Auftrag aufbereiten, Kommissionierliste, Stelplatz suchen, Identifizierter Elektromotor, Greifen des Elektromotors, Entnommener Motor, Entnahme kennzeichnen, Das Wiegen und Zählen, Elektromotoren auf Band abgeben, Qualitätskontrolle, Freigegebene Kommissionierung, Aufträge pro Tag Integer 400, Auftrag kommissioniert, Durchschnittliche Kommissionierzeit Real 6.34, Picks pro Auftrag Integer 23

Typ: allgemein

Innerhalb des Regelwerks ist auf dem Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“ und im Abschnitt 3.4.2 eine Zuordnung aller Prozesse und Parameter zu den Bewertungskategorien vorgenommen worden. Demnach ist z.B. der Prozess „Auftrag aufbereiten“ ein Bestandteil der Parameter ABL (1), ANS (1), TRE (1), VER (1) und VOL (1), deren Erklärung im Tabellenblatt „Kategorien und Parameter“ des Regelwerks einzusehen sind. Zunächst besitzen alle Parameter den Wert 0. Da der Unternehmensprozess „Auftrag aufbereiten“ zu einem Match mit dem Referenzprozess „Auftrag aufbereiten“ geführt hat, werden die zugeteilten Parameter zu diesem Prozess um den Wert 1 erhöht. Die Parameter ABL (1), ANS (1), TRE (1), VER (1) und VOL (1) erhalten somit den Wert 1. Durch jeden weiteren Match werden die jeweiligen Parameter der Prozesse um den Wert 1 erhöht. Innerhalb spezifischer Bewertungskategorien (z.B. „Kommissionierleistung“) werden für alle Parameter die Zahlenwerte der Prozessbeschreibungen des Unternehmensmodells als Werte hinterlegt. So erhält bspw. der Parameter KOM (1) durch den Unternehmensprozess „Aufträge pro Tag Integer 400“ den Wert 400. Dabei ist zu beachten, dass aus einer Punkt-Dezimaltrennzeichen (z.B. 6.34) eine Komma-Dezimaltrennzeichen (z.B. 6,34) erstellt wird. Die Parameterwerte werden schließlich in das Tabellenblatt „Input“ des Regelwerks in die Zelle des jeweiligen Unternehmens und Parameters eingetragen. Die Parameterergebnisse des Unternehmensmodell der beispielhaften Implementierung (vgl. Abb. 3.23) sind im Tabellenblatt „Input“ des Regelwerks in der Zeile „Unternehmen C (Implementierung)“ und in Abb. 3.27 dargestellt.

| ANS (1) | KOM (1) | KOM (2) | KOM (3) | MOD (1) | MOD (2) | MOD (3) | MOD (4) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1,00 | 400,00 | 23,00 | 6,34 | 1,00 | 5,00 | 1,00 | 3,00 |

| TRE (1) | TRE (2) | VER (1) | VER (2) | VER (3) | VOL (1) | VOL (2) | VOL (3) |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3,00 | 9,00 | 1,00 | 5,00 | 6,00 | 1,00 | 5,00 | 6,00 |

Abb. 3.27: Input des Unternehmen C (Implementierung) (eigene Darstellung).

Aufgabe: Operationalisierung – Auswertung der Bewertungskategorien

Nummer: 11

Ebene: Modell

Aspekt: Unternehmensmodell

Typ: allgemein

Als finaler Schritt der Methode werden die Inputwerte aus Abb. 3.27 über die Fuzzy-Logik des Regelwerks in ein prozentuales Ergebnis überführt. Dabei wird zu jeder Bewertungskategorie (vgl. Abschnitt 3.4.1 und 3.4.2) ein prozentuales Ergebnis berechnet. Die Berechnungsschritte der Fuzzy-Logik sind bereits im Abschnitt 3.4.3 erklärt worden. Für das Unternehmensmodell der beispielhaften Implementierung ergibt sich ein spezifisches Ergebnis, das im Tabellenblatt „Defuzzifizierung“ des Regelwerks unter der Auswahl des „Unternehmen C (Implementierung)“ in Zelle C3 angezeigt wird.

| MO ² GO-Modellbewertung | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| Modell | Unternehmen C (Implementierung) |
| Key Performance Indicator (KPI) | Fehlende Daten |

| Erfüllungsgrad | Bewertungskategorie | Gewichtung |
|----------------|---------------------------|------------|
| Fehlende Daten | Ablauflogik (strukturell) | 5% |
| Fehlende Daten | Aufbau der Entnahmefront | 5% |
| Fehlende Daten | Anordnung der Artikel | 10% |
| Fehlende Daten | Anschlussfähigkeit | 5% |
| Fehlende Daten | Hilfsmittel | 25% |
| 63,15% | Kommissionierleistung | 5% |
| 20,65% | Modularität | 5% |
| 30,43% | Trennung (funktional) | 5% |
| Fehlende Daten | Tragen und Heben | 5% |
| 34,20% | Verständlichkeit | 5% |
| 12,50% | Vollständigkeit | 5% |

Abb. 3.28: Auswertung der beispielhaften Implementierung (eigene Darstellung).

Das Tableau in Abb. 3.28 zeigt, dass für fünf der elf Bewertungskategorien genügend Prozessdaten des Unternehmensmodells zur Ergebnisberechnung vorliegen. Die nicht bewerteten Kategorien sind mit „Fehlende Daten“ in der linken Spalte des unteren Tableaus gekennzeichnet. Mit 63,15 % Erfüllungsgrad der Unternehmensprozesse gegenüber den Referenzprozessen ist die „Kommissionierleistung“ die Kategorie mit der besten Bewertung. Aufgrund der fehlenden Daten bei sechs der elf Bewertungskategorien kann der KPI nicht errechnet werden. Falls alle Bewertungskategorien einen prozentualen Wert annehmen, kann der KPI über die Gewichtung der einzelnen Bewertungskategorien individuell angepasst werden.

4 Zusammenfassung

Im Abschnitt 4 werden alle Ergebnisse der Grundlagen (Abschnitt 2) und der Methodenentwicklung bzw. -implementierung (Abschnitt 3) zusammengetragen. Auf Basis dieser Ergebnisse wird ein Fazit gezogen, das die Ergebnisse den Zielen der Arbeit gegenüberstellt. Im Abschnitt 4.3 folgt schließlich ein Ausblick, der die zukünftige Verwendung der wissenschaftlichen Erkenntnisse aufzeigt.

4.1 Grundlagen- und Methodenergebnisse

Die Ergebnisse der Arbeit lassen sich in zwei Kategorien einteilen. Einerseits hat die Erarbeitung der logistischen Grundlagen im Abschnitt 2 interessante Erkenntnisse geliefert. Andererseits sind im Abschnitt 3 zahlreiche Ergebnisse gewonnen worden, die sich letztlich in Form der Vergleichsmethode zeigen.

Der Stand der Wissenschaft im Abschnitt 2.1 zeigt, dass die Verbindung eines strukturellen Abgleichs mit den Geschäftsprozessen der Logistik bisher wenig wissenschaftliche Grundlage besitzt. Es gibt einige Ansätze im Bereich des Text Mining, die sich auf logistische Fragestellungen stützen, allerdings ist der Entwurf einer Methodenentwicklung auf diesem Fachgebiet bisher nicht durchgeführt worden.

Eine wesentliche Anforderung an die Methode stellen die Logistikprozesse dar. Im Abschnitt 2.3 hat sich herausgestellt, dass die Prozesse in der Wissenschaft auf sehr differenzierte Weise betrachtet werden. Ein Beleg für diese These liefern die verschiedenen Prozessketten in Abb. 2.1 bis Abb. 2.4. Als sinnvolles Abgrenzungsmerkmal logistischer Prozesse von angrenzenden Unternehmensbereichen hat sich die räumliche und zeitliche Transformation („doppelte Transformation“) erwiesen. Dadurch wird die Suche nach relevanten Geschäftsprozessen für den Modellvergleich eingegrenzt.

Die Vergleichsmethode erfordert ein repräsentatives Referenzmodell. Über Prozessanforderungen ist die ergonomische Kommissionierung als geeigneter Logistikprozess für dieses Referenzmodell herausgestellt worden. Maßgeblich für die Auswahl sinnvoller Geschäftsprozesse, die den Zweck wirtschaftlicher Potenzialaufdeckung verfolgen, sind die Ziele der Logistik. Durch die Transformation der allgemeinen 8-R logistischer Ziele auf die 8-R logistischer Geschäftsprozesse und die Gegenüberstellung mit möglichen Logistikprozessen in Abb. 2.5 konnte der repräsentative Geschäftsprozess gefunden werden. Eine weitere Erkenntnis ist, dass ein logistischer Geschäftsprozess stets eine spezifische Zielausrichtung benötigt, um über die Modellierung der Prozesse ein klares Ergebnis anzuzeigen. Als aktuelle Thematik in der Kommissionierung ist die Ergonomie als spezifisches Ziel ausgewählt worden.

Die Integration von Best-Practice-Prozessen in den Verlauf des Geschäftsprozesses hat sich als schwierig herausgestellt. Da Best-Practice stets auf einem subjektiven Empfinden gründet und eine Messung schwer ist, haben sich daher nur einzelne Technologien (z.B. Palettenwendergerät) als sinnvoll für die Integration in das Referenzmodell erwiesen. Falls trotzdem ein Ansatz

zur Messung von Best-Practice-Prozessen gefordert ist, muss dieser über die aktuellen Prozesskosten, die potenziellen Prozesskosten und die Prozessrisiken erfolgen.

Zur Textverarbeitung der Unternehmensprozesse an die Referenzprozesse werden Verfahren des Text Mining benötigt. Dazu wurden logistische Sprachanforderungen im Abschnitt 2.4.1 erarbeitet, die die Verfahrenswahl maßgeblich beeinflussen. Die logistischen Sprachanforderungen erweisen sich als sehr umfangreich. Herauszuheben ist der große Anteil an englischen Begriffen, neuen Wortbildungen und Abkürzungen im Umfeld der Logistik. Diese Anforderungen erschweren den textuellen Abgleich von Geschäftsprozessen.

Mit welchen textuellen Verfahren die Beschreibungen der Unternehmensprozesse an das Referenzmodell angeglichen werden, wird im Abschnitt 2.4.2 aufgezeigt. Dabei haben sich sechs Verfahrensgruppen des Text Mining als potenzielle Hilfsmittel für die Vergleichsmethode herausgestellt: die Formatnormalisierung, Tokenisierung, morphologische Analyse, syntaktische Analyse, semantische Analyse und Dialog- und Diskursanalyse. Alle Verfahrensgruppen basieren auf sehr vielen und differenzierten Algorithmen. Bei deren Betrachtung hat sich gezeigt, dass mehrere Algorithmen und Metriken dem Anspruch der Vergleichsmethode gerecht werden. So lassen sich bei den Distanzen zur syntaktischen Analyse z.B. die Jaro-Distanz, Levenshtein-Distanz und Hamming-Distanz als geeignete Berechnungsverfahren nennen. Diese Vielfältigkeit führt dazu, dass gemäß der logistischen Problemstellung spezifische Algorithmen ausgewählt werden müssen. Eine wesentliche Erkenntnis ist die Notwendigkeit topologischer Verfahren im Bereich der semantischen Analyse, da die Logistik sehr viele und fachspezifische Instanzen vorweist. Der Entwurf einer Ontologie ist für die Methode daher erforderlich.

Zahlreiche Editoren wurden dafür getestet, die sich vornehmlich in der Ontologiesprache, den Plug-Ins und der Benutzersteuerung unterscheiden (vgl. Abschnitt 2.4.3). Der Markt an Editoren ist groß und viele Programme kostenfrei. Anhand der Testeinsätze hat sich Protégé als geeigneter Editor für die Methode erwiesen. Er ist in der Praxis weit verbreitet, hat zahlreiche Schnittstellen, viele Plug-Ins und ist kostenlos. Zudem überzeugen die guten Möglichkeiten zur Visualisierung. Eine umfangreiche Einarbeitungszeit erfordert allerdings die Abfrage von Wissen über SPARQL. Die Abfragesprache hat sich als sehr individuell erwiesen und ist bei komplexen Abfragen schwer anzuwenden. Eine geeignete Alternative stellt in Protégé das „DL query“ dar, mit dem letztlich auch die Abfragen in der beispielhaften Implementierung im Abschnitt 3.6 durchgeführt wurden.

Die vorbereiteten Prozessbeschreibungen benötigen zusätzlich Verfahren, die einen Vergleich mit den Referenzprozessen ermöglichen. Diese Aufgabe wird über ein String-Matching zwischen den Unternehmens- und Referenzprozessen gelöst (vgl. Abschnitt 2.4.4). Für das Matching ist aufgrund seiner effizienten Suchphase der Knuth-Morris-Pratt Algorithmus als geeignetes Verfahren herausgestellt worden. Die Verfahrensergebnisse stellen gleichzeitig den Input zur Operationalisierung dar.

Während der Methodenentwicklung haben sich Herausforderungen gezeigt, die im zeitlichen Rahmen der Arbeit nicht bearbeitet werden konnten. Daher sind Annahmen und Restriktionen getroffen worden, die bei der Anwendung der Methode in Betracht gezogen werden müssen. Dabei sind qualitative und quantitative Restriktionen erarbeitet worden. Die Methode arbeitet mit einem beispielhaftem Ontologiemodell und einem beispielhaften Referenzmodell, was die Quantität senkt. Zudem wird in der Methode nur die deutsche Sprache verwendet.

Das Referenzmodell baut auf vier Ordnungsklassen auf. Beginnend mit einem Materialflussprozess führt die Ordnung über Hauptprozesse zu Teilprozessen und gründet schließlich in Aktivitäten. Eine oberflächliche Betrachtung logistischer Geschäftsprozesse hat sich als negativ erwiesen, da dadurch keine klare Ziel- und Problemanalyse innerhalb der Prozesse erfolgen kann. Daher gründet das Referenzmodell ausschließlich auf Teilprozessen (z.B. „Transport zur Bereitstellung“) und Aktivitäten (z.B. „Gehen zum Entnahmeort“). Weitere Logistikmodelle müssen demnach im Detail abgebildet werden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Zudem ist ein Aufbau der Prozesse über Normen oder Richtlinien sinnvoll, da diese die Repräsentativität des Referenzmodells steigern.

Da die Modellierung in der Software MO²GO erfolgt, wurde eine Prozesstransformation nach IUM vorgenommen. Zur optimalen Vorbereitung auf den Vergleich mit anderen Geschäftsmodellen hat sich herausgestellt, dass Regeln zur Sprachnorm bei der Transformation der Prozesse ein bedeutendes Qualitätskriterium darstellen. Daher wurden alle Objekte in MO²GO nach einer festgelegten Sprachnorm beschrieben (vgl. Abschnitt 3.2.2). Diese regelhafte Vorgehensweise hat den Vergleich der Referenzprozesse mit den Unternehmensprozessen in der beispielhaften Implementierung maßgeblich vereinfacht.

Der Aufbau der Ontologie im Abschnitt 3.3.1 muss spezifischen Anforderungen genügen. Dazu zählen Genauigkeit, Verständlichkeit, Schlussfolgerbarkeit, Erweiterbarkeit und Wartbarkeit. Aufgrund einer besseren Kontrolle des Detaillierungsgrad hat sich eine Top-Down-Strategie als sinnvoll für den Aufbau erwiesen. Da die zahlreichen Instanzen der logistischen Sprache auf Synonymen und Kollokationen gründen, wurde die Java-Klasse DISCO in den Aufbauprozess eingebunden. Dieses Tool erleichtert die Suche nach ähnlichen Begriffen zu einem Begriff der Referenzprozesse. Eine vollständige Ontologie muss anhand der Aufgabenstellung außerdem logistische Leitfragen beantworten. Dazu gehört z.B. die Frage nach relevanten logistischen Leistungen. Da die Ontologie dieser Arbeit nur prototypisch aufgebaut ist, werden nicht alle Leitfragen beantwortet. Generell hat sich herausgestellt, dass eine Ontologie eine sehr hohe Komplexität annehmen kann. Zudem wird die Verknüpfung verschiedener Ontologien in der Logistik als sinnvoll erachtet, um den kompletten Materialfluss textuell darzustellen.

Zur Operationalisierung der Vergleichsmethode wurde ein Regelwerk geschaffen, dessen Inhalte und Eigenschaften im Abschnitt 3.4 einzusehen sind. Zur Bewertung sind einerseits modellgenerische und andererseits spezifische Kategorien aufgestellt worden. Die modellgenerischen Kategorien (z.B. „Ablauflogik“) sollen die Struktur der Unternehmensmodelle operationalisieren, die spezifischen Kategorien (z.B. „Richtige Qualität“) die Ziele der Logistik in die Operationalisierung einbinden. Letztere Kategorien orientieren sich erneut an den 8-R-Zielen der Logistik. Die modellgenerischen Kategorien werden in jeder Vergleichsmethode untersucht, wohingegen die spezifischen gemäß dem untersuchten Geschäftsprozess spezifisch erhoben werden.

Die Bewertungskategorien werden im Abschnitt 3.4.2 durch eine Zuordnung zu Inhalten und Parametern bewertbar gemacht. Für die Auswahl geeigneter Parameter hat sich herausgestellt, dass auf Grund des direkten Einflusses auf das Bewertungsergebnis fachspezifisches Wissen erforderlich ist. Zahlenwerte innerhalb der Parameter werden in die drei Grenzwerte Minimum, Maximum und Optimum eingeteilt. Auch diese Einteilung erfordert Expertenwissen.

Das Regelwerk „MA-Regelwerk“ ist in Excel erstellt worden. Für kleinere Datenmengen erweist sich diese Lösung als sinnvoll. Das Berechnungsverfahren der Bewertungskategorien beruht auf der Fuzzy-Logik. Diese bietet den Vorteil, allen Parametern graduelle Zugehörigkeitswerte zuzuordnen und dadurch das „unscharfe“ menschliche Empfinden in die Bewertung besser einzubeziehen. Der starke Anteil an manuellen Aktivitäten innerhalb der Logistik unterstreicht den Einsatz einer Fuzzy-Logik, da manuelle Aktivitäten selten in mathematischen Modellen abgebildet werden können. Zudem ist eine Nutzwertanalyse in die Bewertung der Prozessmodelle eingebaut, um jedem Unternehmen eine spezifische Ergebnisinterpretation zu ermöglichen.

Zusammen mit den Bewertungsparametern, den logistischen Sprachanforderungen und den Verfahren des Text Mining wurde im Abschnitt 3.5 ein spezifischer Methodenansatz geschaffen. Dieser besteht aus sechs Methodenschritten, die in Abb. 3.20 dargestellt werden. Je nach Unternehmensmodell sind die Tokenisierung, morphologische Analyse, syntaktische Analyse und semantische Analyse als variable Methodenschritte zur Vorbereitung der Unternehmensprozesse einzusetzen. Das String-Matching sowie die Operationalisierung sind fester Bestandteil jeden Vergleichs logistischer Prozessmodelle. In Gegenüberstellung mit den logistischen Sprachanforderungen und den Bewertungsparametern konnten geeignete Verfahrensgruppen der jeweiligen Methodenschritte gefunden werden. Bei der Tokenisierung werden statistische Verfahren, bei der morphologischen Analyse lexikonbasierte oder regelbasierte Verfahren, bei der syntaktischen Analyse Distanzmetriken und Stoppwort-Eliminierungsverfahren und bei der semantischen Analyse topologische Verfahren in Form einer Ontologie eingesetzt. Besonderen Einfluss auf die Verfahrenswahl haben die zahlreichen Anglizismen, Neologismen und Fachbegriffe der Logistiksprache. Die Schnittstellen zwischen MO²GO, Protégé, Microsoft Editor und Microsoft Excel erschweren zudem eine automatisierte Implementierung.

Die beispielhafte Implementierung im Abschnitt 3.6 hat gezeigt, dass der Vergleich logistischer Geschäftsprozesse möglich ist. Allerdings haben sich im Verlauf der Implementierung weitere Herausforderungen herausgestellt. Bei den Zahlen der spezifischen Parameter müssen bspw. die Dezimaltrennzeichen bei der Übertragung in Microsoft Excel angepasst werden. Zudem treten Probleme bei der Rückführung auf den Wortstamm auf, wenn die Wortfehlererkennung nach der morphologischen Analyse folgt. Im Fall eines falsch geschriebenen Wortes kann es daher vorkommen, dass ein regelbasiertes oder lexikonbasiertes Verfahren zur Wortstammrückführung (morphologische Analyse) nicht angewendet werden kann. Auch der Einsatz attributiver Adjektive bei Produktbeschreibungen in MO²GO (vgl. Abschnitt 3.2.2) stellt sich als Hindernis heraus. Da die Endungen der Adjektive je nach darauf folgendem Nomen variieren, kann eine anschließende Wortänderung über die Ontologie (semantische Analyse) zu einer fehlerhaften Adjektivendung führen. Daher ist entweder die Vereinfachung der Sprachnorm zur Beschreibung der Referenzprozesse oder eine semantische Analyse vor der morphologischen Analyse sinnvoll. Im Verlauf des String Matching ist zudem deutlich geworden, dass die Beschreibung der Referenzprozesse einen großen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse hat. Unter anderem kann bei dem Referenzprozess „Sichtkontrolle vornehmen“ auch auf das Wort „vornehmen“ verzichtet werden. Dadurch wird einerseits die Semantik nicht verändert, aber andererseits der Vergleich erleichtert. Generell haben sich die Referenzprozesse als geeignet für den Vergleich erwiesen, die ein Minimum an Wörtern und ein Maximum an Bedeutung aufwei-

sen. Ein weiteres Problem stellt die Bewertungskategorie „Ablauflogik (strukturell)“ dar. Die Überprüfung der richtigen Vorgänger- und Nachfolgerprozesse erfordert einen hohen Berechnungsaufwand und dabei die Erkennung von gegenseitigen Textbezügen. Da die Textdatei aus MO²GO eine Prozessordnung nach Klassen aufweist und keine Ablauflogik aller Prozesse erkennbar ist, wird die Bewertung der strukturellen Ablauflogik als optional angesehen. Neben den genannten Herausforderungen haben sich alle weiteren Methodenschritte als geeignet und erfolgreich erwiesen.

4.2 Fazit

Für die Arbeit wurden im Abschnitt 1.2 quantitative und qualitative Ziele formuliert. Die Gegenüberstellung dieser Ziele mit den Ergebnissen der Arbeit lässt auf die Zielerreichung schließen. In Abb. 4.1 ist diese Zielerreichung dargestellt.

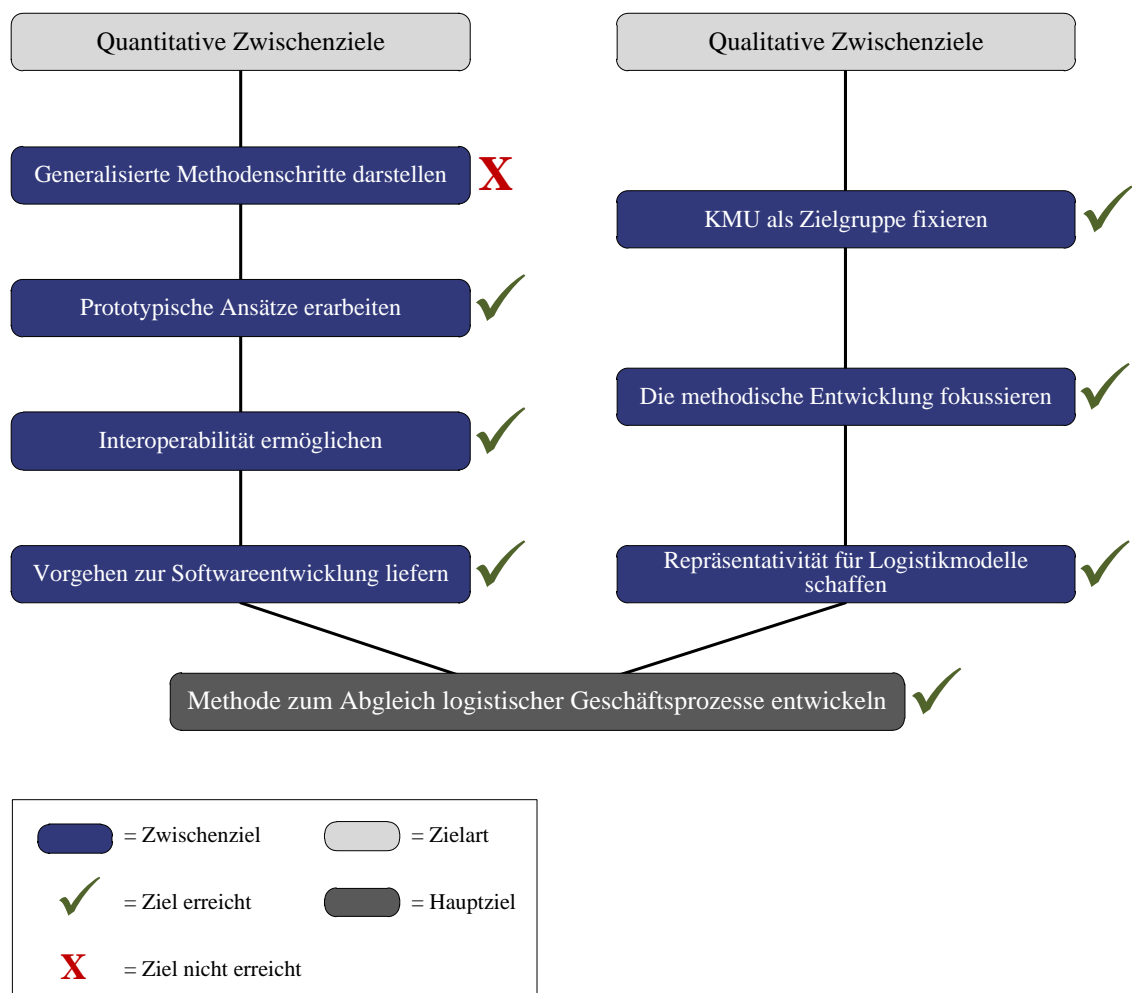


Abb. 4.1: Erfüllung der Ziele (eigene Darstellung).

Von den vier quantitativen Zielen konnten drei erfolgreich erfüllt werden. Im Rahmen der beispielhaften Implementierung im Abschnitt 3.6 und dem Regelwerk im Abschnitt 3.4 konnten mehrere Ansätze gezeigt werden, wie ein Vergleich von logistischen Geschäftsmodellen prototypisch vollzogen wird.

Die Interoperabilität wird durch Auswahl geeigneter Programme und Schnittstellen innerhalb der Methode gewährleistet. MO²GO bietet durch seine umfangreichen Export-Funktionen zahlreiche Möglichkeiten, ein Unternehmensmodell in andere Software zu exportieren. Der Aufbau der Ontologie im Abschnitt 3.3.1 über den Editor Protégé erweist sich zudem als geeignet. Protégé bietet viele Erweiterungen über Plug-Ins und aktuelle Speicherformate in RDF und OWL, die den Austausch mit anderen Systemen vereinfachen. Der Einsatz einer Windows-Textdatei als Austauschformat der Modellbeschreibungen ist sinnvoll, da die gängigen Unternehmensprogramme (MS Access, MS Excel, SAP, etc.) diese Formatinhalte interpretieren und speichern können. Die Operationalisierung in Excel ermöglicht zudem vielen Beteiligten auf verständliche Weise die Berechnungsschritte der Bewertung nachzuvollziehen, da Excel ein sehr gängiges Anwendungsprogramm ist.

Ein Vorgehen zur Softwareentwicklung wird durch den spezifischen Methodenansatz im Abschnitt 3.5 geschaffen. Über die beispielhafte Implementierung im Abschnitt 3.6 konnten zudem mögliche Schwachstellen und Potenziale innerhalb dieser spezifischen Methode aufgedeckt werden. Wird die Methode mit geeigneten Algorithmen und Metriken erweitert, so entsteht eine umfassende Struktur zur Entwicklung einer Software.

Lediglich die Generalisierung aller Methodenschritte konnte nicht vollkommen erfüllt werden. Bei der detaillierten Betrachtung der Unternehmensmodelle durch die beispielhafte Implementierung im Abschnitt 3.6 haben sich spezifische Probleme gezeigt. Die Methode ist teilweise in seiner Struktur abhängig von dem Aufbau der Referenzprozesse und dem allgemeinen Untersuchungsgegenstand der Logistik.

Qualitativ konnten kleine und mittelständische Unternehmen als Zielgruppe der Vergleichsmethode fixiert werden, da der Aufbau des Referenzmodells anhand praxisrelevanter Prozesse für diesen Unternehmensbereich erfolgt ist. Auf den Einsatz automatischer Prozessverläufe wurde verzichtet. Zudem erweisen sich die Kommissionierung und die Ergonomie als zwei zentrale Potenzialbereiche im Bereich von KMUs.

Der Fokus der Arbeit liegt deutlich auf der methodischen Entwicklung. Über die Abschnitte 2.4–3.6 wurden kontinuierlich neue Verfahrensschritte für die Methode erarbeitet. Ausgehend von vorbereitenden Arbeiten wie der Erstellung eines Referenzmodells und Verfahren des Text Mining hat der methodische Aufbau im Regelwerk und in dem spezifischen Methodenansatz seinen Abschluss gefunden. Ein Test der Methode in der beispielhaften Implementierung belegt zusätzlich die Erreichung des Ziels.

Die Methode soll nicht nur für einen bestimmten Aufgabenbereich, sondern für den kompletten Logistikbereich repräsentativ und anwendbar sein. Da die Methodenschritte maßgeblich auf allgemeinen Zielen und allgemeinen Sprachanforderungen der Logistik aufbauen, ist diese Repräsentativität für den Logistikbereich gegeben. In jedem Abschnitt wurde zudem versucht, generalisierte Ansätze zu liefern. Der Aufbau eines Bewertungsschemas in Abb. 3.11 unterstreicht diese Vorgehensweise.

Die Erreichung von sechs der sieben Zwischenziele hat dazu beigetragen, dass eine umfassende Methode zum Abgleich logistischer Geschäftsprozesse geschaffen werden konnte. Die Methode enthält alle wichtigen Verfahrensschritte und Ansätze für weitere Detailanalysen und eine softwaretechnische Umsetzung. Die Hypothese, dass die Methode unabhängig vom logistischen Untersuchungszweck anwendbar ist, hat sich nur teilweise als richtig erwiesen. Grundle-

gend baut jeder Vergleich logistischer Prozesse auf denselben Methodenschritten auf. Allerdings lassen sich durch die sprachliche Vielfalt der Logistik keine eindeutigen Regeln für die Inhalte dieser Schritte aufstellen. So muss bspw. für jeden Untersuchungszweck ein neues Ontologiemodell zur semantischen Analyse und neue Grenzwerte für Distanzen innerhalb der syntaktischen Analyse festgelegt werden. Die Unterteilung in spezifische und allgemeine Methodenschritte im Abschnitt 3.6 belegt diese Tatsache. Positiv sind die geeignete Struktur der Methode und die Verknüpfung zu den Zielen der Logistik hervorzuheben. Ausbaufähig ist die geringe Anzahl an Testergebnissen, die einen eindeutigen Beweis der Funktionsfähigkeit nur punktuell ermöglichen.

4.3 Ausblick

Die Methode zum Vergleich logistischer Geschäftsprozesse liefert vielseitige Ergebnisse, die für weitere Forschungszwecke genutzt werden können. Dabei gibt es verschiedene Ansätze, die verfolgt werden können.

Die Prozessanforderungen im Abschnitt 2.3.2 können genutzt werden, um weitere interessante Logistikbereiche für den Prozessvergleich auszuwählen. Dabei sollten stets die Vorteile des Prozessvergleichs in Bezug auf wirtschaftliche Potenziale für die Unternehmen maßgebend sein. Das Referenzmodell im Abschnitt 3.2 kann als Vorlage dienen, wie spezifische Sprachregeln sowie repräsentative Richtlinien und Normen in ein Logistikmodell integriert werden können. Der Aufbau weiterer Referenzmodelle kann daran ansetzen.

Die logistischen Sprachanforderungen im Abschnitt 2.4.1 sind allgemein gültig in der Logistik. Daher können sie für alle bestehenden und neuen Verfahrensansätze zum textuellen Vergleich zwischen Geschäftsprozessen der Logistik genutzt werden. Die genannten Verfahrensklassen und Algorithmen des Text Mining im Abschnitt 2.4.2 stellen dabei eine geeignete Grundlage für eine softwaretechnische Implementierung dar.

Besonders das Ontologiemodell bietet einige Potenziale für zukünftige Forschungszwecke. Einerseits kann das Wissen zur Kommissionierung erweitert werden, um weitere Testphasen mit dem bestehenden Referenzmodell durchzuführen, andererseits lassen sich neue Logistikbereiche an die bestehende Ontologie anschließen. Dadurch ergeben sich wiederum Schnittstellen in der Ontologie, die weitere Problemstellungen unterstützen können. Denkbar ist z.B. die Verknüpfung der Begriffe zur Kommissionierung mit Begriffen zum Lagerwesen innerhalb der bestehenden Ontologie. Dadurch können weitere Prozessvergleiche im Bereich der Auslagerung von Gütern durchgeführt werden. Neben dem eigentlichen Untersuchungszweck kann die Ontologie in einem Unternehmen auch für den Einsatz eigener Prozessanalysen genutzt werden. Es lassen sich bspw. Unternehmensprozesse erkennen, verknüpfen und daraufhin analysieren.

Mit dem Regelwerk im Abschnitt 3.4 wurde ein Berechnungsverfahren zur Operationalisierung erarbeitet, das individuell an jede logistische Aufgabe angepasst werden kann. Neben der Bewertung logistischer Prozessverläufe ist über die Fuzzy-Logik auch jeder Parameter und jeder weitere Prozess in einem Unternehmen bewertbar. Das Instrument kann daher auch weiteren Potenzialanalysen dienen. Die Übertragung der Berechnungsschritte in eine Programmiersprache ist vorstellbar. Dadurch kann eine eigenständige Bewertungssoftware für jegliche Geschäftsprozesse geschaffen werden. Die Bewertungskategorien aus Abb. 3.11 sind flexibel auf

andere Logistikbereiche übertragbar. Es müssen lediglich die spezifischen Bewertungskategorien ausgewählt werden, um den Fokus auf ein bestimmtes Logistikziel zu legen.

Mit Hilfe des spezifischen Methodenansatz und der beispielhaften Implementierung werden viele wichtige Ergebnisse und Problemansätze aufgedeckt, die eine softwaretechnische Implementierung der Vergleichsmethode unterstützen. Wichtiger als die Vorgehensweise sind die Testergebnisse aus Abschnitt 3.6, da diese Potenziale und Verbesserungsmaßnahmen für weitere Forschungszwecke an der Methode zeigen. Es muss daher an einer Optimierung der getesteten Methodenschritte angesetzt werden, bevor eine Umsetzung in ein Programm erfolgen kann. Dazu werden weitere Testphasen in Form einer Implementierung erforderlich.

Literaturverzeichnis

Beitrag

- [Cho07] Choi, Key-Sun: IT Ontology and Semantic Technology. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Natural Language Processing and Knowledge Engineering*. Internationale Konferenz, 2007, S. 14–15
- [ERS09] Ebrahimipour, V.; Rezaie, K.; Shokravi, S.: An ontology approach to support FMEA studies. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Reliability and Maintainability Symposium*. Symposium, 2009, S. 407–411
- [LPK07] Lian, Peng; Park, Dae-Won; Kwon, Hyuk-Chul: Design of Logistics Ontology for Semantic Representing of Situation in Logistics. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Design of Logistics Ontology for Semantic Representing of Situation in Logistics*. 2. Aufl., 2007, S. 432–437
- [YL09] Yang, Feng; Liu, Lei: A Cooperative Framework for Effective Ontology Matching. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Information Engineering and Computer Science*. Internationale Konferenz, 2009, S. 1–4
- [YZ09] Yao, Zhong; Zhang, Quan: Protégé-Based Ontology Knowledge Representation for MIS Courses. In: IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Web Information Systems and Mining*. Internationale Konferenz, 2009, S. 787–791

Buch

- [Abe02] Abecker, Andreas: *Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement: Effektive Wissensnutzung bei der Planung und Umsetzung von Geschäftsprozessen*. Berlin: Springer, 2002. – ISBN 3540429700
- [Abe07] Aberer, Karl: *The Semantic Web: Proceedings*. Berlin: Springer, 2007. – ISBN 978-3-540-33993-9
- [AD08] Aksoy, Pelin; DeNardis, Laura: *Information technology in theory*. Boston: Thomson Course Technology, 2008. – ISBN 1423901401
- [AH10] Arlbjørn, Jan Stentoft; Haug, Anders: *Business process optimization*. Århus: Academica, 2010. – ISBN 9788776758141
- [Bal08] Balmain, David: *Ferret*. 1. Aufl. Sebastopol, Calif: O'Reilly Media, 2008. – ISBN 0596519400
- [BKS⁺11] Barthélemy, Frank; Knöll, Heinz-Dieter; Salfeld, André; Schulz-Sacharow, Christoph; Vögele, Dorothee: *Balanced Scorecard: Erfolgreiche IT-Auswahl, Einführung und Anwendung: Unternehmen berichten*. 1. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2011 (IT-Management und -Anwendungen Praxis). – ISBN 3834806862
- [Bec99] Becker, Jörg: *Referenzmodellierung: State of the art und Entwicklungsperspektiven*. Heidelberg: Physica-Verlag, 1999. – ISBN 3790811491

- [Bec08] Becker, Torsten: *Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008. – ISBN 3540775560
- [BKK09] Behrendt, Ingo; König, Hans-Joachim; Krystek, Ulrich: *Zukunftsorientierter Wandel im Krankenhausmanagement: Outsourcing, IT-Nutzenpotenziale, Kooperationsformen, Changemanagement*. Dordrecht, New York: Springer, 2009. – ISBN 3642009344
- [Ber00] Berentzen, Christian: *Supply-chain-Management: Logistik plus?: Logistikkette - Marketingkette - Finanzkette*. Berlin: Erich Schmidt, 2000 (Fachtagung der Deutschen Gesellschaft für Logistik 15). – ISBN 3503058893
- [BKH⁺12] Bielitza, Michael; Klümpel, Christoph; Hinz, Pascal; Holtz, Martin; Steiling, André: *TYPO3-Handbuch für Redakteure*. 3. Aufl. Köln: O'Reilly Media, 2012. – ISBN 3868991174
- [Bod06] Bodendorf, Freimut: *Daten- und Wissensmanagement*. 2. Aufl. Berlin: Springer, 2006 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 3540287434
- [Bre05] Bremer, Manuel Eugen: *Philosophische Semantik*. Berlin: De Gruyter, 2005 (Logos). – ISBN 3110324180
- [BG00] Burchert, Heiko; Glöckner, Peter-Michael: *Logistik: Aufgaben und Lösungen*. München: Oldenbourg, 2000 (Studien- und Übungsbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften). – ISBN 3486254839
- [CEE⁺10] Carstensen, Kai-Uwe; Ebert, Christian; Ebert, Cornelia; Jekat, Susanne J.; Klambunde, Ralf; Langer, Hagen: *Computerlinguistik und Sprachtechnologie: Eine Einführung*. 3. Aufl. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010 (SpringerLink : Bücher). – ISBN 3827422248
- [Cor12] Cordts, Sönke: *Datenqualität in Datenbanken*. Heide: mana-Buch, 2012. – ISBN 3944330137
- [Cor01] Cormen, Thomas H.: *Introduction to algorithms*. 2. Aufl. Cambridge, Mass: MIT Press, 2001. – ISBN 0262032937
- [Cor10] Cormen, Thomas H.: *Algorithmen: eine Einführung*. 3. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg, 2010. – ISBN 3486590022
- [Dav93] Davenport, Thomas H.: *Process innovation: Reengineering work through information technology*. Boston (Mass.): Harvard business school, 1993. – ISBN 0875843662
- [Dic09] Dickmann, Philipp: *Schlanker Materialfluss mit Lean-production, Kanban und Innovationen*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009 (VDI-Buch). – ISBN 3540795146
- [Die08] Dietrich, Jens: *Nutzung von Modellierungssprachen und -methodologien standardisierter B2B-Architekturen für die Integration unternehmensinterner Geschäftsprozesse: Evaluierung des Einsatzes der UN/CEFACT Modeling Methodology (UMM) bei einer deutschen Kapitalanlagegesellschaft*. Berlin: GITO-Verl, 2008 (Reihe Enterprise architecture 7). – ISBN 3940019186
- [Dor13] Dorobek, Sandra: *Public Supply Chain Management: Steuerung öffentlicher Wertschöpfungsketten nach privatwirtschaftlichem Vorbild*. Dordrecht: Springer, 2013. – ISBN 3658024690
- [Dra10] Draheim, Dirk: *Business process technology: A unified view on business processes, workflows and enterprise applications*. Heidelberg, New York: Springer, 2010. – ISBN 3642015883
- [Dub04] Dubois, Paul: *MySQL 4: Konfiguration, Administration und Entwicklung*. München: Markt-und-Technik-Verl., 2004. – ISBN 3827267889

- [DHS12] Duda, Richard O.; Hart, Peter E.; Stork, David G.: *Pattern Classification*. 2. Aufl. Hoboken: Wiley, 2012. – ISBN 978-1-118-58600-6
- [El 10] El Jerroudi, Zoulfa: *Eine interaktive Vorgehensweise für den Vergleich und die Integration von Ontologien*. Lohmar: Eul, 2010 (Schriften zu Kooperations- und Mediensystemen 25). – ISBN 3899369165
- [Els11] Elsen, Hilke: *Neologismen: Formen und Funktionen neuer Wörter in verschiedenen Varietäten des Deutschen*. 2. Aufl. Tübingen: Narr, 2011 (Tübinger Beiträge zur Linguistik 477). – ISBN 3823366467
- [ENL12] Enge, Eric; Nitz, Eike; Lichtenberg, Kathrin: *Die Kunst des SEO: Strategie und Praxis erfolgreicher Suchmaschinenoptimierung*. 2. Aufl. Köln: O'Reilly Verlag, 2012. – ISBN 3868993762
- [EFM01] Erridge, Andrew; Fee, Ruth; McIlroy, John: *Best practice procurement: Public and private sector perspectives*. Aldershot, Hampshire, England, Burlington, VT: Gower, 2001. – ISBN 0566083663
- [EH09] Eyer, Eckhard; Haussmann, Thomas: *Zielvereinbarung und variable Vergütung: Ein praktischer Leitfaden - nicht nur für Führungskräfte*. 4. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2009. – ISBN 383491634X
- [FFO06] Fischer, Herbert; Fleischmann, Albert; Obermeier, Stefan: *Geschäftsprozesse realisieren: Ein praxisorientierter Leitfaden von der Strategie bis zur Implementierung*. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006 (Aus dem Bereich IT erfolgreich nutzen). – ISBN 3834890057
- [FK07] Fortmann, Klaus-Michael; Kallweit, Angela: *Logistik*. 2. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer, 2007. – ISBN 3170198327
- [Fre92] Freichel, Stephan L. K.: *Organisation von Logistikservice-Netzwerken: Theoretische Konzeption und empirische Fallstudien*. Berlin: E. Schmidt, 1992 (Unternehmensführung und Logistik 4). – ISBN 3503033874
- [Fuc08] Fuchs, Florian: *Semantische Modellierung und Reasoning für Kontextinformationen in Infrastrukturnetzen*. 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier, 2008. – ISBN 3867277982
- [FB06] Funke, Joachim; Bengel, Jürgen: *Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition*. Göttingen: Hogrefe, 2006 (Handbuch der Psychologie 5). – ISBN 3840918464
- [GDD06] Gašević, Dragan; Djurić, Dragan; Devedzic, Vladan: *Model Driven Architecture and Ontology Development*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006. – ISBN 3540321829
- [GDD09] Gašević, Dragan; Djurić, Dragan; Devedzic, Vladan: *Model driven engineering and ontology development*. 2. Aufl. Dordrecht, New York: Springer, 2009. – ISBN 364200282X
- [Geb07] Gebhardt, Andreas: *Entscheidung zum Outsourcing von Logistikleistungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2007. – ISBN 3835090763
- [Gie10] Giessmann, Marco: *Komplexitätsmanagement in der Logistik: Kausalanalytische Untersuchung zum Einfluss der Beschaffungskomplexität auf den Logistik-erfolg*. 1. Aufl. Lohmar, Köln: Eul, 2010. – ISBN 3899369645
- [Gin02] Ginzler, Jens: *Funkenerosives Senken mit Neuro-Fuzzy Prozessführung und Fehlentladungsbehandlung unter Berücksichtigung der Bahn- und Planetärerrosion*. München: H. Utz, 2002 (Fertigungstechnik). – ISBN 3831601534

- [Goh07] Gohout, Wolfgang: *Mathematik für Wirtschaft und Technik*. München, Wien: Oldenbourg, 2007 (Lehrbuch). – ISBN 3486585010
- [Gol08] Goldscheid, Christian: *Ermittlung der Wirbelsäulenbelastung in manuellen Kommissioniersystemen*. Aachen: Shaker, 2008 (Schriftenreihe Industrial Engineering 1). – ISBN 9783832274399
- [GB09] Göpfert, Ingrid; Braun, David: *Internationale Logistik: In und zwischen unterschiedlichen Weltregionen*. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2009. – ISBN 3834989061
- [Gud73] Gudehus, Timm: *Grundlagen der Kommissioniertechnik*: Girardet, 1973
- [Gud11] Gudehus, Timm: *Logistik: Grundlagen - Strategien - Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011 (SpringerLink : Bücher). – ISBN 354089389X
- [GS09] Gulati, Ramesh; Smith, Ricky: *Maintenance and reliability best practices*. New York, N.Y: Industrial Press, 2009. – ISBN 0831133112
- [GT05] Günther, H. O.; Tempelmeier, H.: *Produktion und Logistik*: Springer, 2005. – ISBN 9783540232469
- [GT12] Günther, Hans-Otto; Tempelmeier, Horst: *Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 3642251641
- [GAV08] Gupta, Prabhakar; Agarwal, Vineet; Varshney, Manish: *Design and Analysis of Algorithms*. 2. Aufl. New Delhi: PHI Learning, 2008. – ISBN 9788120334212
- [Gus97] Gusfield, Dan: *Algorithms on strings, trees, and sequences: Computer science and computational biology*. Cambridge [England], New York: Cambridge University Press, 1997. – ISBN 0521585198
- [Häb12] Häberlein, Tobias: *Praktische Algorithmik mit Python*. München: Oldenbourg, 2012. – ISBN 3486713906
- [Had] Hadlich, Nancy: *Analyse evidenter Anglizismen in Psychiatrie und Logistik* (Forum für Fachsprachen-Forschung 85). – ISBN 9783865963802
- [Hag10] Hage, Jennifer: *Anwendungsvoraussetzungen, Gestaltungsempfehlungen und Potenziale des Strategieeinsatzes in der Kommissionierung*. 1. Aufl. München [u.a.]: GRIN Verlag, 2010. – ISBN 3640655400
- [Hei10] Heid, Ulrich: *Lexicographica 2010: International Annual for Lexicography*: De Gruyter, 2010. – ISBN 3110223228
- [Hel09] Helmus, Manfred: *RFID in der Baulogistik*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2009. – ISBN 3834893196
- [HBD*00] Hering, Ekbert; Bihler, Oswin; Dyllong, Ulrich; Gutekunst, Jürgen: *Handbuch der praktischen und technischen Informatik*. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2000. – ISBN 3540676260
- [Her02] Herold, Helmut: *C-Kompaktreferenz*. München, Boston [u.a.]: Addison-Wesley, 2002 (Professionelle Programmierung). – ISBN 3827319846
- [Hie95] Hiersig, Heinz M.: *VDI-Lexikon Maschinenbau*. Düsseldorf: VDI-Verl., 1995. – ISBN 3540621334
- [Hom00] Homburg, Christian: *Quantitative Betriebswirtschaftslehre: Entscheidungsunterstützung durch Modelle ; mit Beispielen, Übungsaufgaben und Lösungen*. 3. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2000 (Gabler-Lehrbuch). – ISBN 3409334173

- [HBS11] Hompel, Michael ten; Beck, Maria; Sadowsky, Volker: *Kommissionierung: Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*. Berlin [u.a.]: Springer, 2011 (VDI-Buch). – ISBN 3540296220
- [HSN07] Hompel, Michael ten; Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars: *Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik; mit 36 Tabellen*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2007 (Intralogistik). – ISBN 978-3-540-73235-8
- [Jet07] Jetzke, Siegfried: *Grundlagen der modernen Logistik: Methoden und Lösungen*. München: Carl Hanser Verlag, 2007. – ISBN 3-446-40459-7
- [JS00] Jünemann, Reinhardt; Schmidt, Thorsten: *Materialflußsysteme: Systemtechnische Grundlagen ; mit 36 Tabellen*. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2000 (Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungen). – ISBN 3540650768
- [JS00] Jünemann, R.; Schmidt, T.: *Materialflusssysteme*: Springer, 2000. – ISBN 9783642722257
- [KNH01] Kaplan, Robert S.; Norton, David P.; Horváth, Péter: *Die strategiefokussierte Organisation: Führen mit der balanced scorecard*. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2001. – ISBN 9783791018027
- [Kas98] Kasilingam, Raja G.: *Logistics and transportation: Design and planning*. Dordrecht, London: Kluwer Academic, 1998. – ISBN 0412802902
- [Kaß11] Kaßmann, Monika: *Grundlagen der Verpackung: Leitfaden für die fächerübergreifende Verpackungsausbildung*. 1. Aufl. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2011 (Beuth Studium). – ISBN 3410204938
- [Ker10] Kerzner, Harold R.: *Project Management: Best Practices; Achieving Global Excellence*. 2. Aufl. Weinheim: Wiley, 2010. – ISBN 047052829X
- [KW04] Kessler, Heinrich; Winkelhofer, Georg A.: *Projektmanagement: Leitfaden zur Steuerung und Führung von Projekten ; mit 42 Tabellen*. 4. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio: Springer, 2004. – ISBN 354020444X
- [KK12] Keuschen, Thomas; Klumpp, Matthias: *Weiterbildungshandbuch Grüne Logistik*. Berlin: Logos-Verlag, 2012 (Dienstleistungsmanagement in Theorie und Praxis 9). – ISBN 3832531769
- [Kla09] Klahold, André: *Empfehlungssysteme: Recommender systems - Grundlagen, Konzepte und Systeme*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2009 (Studium). – ISBN 3834805688
- [Kla12] Klaus, Peter: *Gabler-Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse*. 5. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2012. – ISBN 3834971723
- [KP04] Klocke, Fritz; Pritschow, Günter: *Autonome Produktion*. Berlin [u.a.]: Springer, 2004 (Engineering online library). – ISBN 3540005188
- [Klu10] Klug, Florian: *Logistikmanagement in der Automobilindustrie: Grundlagen der Logistik im Automobilbau*. Heidelberg [u.a.]: Springer, 2010 (VDI). – ISBN 3642052932
- [Koc07] Koch, Daniel: *Suchmaschinen-Optimierung: Website-Marketing für Entwickler*. München: Addison-Wesley, 2007 (Programmer's choice). – ISBN 3827324696
- [Koc12] Koch, Susanne: *Logistik: Eine Einführung in Ökonomie und Nachhaltigkeit*. Berlin: Springer Vieweg, 2012. – ISBN 978-3-642-15288-7
- [KN11] Kofler, Michael; Nebelo, Ralf: *Excel programmieren: Anwendungen entwickeln und Abläufe automatisieren mit Excel 2010 und 2007*. 1. Aufl. München, Boston [u.a.]: Addison-Wesley, 2011 (Programmer's choice). – ISBN 3827329736

- [Kol09] Kolditz, Jan: *Fachkonzeption für selbststeuernde logistische Prozesse*. Berlin: Gito, 2009 (Schriftenreihe: Informationstechnische Systeme und Organisation von Produktion und Logistik 10). – ISBN 3940019704
- [KZ04] Kopacek, Peter; Zauner, Martin: *Leitfaden der technischen Informatik und Kommunikationstechnik*. Wien [u.a.]: Springer, 2004 (SpringerTechnik). – ISBN 3211007652
- [Kos07] Koschmider, Agnes: *Ähnlichkeitsbasierte Modellierungsunterstützung für Geschäftsprozesse*. Karlsruhe: Univ.-Verl. Karlsruhe, 2007. – ISBN 3866441886
- [KM02] Kowalski, Gerald J.; Maybury, Mark T.: *Information Storage and Retrieval Systems: Theory and Implementation*. Second edition. Boston, MA: Springer US, 2002 (The Information Retrieval Series 8). – ISBN 0792379241
- [Kra13] Kraft, Jannes: *Die Fuzzy-Logik in der Mehrzielentscheidung*. Hamburg: Bachelor + Master Publish, 2013. – ISBN 3955493873
- [Kra07] Krause, Oliver: *Performance Management*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2007. – ISBN 3835091913
- [KSS13] Kuhlen, Rainer; Semar, Wolfgang; Strauch, Dietmar: *Grundlagen der praktischen Information und Dokumentation: Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und -praxis*. 6. Aufl. Berlin: De Gruyter, 2013. – ISBN 3110258269
- [KGJ09] Kummer, Sebastian; Grün, Oskar; Jammernegg, Werner: *Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik*. 2. Aufl. München [u.a.]: Pearson Studium, 2009 (Wi - Wirtschaft). – ISBN 3827373514
- [Küt06] Kütz, Martin: *IT-Steuerung mit Kennzahlensystemen*. 1. Aufl. Heidelberg: Dpunkt-Verl., 2006. – ISBN 3898643980
- [Lac10] Lackmann, Julia: *Die Auswirkungen der Nachhaltigkeitsberichterstattung auf den Kapitalmarkt*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2010. – ISBN 3834986321
- [Lan12] Lang, Hans-Werner: *Algorithmen in Java: Sortieren, Textsuche, Codierung, Kryptografie*. 3. Aufl. München: Oldenbourg, 2012. – ISBN 3486714066
- [Löb03] Löbner, Sebastian: *Semantik: Eine Einführung*. Berlin: Walter de Gruyter, 2003. – ISBN 3110156741
- [Lüd88] Lüdtker, Jens: *Energeia und Ergon*. Tübingen: Narr, 1988 (Tübinger Beiträge zur Linguistik 300). – ISBN 3878083009
- [MMS06] Maas, Gerd; Matyas, Kurt; Stütz, Wolfgang: *Analyse alternativer Palettensysteme: Ergebnisse des Forschungsvorhabens SIMPAL - Simulation alternativer Palettensysteme zur Auswahl betriebs- und volkswirtschaftlich effizienter Lösungen*. Norderstedt: Books on Demand GmbH, 2006. – ISBN 3833452358
- [Mar03] Marunde, Gerald: *Analyse von Methoden zur Suche in Portalplattformen und deren technische Integration am Beispiel der Portalplattform Up2gate.com™*. 1. Aufl. Hamburg: Diplomica, 2003. – ISBN 3832466584
- [MS12] Mathar, Hans-Joachim; Scheuring, Johannes: *Unternehmenslogistik: Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten*. 2. Aufl. Zürich: Compendio Bildungsmedien, 2012 (Compendio Bildungsmedien. Betriebswirtschaftslehre). – ISBN 3715596384
- [Mei09] Meier, Andreas: *eDemocracy & eGovernment: Entwicklungsstufen einer demokratischen Wissensgesellschaft*. Berlin: Springer, 2009. – ISBN 3642001297

- [Men99] Menk, Jochen: *Beitrag zur Planung qualitätsfähiger Kommissioniersysteme: Ein humanorientierter Ansatz*. Dortmund: Praxiswissen, 1999 (Betriebsmanagement). – ISBN 3932775325
- [MS12] Merkel, Torsten; Schmauder, Martin: *Ergonomisch und normgerecht konstruieren*. 1. Aufl. Berlin [u.a.]: Beuth, 2012 (Praxis). – ISBN 3410207996
- [Mer03] Merkl, Reiner: *Bioinformatik interaktiv: Algorithmen und Praxis*. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. – ISBN 3527306625
- [Mic02] Michels, Kai: *Fuzzy-Regelung: Grundlagen, Entwurf, Analyse ; mit 9 Tabellen*. Berlin [u.a.]: Springer, 2002 (Springer-Lehrbuch). – ISBN 3540435484
- [MW09] Möhrle, Martin G.; Walter, Lothar: *Patentierung von Geschäftsprozessen: Monitoring, Strategien, Schutz*. Berlin, New York: Springer-Verlag, 2009 (VDI-Buch). – ISBN 3642011268
- [MSS10] Moritz, Thorsten; Steffens, Hans-Jürgen; Steffens, Petra: *Prüfungstrainer Informatik: 500 Fragen und Antworten für das Bachelor-Studium*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2010 (SpringerLink : Bücher). – ISBN 3827425670
- [Muk10] Mukherjee, P. N.: *Total quality management*. Eastern economy ed. New Delhi: PHI Learning, 2010. – ISBN 8120330560
- [Mül11] Müller, Jens: *Strukturbasierte Verifikation von BPMN-Modellen*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, 2011 (SpringerLink : Bücher). – ISBN 3834881627
- [Mül12] Müller-Thurau, Claus Peter: *Erfolgreich bewerben in Einkauf, Spedition und Logistik: [Tools und Muster auf CD-ROM]*. 1. Aufl. Freiburg, Br., Plannegg/München: Haufe-Lexware, 2012 (Haufe-Ratgeber plus). – ISBN 3648025368
- [Nah06] Nahrstedt, Harald: *Algorithmen für Ingenieure - realisiert mit Visual Basic: Eine anwendungsorientierte Einführung - Problemanalyse und Lösungsweg anhand konkreter Beispiele*. Wiesbaden: Friedr. Vieweg & Sohn Verlag/GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2006. – ISBN 3834890804
- [NH10] Naumann, Felix; Herschel, Melanie: *An introduction to duplicate detection*. San Rafael, Calif.: Morgan & Claypool Publishers, 2010 (Synthesis lectures on data management 3). – ISBN 9781608452200
- [Nie04] Niegemann, Helmut M.: *Kompendium E-Learning*. Berlin, New York: Springer, 2004 (X.media.press). – ISBN 3540438165
- [Pel06] Pellegrini, Tassilo: *Semantic Web: Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft*. Berlin, Heidelberg [u.a.]: Springer, 2006 (X.media.press). – ISBN 3540293248
- [PB06] Pellegrini, Tassilo; Blumauer, Andreas: *Semantic Web: Wege zur vernetzten Wissensgesellschaft*. 1. Aufl. Berlin: Springer, 2006 (X.media.press). – ISBN 3540293256
- [Pes10] Pescholl, Andreas: *Adaptive Entwicklung eines Referenzmodells für die Geschäftsprozessunterstützung im technischen Großhandel*. Zugl.: Magdeburg, Univ., Diss., 2010. 1. Aufl. München: GRIN-Verl, 2010. – ISBN 3640797906
- [Pfo04] Pfohl, Hans-Christian: *Logistikmanagement: Konzeption und Funktionen*. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer, 2004. – ISBN 3540004688
- [Pla06] Planitzer, H.: *Ablauforganisation im Warenverteilzentrum - Neuplanung unter besonderer Berücksichtigung der Kommissionierung*: GRIN Verlag, 2006. – ISBN 9783638453233

- [PD08] Pomberger, Gustav; Dobler, Heinz: *Algorithmen und Datenstrukturen: Eine systematische Einführung in die Programmierung*. München, Boston, Mass. [u.a.]: Pearson Studium, 2008 (Informatik). – ISBN 3827372682
- [PS09] Pulverich, Michael; Schietinger, Jörg: *Handbuch Kommissionierung: Effizient picken und packen*. 1. Aufl. München: Vogel, 2009. – ISBN 3574260946
- [Ray01] Raybourn, Cynthia: *Benchmarking: A Guide for Your Journey to Best-Practice Processes*. Houston: American Productivity & Quality Center, Jan. 2001 (Passport to Success Ser). – ISBN 1928593240
- [Rei02] Reischer, Jürgen: *Die Sprache: Ein Phänomen und seine Erforschung*. Berlin: De Gruyter, 2002 (De Gruyter Studienbuch). – ISBN 3110173492
- [Ren07] Rennemann, Thomas: *Logistische Lieferantenauswahl in globalen Produktionsnetzwerken*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2007 (Gabler Edition Wissenschaft). – ISBN 3835096443
- [Ros06] Rosenkranz, Friedrich: *Geschäftsprozesse: Modell- und computergestützte Planung*. 2. Aufl. Berlin: Springer, 2006. – ISBN 9783540283430
- [RB13] Rummler, Geary A.; Brache, Alan P.: *Improving performance: How to manage the white space on the organization chart*. 3. Aufl. San Francisco: Jossey-Bass, 2013. – ISBN 1118239024
- [SSH10] Saake, Gunter; Sattler, Kai-Uwe; Heuer, Andreas: *Datenbanken: Konzepte und Sprachen*. 4. Aufl. Heidelberg: Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm, 2010 (Mitp Professional). – ISBN 3826684850
- [Sch04] Schantin, Dietmar: *Makromodellierung von Geschäftsprozessen: Kundenorientierte Prozessgestaltung durch Segmentierung und Kaskadierung*. 1. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2004 (Gabler Edition Wissenschaft). – ISBN 3824479885
- [Sch12] Schiel, Andreas: *Risikobeurteilung von Bilanzmanipulationen: Eine empirische Analyse*. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2012 (Gabler Research: Auditing and accounting studies). – ISBN 3834935352
- [SJ13] Schmidtke, Heinz; Jastrzebska-Fraczek, Iwona: *Ergonomie: Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen*. München: Carl Hanser Verlag, 2013. – ISBN 978-3-446-43480-6
- [SK11] Schön, Sandra; Kurz, Thomas: *Smarte Annotationen: Ein Beitrag zur Evaluation von Empfehlungen für Annotationen*. Salzburg: Salzburg Research, 2011 (4). – ISBN 978-3-902448-31-6
- [Sch13] Schulte, Christof: *Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain*. 6. Aufl. München: Franz Vahlen, 2013 (Vahlens Handbücher der Wirtschafts- und Sozialwissenschaften). – ISBN 3800639963
- [Sch07] Schulz, Dirk Oliver: *Entwicklung optimaler Synchronisationsschutzmechanismen für stark vermaschte synchrone Telekommunikationsnetze mit heterogenen Leitungsqualitäten*. 1. Aufl. Göttingen: Cuvillier, 2007. – ISBN 3867272689
- [Sch12] Schuster, Thomas: *Modellierung, Integration und Analyse von Ressourcen in Geschäftsprozessen*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2012. – ISBN 3866448899
- [SC04] Schwarz, Monika; Chur, Jeannette: *Semantik: Ein Arbeitsbuch*. 4. Aufl. Tübingen: Gunter Narr, 2004 (Narr Studienbücher). – ISBN 382336085X
- [Sed98] Sedgewick, Robert: *Algorithmen in C*. 1. Aufl. Bonn [u.a.]: Addison-Wesley, 1998. – ISBN 3893193766

- [See10] Seeck, Stephan: *Erfolgsfaktor Logistik: Klassische Fehler erkennen und vermeiden*. Wiesbaden: Gabler Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2010. – ISBN 3834989843
- [Sie09] Siehr, Karl-Heinz: *Sprachwandel und Entwicklungstendenzen als Themen im Deutschunterricht: Fachliche Grundlagen - Unterrichts Anregungen - Unterrichtsmaterialien*. Potsdam: Universitätsverlag Potsdam, 2009. – ISBN 3869560037
- [SVK03] Spengler, Thomas; Voss, Stefan; Kopfer, Herbert: *Logistik Management: Prozesse, Systeme, Ausbildung*. 2. Aufl. Würzburg [u.a.]: Physica-Verl., 2003 (Physica-Verlag). – ISBN 3790801216
- [SS09] Spreckelsen, Cord; Spitzer, Klaus: *Wissensbasen und Expertensysteme in der Medizin: KI-Ansätze zwischen klinischer Entscheidungsunterstützung und medizinischem Wissensmanagement*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2009 (Medizinische Informatik). – ISBN 3834892947
- [SMJ96] Spur, Günter; Mertins, Kai; Jochem, R.: *Integrated enterprise modelling*. 1. Aufl. Berlin: Beuth Verlag GmbH, 1996 (Developments for the standardization of CIM). – ISBN 3410133100
- [SWM13] Stegmann, Michael; Werner, Julia; Müller, Heiko: *Sequenzmusteranalyse. Einführung in Theorie und Praxis*. Mering: Rainer Hampp Verlag, 2013 (Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden 5). – ISBN 386618929X
- [Ste05] Stelling, Johannes N.: *Kostenmanagement und Controlling*. 2. Aufl. München, Wien: Oldenbourg, 2005. – ISBN 3486577271
- [Sto10] Stolz, Carsten Dirk: *Erfolgsmessung Informationsorientierter Websites*. Nordstedt: Books on Demand, 2010. – ISBN 3837059359
- [Str04] Straube, Frank: *E-Logistik: Ganzheitliches Logistikmanagement*. Berlin: Springer, 2004. – ISBN 3540208690
- [TN09] Thomas, Oliver; Nüttgens, Markus: *Dienstleistungsmodellierung: Methoden, Werkzeuge und Branchenlösungen*. Berlin: Physica-Verlag, 2009. – ISBN 3790820989
- [Tuf11] Tuffery, Stephane: *Data mining and statistics for decision making*. Chichester, West Sussex, Hoboken, NJ: Wiley, 2011 (Wiley series in computational statistics). – ISBN 0470979283
- [Unb05] Unbehauen, Heinz: *Klassische Verfahren zur Analyse und Synthese linearer kontinuierlicher Regelsysteme, Fuzzy-Regelsysteme ; mit 25 Tabellen*. 13. Aufl. Braunschweig [u.a.]: Vieweg, 2005 (Regelungstechnik 1). – ISBN 3528213329
- [VK12] Vahrenkamp, Richard; Kotzab, Herbert: *Logistik: Management und Strategien*. 7. Aufl. München: Oldenbourg, R, 2012. – ISBN 3486705792
- [Wal08] Waldforst, Sebastian: *Die Wirkung von Zielen auf die Arbeitsleistung von Akteuren*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2008. – ISBN 383505502X
- [WB03] Warnecke, Hans-Jürgen; Bullinger, Hans-Jörg: *Kunststück Innovation: Praxisbeispiele aus der Fraunhofer-Gesellschaft*. Berlin: Springer, 2003 (Engineering online library). – ISBN 3540439870
- [Web08] Weber, Rainer: *Kanban-Einführung: Das effiziente, kundenorientierte Logistik- und Steuerungskonzept für Produktionsbetriebe*. 6. Aufl. Renningen: Expert-Verlag, 2008 (Kontakt & Studium 628). – ISBN 3816928609

- [Web12] Weber, Jürgen: *Logistikkostenrechnung: Kosten-, Leistungs- und Erlösinformationen zur erfolgsorientierten Steuerung der Logistik*. 3. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; Imprint: Springer, 2012. – ISBN 3642251730
- [Wei09] Weinberger, Gerald: *Entwicklung eines Verfahrens zur Identifikation von Spam-Mail mit künstlichen neuronalen Netzen*. 1. Aufl. Hamburg: Diplomica, 2009. – ISBN 383662754X
- [Wer07] Werth, Dirk: *Modellierung unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse: Modelle, Notationen und Vorgehen für prozessorientierte Unternehmensverbände*. 1. Aufl. Bremen, Hamburg: Salzwasser-Verlag, 2007 (Reihe: Bdvb-Award Geschäftsprozess- und Projektmanagement 2006/07 1). – ISBN 3867410739
- [Wie02] Wiendahl, Hans-Peter: *Erfolgsfaktor Logistikqualität: Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung*. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Tokio: Springer, 2002 (VDI-Buch). – ISBN 3540423621
- [Wie12] Wiendahl, Hans-Hermann: *Auftragsmanagement der industriellen Produktion: Grundlagen, Konfiguration, Einführung*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2012 (VDI-Buch). – ISBN 3642191495
- [Win08] Winter, Florian: *Logistik im Zwischenwerksverkehr: Eine systemorientierte Analyse*. Wiesbaden: Gabler, 2008 (Gabler Edition Wissenschaft. Spektrum wirtschaftswissenschaftliche Forschung). – ISBN 3834981249
- [Zai99] Zairi, Mohamed: *Best practice: Process innovation management*. Oxford, Boston: Butterworth-Heinemann, 1999. – ISBN 0750639539
- [ZZZ+95] Zeidler, Eberhard; Ziegler, D.; Ziegler, V.; Grosche, Günter; Semendjaev, Konstantin Adol'fovič; Bronštejn, Il'ja Nikolaevič: *Teubner-Taschenbuch der Mathematik*. Stuttgart: B.G. Teubner, 1995. – ISBN 3519210088
- [Zol06] Zollondz, Hans-Dieter: *Grundlagen Qualitätsmanagement: Einführung in Geschichte, Begriffe, Systeme und Konzepte*. 2. Aufl. München [u.a.]: Oldenbourg, 2006 (Edition Management). – ISBN 3486579649

Hochschulschrift

- [Wal11] Walch, Dennis: *Belastungsermittlung in der Kommissionierung vor dem Hintergrund einer alternsgerechten Arbeitsgestaltung der Intralogistik*. Dissertation. München, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik. Dissertation, 2011. – Aktualisierungsdatum: 2011

Internetdokument

- [AMS11] Axelsson, Karin; Melin, Ulf; Söderström, Fredrik: *Analyzing Best Practice and Critical Success Factors in a Health Information System Case: Are there any shortcuts to successful it implementation? Analyzing Best Practice and Critical Success Factors in a Health Information System Case.pdf*. – Aktualisierungsdatum: 2011 – Überprüfungsdatum 2013-12-14
- [Bar13] Bartscher, Thomas: *Gabler Wirtschaftslexikon: Ergonomische Arbeitsbedingungen* <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/122484/best-practice-v4.html> – Überprüfungsdatum 2013-11-14

- [Ber10] Bergman, Mike: *Listing of 185 Ontology Building Tools*
<http://www.mkbergman.com/904/listing-of-185-ontology-building-tools/> – Überprüfungsdatum 2014-01-27
- [Ber08] Berufsgenossenschaft Handel und Warendistribution (BGHW): *Hebehilfe für Kommissionierer* <http://www.bghw.de/praevention/praeventionspreis/best-practice-1/best-practice-2008/innovationen-in-der-praevention/aldi-sued-hebehilfe-fuer-kommissionierer> – Überprüfungsdatum 2013-11-20
- [Bie13] Biermann, Horst: *Arbeitsprozessanalyse - Kommissionierung: Kommissionierung (Informations- und Warenfluss)* <http://www.projekt-eloc.de/arbeitsprozessanalyse/seite-10> – Überprüfungsdatum 2013-12-04
- [Bre10] Breu, Leo: *Round-Table: Logistik hat Ergonomie-Nachholbedarf*
<http://www.materialfluss.de/lager-und-kommissioniertechnik/materialfluss-round-table-logistik-hat-ergonomie-nachholbedarf/> – Überprüfungsdatum 2013-11-22
- [Bub10] Bubeck, Uwe: *Maschinelles Lernen WS 09/10: Musterlösung Aufgabe 1, Blatt 8*
<http://www2.cs.uni-paderborn.de/cs/ag-klbue/de/courses/ws09/ml/blatt8-loes.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-27
- [Bun02] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: *Leitmerkmalmethode zur Beurteilung von Heben, Halten, Tragen* http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Heben-Halten-Tragen.pdf?__blob=publicationFile&v=3 – Überprüfungsdatum 2013-11-23
- [Bun11] Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: *Leitmerkmalmethode zur Erfassung von Belastungen bei manuellen Arbeitsprozessen*
http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Physische-Belastung/pdf/LMM-Manuelle-Arbeit-2.pdf?__blob=publicationFile&v=7 – Überprüfungsdatum 2013-11-23
- [CV05] Cilibrasi, Rudi; Vitanyi, Paul: *Automatic Meaning Discovery Using Google*
<http://homepages.cwi.nl/~paulv/papers/amdug.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-27
- [Cur13] Curtius, Marcus: *Beleglose Kommissionierung im Nonfood-Großvertrieb: Euro-Scanner* http://www.casio-b2b.com/mis//de/downloads/Case_Study_CASIO_DT-X8-SCHUM_EuroShops-GER.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-18
- [DS09] Dukino, Dipl.-Math.(FH) Claudia; Siepenkort, Dipl.-Logist. André: *Potenziale von RFID in der Kommissionierung: für kleine und mittlere Unternehmen*
<http://www.ebusiness-lotse-ruhr.de/sites/default/files/publikationen/rfid-potenziale-kommisionierung.pdf>. – Aktualisierungsdatum: 2013-11-22 – Überprüfungsdatum 2013-11-22
- [Ens06] Enslow, Beth: *Best Practices in International Logistics: How Top Companies Use Technology and Logistics Partners to Improve Performance*
http://www.dwmorgan.com/wp-content/uploads/2013/02/Aberdeen_2006BestPracticesReport.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-16
- [GEB08] GEBHARDT Food & Retail Solutions GmbH: *LogiMAT 2010 - EcoPick: manuelles Heben ohne Belastung* http://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/fachforen/fit-work_02_graichen.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-21
- [GL10] Gödert, Winfried; Lepsky, Prof. Dr. Klaus: *Automatisches Indexieren: Skript zum Laborpraktikum* <http://ixtrieve.fh-koeln.de/kram/atmidx-1-2.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-26

- [GG10] Guarino, Nicola; Giaretta, Pierdaniele: *Ontologies and Knowledge Bases: Towards a Terminological Clarification* <http://www.loa.istc.cnr.it/old/Papers/KBKS95.pdf> – Überprüfungsdatum 2013-12-10
- [HSP13] Harris, Steve; Seaborne, Andy; Prud'hommeaux, Eric: *SPARQL 1.1 Query Language* <http://www.w3.org/TR/2013/REC-sparql11-query-20130321/> – Überprüfungsdatum 2014-01-28
- [Har12] Hartung, Michael: *Ontologie-Management: Kapitel 4: Erstellung von Ontologien* http://dbs.uni-leipzig.de/file/OnMa_WS12-13_Kap4.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-27
- [HLL05] Heptner, Klaus; Lindemann, Friedhelm; Lischka, Jürgen: *Operative Logistik-kennzahlen von Wareneingang bis Versand* http://www.logistik-heute.de/sites/default/files/logistik-heute/fachforen/lm05_kennzahlen_2.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-23
- [Hof13] Hoff, Joachim: *Natural Language Processing, Sentimentanalyse* <http://www.ecs.hs-osnabrueck.de/44188.html> – Überprüfungsdatum 2014-02-24
- [HSB12] Hoxha, Julia; Scheuermann, Andreas; Bloehdorn, Stephan: *An Approach to Formal and Semantic Representation of Logistics Services* http://www.researchgate.net/publication/228398782_An_Approach_to_Formal_and_Semantic_Representation_of_Logistics_Services/file/9fcfd510bfd431c931.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-26
- [Hua09] Huang, Anna: *Similarity Measures for Text Document Clustering* http://www.milanmirkovic.com/wp-content/uploads/2012/10/pg049_Similarity_Measures_for_Text_Document_Clustering.pdf – Überprüfungsdatum 2014-02-27
- [Joh06] John, Michael: *Semantische Technologien in der betrieblichen Anwendung: Ergebnisse einer Anwenderstudie* <http://www.rolotec.ch/blog/archives/SemantischeTechnologien.pdf> – Überprüfungsdatum 2013-11-25
- [Klu13] Kluth, Martin: *Semantisches Benchmarking von Geschäftsprozessen* <http://www.gbv.de/dms/zbw/767186133.pdf> – Überprüfungsdatum 2013-12-10
- [Kno12] Knothe, Thomas: *Facilitate IT-providing SMEs by Operation-related Models and Methods (FACIT-SME)* <http://www.facit-sme.eu/home/> – Überprüfungsdatum 2013-11-26
- [KP13] Kolb, Peter; Prochazkova, Petra: *DISCO: Semantische Ähnlichkeit zwischen Wörtern abfragen* <http://www.linguatools.de/disco/disco.html#download> – Überprüfungsdatum 2014-01-28
- [KQ13] Kowalski, Dipl.-Inf. Martin; Quink, B.Sc. Nikolaus: *Erstellung einer Ontologie zum Themenkomplex Verpackungen in der Logistik mithilfe des Ontologie-Editors Protégé* http://www.orgolo.wiwi.uni-due.de/uploads/tx_itochair3/publications/PB_16_Verpackungsontologie_final.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-26
- [Kun06] Kunze, Claudia: *Tokenisierung: Wortgrenzung und Satzsegmentierung* <http://www.cl.uni-heidelberg.de/courses/archiv/ws06/morph/Tokenisierung.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-24
- [Lep09] Lepsky, Klaus: *Methoden und Verfahren des Information Retrieval* <http://ixtrieve.fh-koeln.de/lehre/s-020-methoden-und-verfahren-des-information-retrieval-05.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-26

- [Mic14] Microsoft Corporation: *Excel - Analysieren: Neues in Excel* <http://office.microsoft.com/de-de/excel/> – Überprüfungsdatum 2014-01-24
- [MBC+13] Mikut, R.; Böhlmann, S.; Cuno, B.; Jäkel, J.; Kroll, A.; Rauschenbach, T.; Pfeiffer, B.-M.; Slawinsik, T.: *Fuzzy-Logik und Fuzzy Control: Begriffe und Definitionen* http://www.researchgate.net/publication/236893593_Fuzzy-Logik_und_Fuzzy_Control-Begriffe_und_Definitionen/file/3deec51e544ec391a8.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-25
- [Nak03] Nakov, Preslav: *Design and Evaluation of Inflectional Stemmer for Bulgarian* <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.59.2729&rep=rep1&type=pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-24
- [NM02] Noy, F. Natalya; McGuinness, L. Deborah: *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology* <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-01-26
- [OJ09] Ottens, Manfred; Jaouad, Samira: *Einführung in die Regelungstechnik mit Fuzzy-Logik: Skript zur Lehrveranstaltung* http://prof.beuth-hochschule.de/fileadmin/user/ottens/Skripte/Regelungstechnik_mit_Fuzzy-Logik.pdf.
- [Pro12] Protégé Community of Practice: *ProtegePluginsLibraryByType* <http://protege.cim3.net/cgi-bin/wiki.pl?ProtegePluginsLibraryByType#nid3TE>. – Aktualisierungsdatum: 2012-09-14 – Überprüfungsdatum 2014-01-28
- [Sac08] Sack, Harald: *Semantic Web: Vorlesung* http://www.hpi.uni-potsdam.de/fileadmin/hpi/FG_ITS/lecturenotes/Semantic_Web/sw0809-04.pdf – Überprüfungsdatum 2014-01-29
- [SH12] Scheuermann, Andreas; Hoxha, Julia: *Ontologies for Intelligent Provision of Logistics Services* http://www.thinkmind.org/download.php?articleid=iciw_2012_4_20_20101 – Überprüfungsdatum 2014-01-27
- [Sch05] Schneider, Gerold: *Morphologie, Lemmatisierung und Wortartenklassifikationen: Morphologieanalyse und Lexikonaufbau (1. Vorlesung)* http://www.cl.uni-heidelberg.de/courses/archiv/ws05/ecl/tutorium/Glossar_S42.pdf – Überprüfungsdatum 2014-02-26
- [Sch13] Schulz, Ursula: *Regelbasierte Verfahren: Ein einfacher Stemming-Algorithmus für die englische Morphologie* http://www.bui.haw-hamburg.de/pers/ulrike.sprece/astep/le4_step_4.html – Überprüfungsdatum 2014-02-25
- [Sei13] Seidel, Ludwig Michael: *Text Mining als Methode zur Wissensexploration: Konzepte, Vorgehensmodelle, Anwendungsmöglichkeiten* <http://www.wi.hs-wismar.de/~cleve/vorl/projects/da/13-Master-Seidel.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-24
- [Sha09] Sharma, Tarun: *Mit ergonomischen Arbeitsplätzen wirtschaftlicher in der Intralogistik kommissionieren* <http://www.logistic-ready.de/200906043700/3700-mit-ergonomischen-arbeitsplaetzen-wirtschaftlicher-in-der-intralogistik-kommissionieren.html> – Überprüfungsdatum 2013-11-22
- [Sie07] Siegmüller, Renate: *Verfahren der automatischen Indexierung in bibliotheksbezogenen Anwendungen* <http://www.ib.hu-berlin.de/~kumlau/handreichungen/h214/h214.pdf> – Überprüfungsdatum 2014-02-26

- [Sie14] Siepermann, Markus: *Syntax einer Programmiersprache*
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/syntax-einer-programmiersprache.html> – Überprüfungsdatum 2014-02-26
- [Tho06] Thomas, Oliver: *Das Referenzmodellverständnis in der Wirtschaftsinformatik: Historie, Literaturanalyse und Begriffsexplikation*
http://www.econbiz.de/archiv/sb/usb/iwi/referenzmodellverstaendnis_wirtschaftsinformatik_historie.pdf – Überprüfungsdatum 2013-12-17
- [Tho13] Thorleucher, Dirk: *Jaccard's Coefficient Comparator: Vergleich von Technologien und Projekten* <http://www.text-mining.info/tools.html> – Überprüfungsdatum 2014-02-27
- [UM96] Uschold, Mike; Michael, Gruninger: *Ontologies: Principles, Methods and Applications*
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.136.6109&rep=rep1&type=pdf>. – Aktualisierungsdatum: 1996 – Überprüfungsdatum 2013-12-30
- [WG09] Walch, Dipl.-Ing. Dennis; Günther, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A.: *Belastungsermittlung für Handhabungsprozesse in der operativen Logistik*
http://www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/Walch_Guentner_Belastungsermittlung%20f%C3%BCr%20Handhabungsprozesse%20in%20der%20operativen%20Logistik.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-21
- [WG11] Walch, Dipl.-Ing. Dennis; Günthner, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A.: *Gesundes Kommissionieren durch ergonomische Lagerfachbelegung*
http://www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/G%C3%BCnthner_Walch_gesundes%20Kommissionieren%20durch%20ergonomische%20Lagerfachbelegung.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-21
- [WS05] Weiner, Dr.-Ing. Uwe; Schröter, Dipl.-Ing. Oliver: *Effizient und rückenschonend kommissionieren* http://www.iws-kamp-lintfort.de/fileadmin/user_upload/pwg_dokumente/pwg_veroeffentlichung.pdf – Überprüfungsdatum 2013-11-23

Norm

- [DIN9000] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.: *Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe*, 2000
- [DIN33402-2] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.: *Ergonomie Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte*. Berlin, 2005
- [DIN14943] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.: *Transportdienstleistungen - Logistik*. Berlin, 2006
- [DIN33402-1] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.: *Ergonomie Körpermaße des Menschen - Teil 1: Begriffe, Messverfahren*. Berlin, 2008
- [DIN15504-2] DIN - Deutsches Institut für Normung e.V.: *Informationstechnik - Durchführung eines Assessments*. Berlin, 2011
- [VDI2520] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Einführung einer Unternehmenslogistik*. Berlin, 1990
- [VDI3657] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Ergonomische Gestaltung von Kommissionierarbeitsplätzen*. Berlin, 1993

- [VDI3590-1] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Kommissioniersysteme - Grundlagen*. Berlin, 1994
- [VDI3311] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Beleglose Kommissioniersysteme*. Berlin, 1998
- [VDI3600] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Prozesse und Prozessorientierung in der Produktionslogistik am Beispiel der Automobilindustrie*, 2001
- [VDI3590-2] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Kommissioniersysteme Systemfindung*. Berlin, 2002
- [VDI4490] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand*. Berlin, 2007
- [VDI2415] VDI - Verein Deutscher Ingenieure: *Handhabung von Paletten mit Flurförderzeugen*. Berlin, 2009

Tagungsband

- [IEE09] IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Hrsg.): *Reliability and Maintainability Symposium*. Symposium, 2009

Zeitschriftenaufsatz

- [BHL12] Badke-Schaub, Petra; Hofinger, Gesine; Lauche, Kristina: *Human Factors: Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen*. In: *Human factors* (2012).
- [Hes02] Hesse, Wolfgang: *Ontologie(n)*. In: *Informatik Spektrum* 2002 (2002), Band 25, Heft 6, S. 477–480.
- [KSS12] Köppen, Veit; Sattler, Kai-Uwe; Saake, Gunter: *Data Warehousing: Technische Grundlagen*. In: *Data Warehouse Technologien* (2012), Nr. 1.
- [RGG12] Rammelmeier, Tobias; Galka, Stefan; Günthner, Willibald A.: *Fehlervermeidung in der Kommissionierung: Error Prevention in Manual Order Picking*. In: *Logistics Journal Proceedings* (2012).
- [Run10] Runkler, Thomas A.: *Data Mining: Methoden und Algorithmen intelligenter Datenanalyse*. In: *Data Mining* (2010).

Zeitungsartikel

- [Bai08] Baier, Elisabeth: *Semantische Technologien in Wissensmanagementlösungen: Einsatzpotenziale für den Mittelstand*. In: *FAZIT Forschung* 2008 (2008), Nr. 13, S. 1–57
- [BJ10] Bennühr, Sven; Jungbluth, Volker: *Physio-Therapie für Lagerveteranen: Das Bewusstsein für Ergonomie wächst*. In: *LOG Kompass* 2010 (2010-05-05), Nr. 5, S. 24–26
- [Emh12] Emhimed, Salem Alatrish: *Comparison of Ontology Editors*. In: *eRAF Journal on Computing* 2012 (2012), Nr. 4, S. 23–38

- [Gru93] Gruber, Thomas R.: *Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing*. In: *International Journal Human-Computer Studies* 1993 (1993), Nr. 43, S. 907–928
- [HK12] Helmke, Björn; Kümmerlen, Robert: *Echte Knochenarbeit: Entlastungstechniken und -strategien*. In: *LOG Kompass* 2012 (2012-03-09), Nr. 3, S. 18–19
- [KK11] Keuschen, Thomas; Klumpp, Matthias: *Green Logistics: Qualifikation in der Logistikpraxis*. In: *ild Schriftenreihe Logistikforschung* (2011), Nr. 16
- [Pri10] Prieschenk, Helmut: *Kommissionierung: Ergonomie in der Logistik*. In: *Logistra* (2010), Nr. 7/8, S. 34–36

Abbildungsverzeichnis

| | |
|---|----|
| Abb. 1.1: Ziele der Arbeit | 3 |
| Abb. 2.1: Unternehmerische Prozesskette | 11 |
| Abb. 2.2: Wertschöpfungskette | 12 |
| Abb. 2.3: Logistische Unternehmensprozesse | 13 |
| Abb. 2.4: Logistischer Prozessverlauf | 14 |
| Abb. 2.5: Selektion logistischer Prozesse | 19 |
| Abb. 2.6: Beispiel zur Tokenisierung | 24 |
| Abb. 2.7: Beispielabfrage | 32 |
| Abb. 2.8: Beispiel zum Boyer-Moore Algorithmus | 34 |
| Abb. 3.1: Ordnungsklassen der Modellierung | 37 |
| Abb. 3.2: High-Level Prozesse | 40 |
| Abb. 3.3: Erweiterung der Teilprozesse | 43 |
| Abb. 3.4: Referenzmodell in MO ² GO | 47 |
| Abb. 3.5: Relationen des Referenzmodells | 49 |
| Abb. 3.6: Aufbau einer Ontologie | 52 |
| Abb. 3.7: Synonyme über DISCO | 53 |
| Abb. 3.8: Kollokationen über DISCO | 53 |
| Abb. 3.9: Muster-Ontologie zur Kommissionierung | 56 |
| Abb. 3.10: Relationen der Ontologie | 58 |
| Abb. 3.11: Bewertungskategorien des Regelwerks | 63 |
| Abb. 3.12: Aufbau der Bewertungsmethode des Regelwerks | 69 |
| Abb. 3.13: Auszug der Inputwerte | 70 |
| Abb. 3.14: Funktionsgleichung für den Parameter ABL (2) | 71 |
| Abb. 3.15: Fuzzifizierung des Parameters ABL (2) | 73 |
| Abb. 3.16: Regeln der Bewertungskategorie „Anordnung der Artikel“ | 74 |
| Abb. 3.17: Defuzzifizierung für das Unternehmensmodell A | 75 |
| Abb. 3.18: Singleton-Schwerpunktmethod der Defuzzifizierung | 75 |
| Abb. 3.19: Relationen des Regelwerks | 77 |
| Abb. 3.20: Spezifischer Methodenansatz | 79 |
| Abb. 3.21: Vorgänger-Nachfolger-Prozessbeziehung | 83 |
| Abb. 3.22: Schnittstellen der Methode | 84 |
| Abb. 3.23: Beispielhaftes Unternehmensmodell | 86 |
| Abb. 3.24: Levenshtein-Distanz in Visual Basic | 90 |
| Abb. 3.25: Instanzen zum „Kommissionierauftrag“ | 93 |
| Abb. 3.26: Aufbereitung und Matching der Unternehmensprozesse | 95 |

| | |
|--|-----|
| Abb. 3.27: Input des Unternehmen C (Implementierung) | 96 |
| Abb. 3.28: Auswertung der beispielhaften Implementierung | 97 |
| Abb. 4.1: Erfüllung der Ziele | 102 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tab. 3.1: Spezifische Bewertungsparameter | 66 |
| Tab. 3.2: Auszug der Textinhalte des Referenzmodells | 88 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------------|--|
| Abb. | Abbildung |
| Abk. | Abkürzung |
| AKL | Automatisches Kleinteilelager |
| bspw. | beispielsweise |
| bzw. | beziehungsweise |
| DIN | Deutsche Industrienorm |
| engl. | englisch |
| EPK | Ereignisgesteuerte Prozesskette |
| IBM | International Business Machines Corporation |
| IPK | Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik |
| IT | Informationstechnologie |
| IUM/IEM | Integrierten Unternehmensmodellierung/Integrated Enterprise Modeling |
| JIT | Just in time |
| KMU | Kleine und mittlere Unternehmen |
| KPI | Key Performance Indicator |
| LSA | Latent semantische Analyse |
| Max. | Maximum |
| Min. | Minimum |
| MO ² GO | Method for Object Oriented Business Process Optimization |
| OWL | Web Ontology Language |
| RDF | Resource Description Framework |
| S. | Seite |
| s.o. | siehe oben |
| SCM | Supply Chain Management |
| SPARQL | Simple Protocol and RDF query language (SPARQL) |
| SPICE | Software Process Improvement and Capability Determination |
| SQL | Structured Query Language (SQL) |
| Tab. | Tabelle |

| | |
|------|----------------------------------|
| TQM | Total Quality Management |
| VDI | Verein Deutscher Ingenieure |
| vgl. | vergleiche |
| WMS | Warehouse-Management-System |
| XML | Extensible Markup Language (XML) |
| z.B. | zum Beispiel |

Anhang

Folgende Dateien können der beiliegenden Compact Disc entnommen werden:

- MA_Kommissionierung.shx (MO²GO-Referenzmodell)
- MA_Unternehmensmodell.shx (MO²GO-Unternehmensmodell)
- MA_Referenmodell_Dokumentation.txt (Exportdatei des Referenzmodells)
- MA_Unternehmensmodell_Dokumentation.txt (Exportdatei des Unternehmensmodells)
- MA-Ontologie.owl (Muster-Ontologiemodell zur Kommissionierung)
- MA-Regelwerk.xlsm (Regelwerk zur Operationalisierung)