

FORSCHUNGSBERICHT

W.A. Günthner · O. Schneider

Methode zur einfachen Aufnahme und
intuitiven Visualisierung innerbetrieblicher
logistischer Prozesse

Forschungsbericht

der Forschungsstelle

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **16187 N**

***Methode zur einfachen Aufnahme und intuitiven Visualisierung innerbetrieblicher
logistischer Prozesse***

der AiF-Forschungsvereinigung

Bundesvereinigung Logistik e.V. (BVL)

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Herausgegeben von:

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. W. A. Günthner

fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Printed in Germany 2011

fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik

Technische Universität München

Boltzmannstr. 15

85748 Garching

Telefon: + 49.89.289.15921

Telefax: + 49.89.289.15922

www.fml.mw.tum.de

Zusammenfassung

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine Methode zur ganzheitlichen Aufnahme und Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse bei gleichzeitiger Betrachtung von Material-, Informationsfluss und eingesetzten Ressourcen entwickelt. Hierfür wurde zunächst auf Basis verschiedenartiger logistischer Prozesse der Forschungspartner sowie Auswertungen der Fachliteratur eine logistische Datenbasis geschaffen. Auch wurden in diesem Zusammenhang Ansätze zur Einteilung logistischer Prozesse analysiert und ein hierarchisches Prozessebenenmodell abgeleitet, das als Hilfestellung bei der Aufnahme und Darstellung von Prozessen dient.

Des Weiteren wurde ein umfangreiches Anforderungsprofil für eine ganzheitliche Prozessdarstellungsmethode erarbeitet, indem Methoden und Werkzeuge untersucht wurden. Dabei wurde ein Fragebogen erarbeitet, um von Prozessanalysten häufig angewandte Werkzeuge abzufragen und hinsichtlich Stärken und Schwächen grundsätzlich zu bewerten. Die Angaben wurden durch Aussagen der Fachliteratur ergänzt. Darauf aufbauend wurde ein hierarchischer, gewichteter Zielkriterienkatalog abgeleitet und die einzelnen Methoden zur Abbildung eines innerbetrieblichen Musterprozesses verwendet. Die Anwendbarkeit wurde anhand der Zielkriterien mittels eines analytisch hierarchischen Prozesses bewertet und Benchmarks abgeleitet.

Darauf aufbauend wurde eine neue, mehrstufige Prozessaufnahme- und Prozessdarstellungsmethode im Sinne der Ganzheitlichkeit entworfen, die insbesondere auch der immer weiter verbreiteten Anwendung von AutoID-Techniken gerecht wird. Hierzu wurden Ansätze aus der Wissenschaft zu einzelnen Rubriken der Methode aufgegriffen und erweitert. Das Ergebnis ist eine Methode, die den Material- und Informationsfluss zeitlich und logisch unter Anwendung einfacher Bausteine unter Berücksichtigung der eingesetzten Ressourcen miteinander verknüpft und bereits während der Prozessaufnahme Optimierungspotenziale aufzeigt. Diese können anhand einfacher Größen bewertet werden.

Die Methode wurde beim VDI als Vorschlag eingereicht. Eine detaillierte Erläuterung wurde daraufhin explizit gewünscht und erfolgt nach Fertigstellung des vorliegenden Projektberichts.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Wissenschaftlich-technische Problemstellung	1
1.2	Forschungsziel	2
1.2.1	Angestrebte Forschungsergebnisse	4
1.2.2	Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse	5
1.2.3	Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels	5
2	Stand der Wissenschaft und Technik	7
2.1	Begriffsklärung	7
2.2	Methoden und Werkzeuge der Prozessdarstellung	9
2.3	Standardvorgänge der Logistik	15
2.4	Techniken zur Verknüpfung von Material- und Informationsfluss	18
2.5	Forschungslücke	21
3	Grundlagen der Darstellung intralogistischer Prozesse	23
3.1	Datenbasis zur ganzheitlichen Darstellung intralogistischer Prozesse	23
3.1.1	Datenquellen für eine ganzheitliche intralogistische Datenbasis	25
3.1.2	Beschreibung des Materialflusses	25
3.1.3	Beschreibung des Informationsflusses	32
3.1.4	Beschreibung der eingesetzten Ressourcen	35
3.2	Prozessebenenmodell zur Gliederung intralogistischer Prozesse	39
4	Vergleich von Prozessdarstellungsmethoden als Entwicklungsgrundlage	43
4.1	Auswahl gängiger Prozessdarstellungsmethoden	43
4.2	Auswahl eines Bewertungsverfahrens	46
4.3	Anforderungen an eine ganzheitliche Prozessdarstellungsmethode	47
4.3.1	Gewichtete Anforderungen an die Prozessgestaltung	49
4.3.2	Gewichtete Anforderungen an das Prozessverständnis	50
4.3.3	Gewichtete Anforderungen an die Prozessleistung	51
4.3.4	Gewichtete Anforderungen an die Prozesslogik	52
4.3.5	Gewichteter Zielkriterienkatalog	52

4.4	Bewertung der Prozessdarstellungsmethoden	53
4.4.1	Logistischer Musterprozess	53
4.4.2	Stärken- und Schwächenanalyse einzelner Methoden	55
4.4.3	Zusammenfassung der Bewertung und Ableitung eines Benchmarks	67
5	Ausarbeitung einer neuen Prozessdarstellungsmethode	71
5.1	Grundlegende Elemente der Methode	71
5.1.1	Intralogistische Grundfunktionen des Materialflusses	74
5.1.2	Intralogistische Grundfunktionen des Informationsflusses	76
5.1.3	Attribute zur Beschreibung der Grundfunktionen	79
5.1.4	Definition und Darstellung möglicher Optimierungspotenziale	90
5.1.5	Weitere Bausteine	94
5.2	Vorgehensmodell zur Anwendung der Methode	95
5.2.1	Prozessskizze	96
5.2.2	Prozessaufnahmebogen	98
5.3	Darstellung intralogistischer Prozesse	99
5.3.1	Darstellung intralogistischer Standardvorgänge	101
5.3.2	Intralogistischer Prozess aus der Praxis	103
6	Evaluierung der Prozessdarstellungsmethode	107
6.1	Bewertung der Methode	107
6.2	Fazit der Bewertung	112
7	Zusammenfassung und Ausblick	113
7.1	Zusammenfassung	113
7.2	Ausblick	114
	Literaturverzeichnis	117
	Abbildungsverzeichnis	125
	Tabellenverzeichnis	127

1 Einleitung

1.1 Wissenschaftlich-technische Problemstellung

Die Aufgabe der Logistik, insbesondere der Intralogistik, ist die zeit- und mengenrichtige Versorgung der Produktion mit Material und Information, wodurch sie in den letzten Jahren immer mehr zu einem wettbewerbsbestimmenden Faktor geworden ist [Wil-05]. Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Komplexität und Vielfalt der Logistikprozesse sind jedoch immer schnellere Produkt- und Innovationszyklen zu beobachten, die die Logistikplanung vor die Herausforderung stellen, Prozesse in immer kürzerer Zeit anzupassen oder neu zu entwickeln [Gün-07b]. Die damit verbundene Datenbeschaffung für eine spätere Modellierung oder Simulation von Logistiksystemen ist jedoch mit etwa einem Drittel der Projektzeit sehr aufwändig. Erschwerend hinzu kommt die mangelnde Unterstützung bei der Aufnahme der relevanten Prozessinformationen in der richtigen Qualität und Detaillierung [Ber-07].

Von großer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die logische Verknüpfung zwischen dem Material- und zugehörigen Informationsfluss, die sich gegenseitig bedingen. Moderne Informations- und Kommunikationstechnologien wie bspw. der Barcode oder RFID ermöglichen diese Verknüpfung und somit Optimierungspotenziale für Logistikprozesse [Arn-04]. Insbesondere Letztere hält deshalb seit einiger Zeit verstärkt Einzug in der Intralogistik, wie eine Untersuchung an durchgeführten RFID-Projekten in der Metall- und Elektroindustrie belegt [Gün-11]. Jedoch stellt die Integration von RFID in bestehende Prozesse auf Grund der komplexen Systemeigenschaften (siehe auch Kapitel 2.4) eine große Hürde für die Unternehmen dar [Str-08], die sich nach Aussagen von RFID-Anbietern am besten durch die Analyse der Geschäftsprozesse überwinden lässt [Grü-07]. Dieser Tatsache muss bei der Prozessplanung in Form einer geeigneten Prozessdarstellung Rechnung getragen werden.

Aktuell existiert keine einheitliche, allgemein verständliche Methode, die eine ganzheitliche Prozessaufnahme unter Berücksichtigung von Material- und Informationsfluss sowie eingesetzter Technik ermöglicht. In der Regel fokussieren sie eine spätere Prozessmodellierung. Die damit einhergehende Komplexität und notwendige tiefen Methodenkenntnis sind für eine Prozessaufnahme, die ein zeiteffizientes, leicht verständliches Vorgehen voraussetzt, eher hinderlich. Zudem besteht die Gefahr

einer unvollständigen oder fehlerhaften Erfassung der IST-Situation, die zeit- und kostenintensive Iterationsschleifen nach sich zieht. Besonders für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), die nur über sehr begrenzte Kapazitäten verfügen, ist eine intuitive, verhältnismäßig aufwandsarme Prozessaufnahme daher von wirtschaftlicher Bedeutung.

Ein weiteres Problem besteht in der Spezialisierung der Methoden auf die Betrachtung konkreter Geschäftsbereiche oder des reinen Material- oder Informationsflusses. Eine ganzheitliche Prozessdarstellung setzt jedoch nicht nur die Abbildung des Material- und Informationsflusses sowie deren Verknüpfung voraus, sondern auch die dabei zum Einsatz kommenden Ressourcen, die für die Effizienz und den Wirkungsgrad der Logistik wesentlich sind. Darunter sind neben dem Personal sowohl klassische Betriebsmittel des Materialflusses bspw. für die Durchführung von Transportaufgaben, als auch Informationsflussressourcen für die Informationsverarbeitung und Identifizierung, wie sie bspw. die RFID-Technik ermöglicht, zu verstehen.

Auf Grund des Fehlens einer derartigen, ganzheitlichen Prozessaufnahmemethode werden insbesondere bei größeren Firmen zwar Methoden verwendet, allerdings sehr individuell und ohne Standardisierungsanspruch. Bei vielen KMU fehlt es nach Aussagen einiger Industriepartner sogar an individuellen Methoden. Die Prozessaufnahme erfolgt häufig in Abhängigkeit von der Erfahrung des Planers [Rei-10]. Um jedoch die Qualität der Prozessdaten sicher zu stellen und das für eine Prozessaufnahme und -darstellung zur Verfügung stehende Zeitfenster einzuhalten, muss die Methode unabhängig von der durchführenden Person, der Situation und zufälligen Zuständen des Untersuchungsobjekts sein [Eng-03]. Insbesondere KMU profitieren deshalb von einer standardisierten Aufnahmemethode.

Nur die ganzheitliche Prozessaufnahme unter Berücksichtigung von Material-, Informationsfluss und Ressourcen gewährleistet eine vollständige Datenbasis. Sie ist somit ein Kernelement der Logistikplanung und bildet die Basis für die Anpassung und Optimierung innerbetrieblicher Logistikprozesse. Eine Methode zur Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse muss diesem Umstand Rechnung tragen.

1.2 Forschungsziel

Im Rahmen des Forschungsprojekts wird eine ganzheitliche Methode zur Aufnahme und Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse entwickelt. Diese berücksichtigt

neben dem Material- auch den Informationsfluss und deren logische, bedingte Verknüpfung, da Informationsdefizite ein großes Problem für die Planung und Kontrolle von Prozessen darstellen (vgl. [Sys-90], [Gro-83]). Des Weiteren stellt sie die dabei eingesetzten Ressourcen dar (siehe Abbildung 1-1). Dazu zählen neben dem Personal die Materialflusstechnik wie bspw. die Transporttechnik sowie Informationsfluss- und Steuerungstechnik zur Identifizierung und Steuerung der Prozesse. Insbesondere AutoID-Techniken wie RFID, die die geforderte Verknüpfung zwischen Material- und Informationsfluss gewährleisten, sollen hierbei integriert werden.

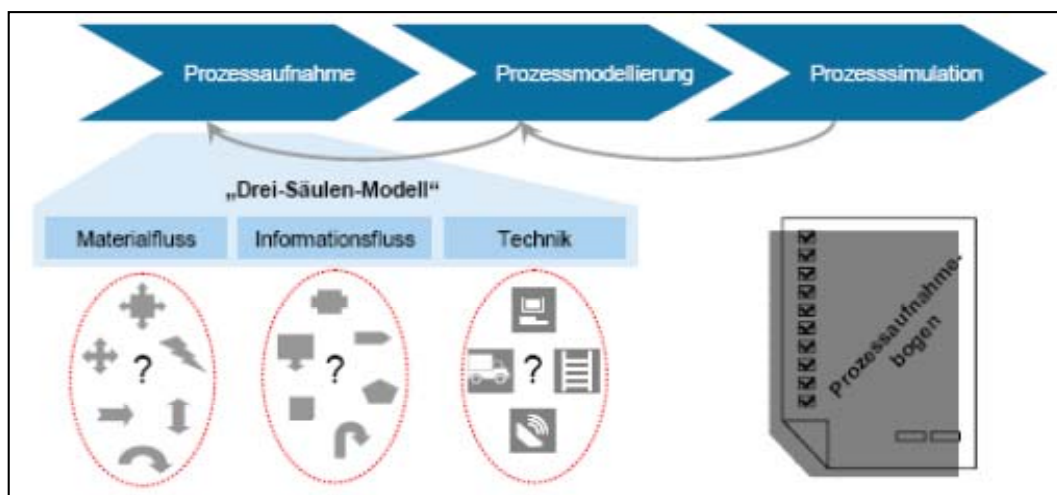


Abbildung 1-1: Bestandteile einer ganzheitlichen Prozessaufnahme

Die Methode wird als standardisiertes, allgemein gültiges Vorgehen ausgearbeitet. Der Lösungsansatz basiert dabei auf der Darstellung der Prozesse mit wenigen, klar definierten Logistikoperationen für den Material- und Informationsfluss. Diese werden gemäß der Prozesslogik miteinander verbunden und mit spezifischen Attributen beschrieben, um eine schnelle, einfache Prozessaufnahme und Beschaffung relevanter Prozessdaten unabhängig von der durchführenden Person zu ermöglichen. Zudem sollen die Attribute dem Anwender Hilfestellung bei der Ableitung von Optimierungspotenzialen, wie sie bspw. durch den Einsatz von AutoID-Techniken entstehen, bieten und dabei damit einhergehende spezifische Randbedingungen, wie sie für spätere Machbarkeitsuntersuchungen benötigt werden, aufnehmen.

Die Operationen sowie Ressourcen sollen durch intuitive Symbole ergänzt werden und dadurch für eine einfache Verständlichkeit und Kommunikationsbasis, bspw. im direkten Austausch mit verschiedenen Beteiligten, ohne eine erforderliche, tiefe Methodenkenntnis sorgen. Somit können mit geringem Aufwand Prozesse aufgenommen und vor Ort nach Rücksprache mit den Beteiligten ggf. ergänzt werden. Die

Methode schafft so die Voraussetzung, die Logistikprozesse vollständig und fehlerfrei aufzunehmen. Die daraus resultierende Transparenz unterstützt eine objektive Bewertung und Vergleichbarkeit verschiedener Prozessalternativen [Arn-04] als Basis für deren Optimierung im Rahmen einer anschließenden Prozessplanung.

Ein weiteres Ziel des Forschungsprojekts ist die Analyse bestehender Prozessaufnahme- und Prozessmodellierungswerkzeuge, um darauf aufbauend die neue Methode gemäß der beschriebenen Zielsetzung zu erarbeiten. Dazu müssen Kriterien definiert und gewichtet werden, um ein Benchmark zur Beschreibung der Anforderungen ableiten zu können.

Darüber hinaus soll die Methode ein Vorschlag für die Neudefinition bzw. Überarbeitung oder Ergänzung einer VDI-Richtlinie sein. Diesbezügliche Möglichkeiten sind die VDI-Richtlinie 3300, die auf Grund mangelnder Überarbeitung zurückgezogen wurde, oder die VDI-Richtlinie 4472, die sich mit AutoID-gestützten Logistikprozessen befasst.

1.2.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

Das Forschungsprojekt bietet dem Anwender eine ganzheitliche Methode für die Aufnahme und Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse. Sie zeichnet sich durch eine einfache, intuitive Handhabbarkeit aus und unterstützt die vollständige und korrekte Erfassung der Prozessdaten. Dies beinhaltet auch die Aufnahme von Informationen, die für die Integration von AutoID-Techniken in Logistikprozesse notwendig sind. Weiterhin bietet sie dem Anwender die Möglichkeit, intralogistische Prozesse zu bewerten und Optimierungspotenziale aufzuzeigen. Insbesondere für KMU, die die Prozessanalyse als Dienstleistung anbieten, ergeben sich hieraus große Vorteile.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde außerdem eine Bewertungssystematik erarbeitet, die den umfassenden Vergleich von Werkzeugen und Methoden zur Prozessdarstellung und Prozessaufnahme auf Basis eines hierarchischen, gewichteten Zielkriterienkatalogs zulässt. Das resultierende Benchmark steht als Grundlage für eine ganzheitliche Prozessaufnahmemethode zur Verfügung.

Ein weiteres Ergebnis des Forschungsprojekts ist die Empfehlung zur Überarbeitung bzw. Ergänzung einer bestehenden Richtlinie, wie bspw. der VDI-Richtlinie 3300 oder der VDI-Richtlinie 4472.

1.2.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Die im Forschungsprojekt erarbeitete Methode stellt hinsichtlich der ganzheitlichen Aufnahme und Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse ein neuartiges Werkzeug dar, das mit derzeit vorhandenen Methoden nicht gewährleistet ist (siehe Kapitel 2.2). Neben dem Material- und Informationsfluss werden deren logische Verknüpfung sowie die eingesetzten Ressourcen, bspw. für Förder- oder Identifikationsvorgänge, berücksichtigt. Dadurch ist eine vollständige Prozessdatenerfassung als Grundlage für eine nachfolgende Logistikplanung gewährleistet. Zudem können Nutzenpotenziale, bspw. durch den Einsatz von AutoID-Techniken, bereits während der Prozessaufnahme grundlegend abgeschätzt werden.

Verfügbare Methoden und Werkzeuge der Prozessdarstellung fokussieren entweder einzelne, spezifische Anwendungsfälle (z.B. Software-Entwicklung, Aufdecken von Verschwendung), oder sind im Hinblick auf eine spätere Prozessmodellierung oder Prozesssimulation zu komplex für eine Prozessaufnahme. Die zu entwickelnde Methode unterstützt deshalb neben der Ganzheitlichkeit ein einfaches, zeiteffizientes Vorgehen, das Ressourcen schont und keine tiefe Methodenkenntnis erfordert, wovon speziell KMU profitieren. Prozesse können vor Ort diskutiert, ggf. ergänzt und die Vollständigkeit und Korrektheit der Datenbasis gewährleistet werden.

Die Ausarbeitung einer Empfehlung zur Überarbeitung der auf Grund mangelnder Aktualität zurückgezogenen VDI-Richtlinie 3300 bzw. zur Ergänzung der VDI-Richtlinie 4472 ist ein weiterer innovativer Beitrag des Forschungsprojekts. Insbesondere die verknüpfte Darstellung von Material- und Informationsfluss inklusive der verwendeten Ressourcen in Form einer Prozessskizze (siehe Kapitel 5.2) stellt ein neuartiges Vorgehen dar, das durch eine VDI-Richtlinie standardisiert werden kann.

1.2.3 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

Im ersten Schritt wird die Datenbasis zur Beschreibung innerbetrieblicher Logistikprozesse bestimmt. Die Quellen hierfür sind neben den Aussagen der Projektpartner verschiedenartige, bei den Partnern aufgenommene Prozesse sowie diverse Fachliteratur. Die Daten sind im Sinne einer ganzheitlichen Prozessdarstellung gruppiert (siehe Kapitel 3.1).

Als nächstes werden verschiedene Betrachtungsebenen definiert. Auf Grundlage der Fachliteratur sind verschiedene Möglichkeiten zur Gliederung von logistischen Pro-

zessen aufgeführt. Diese werden hinsichtlich der Anwendbarkeit auf die Einteilung intralogistischer Prozesse bewertet. Zusammenfassend wird ein Prozessebenenmodell abgeleitet, das dem Anwender als Hilfestellung bei der Eingrenzung der Betrachtungsebene dienen soll (siehe Kapitel 3.2).

Aufbauend auf der abzubildenden Datenbasis wird ein Anforderungskatalog an eine ganzheitliche Prozessdarstellungsmethode definiert. Auf Basis der Fachliteratur werden hierarchische Zielkriterien abgeleitet, die in Anlehnung an die Aussagen der Projektpartner gewichtet werden. Der so entstandene hierarchische Zielkriterienkatalog wird auf in der Praxis verwendete Methoden angewandt und ein Benchmark abgeleitet (siehe Kapitel 4).

Auf Grundlage des Benchmarks wird eine neue Methode für eine ganzheitliche Prozessaufnahme und Prozessdarstellung erarbeitet. Sie basiert auf einzelnen Grundfunktionen für Material- und Informationsfluss, die gemäß dem Prozessablauf grafisch miteinander in Beziehung gebracht werden. In einer zweiten Stufe können die Grundfunktionen durch spezifische Attribute beschrieben und Potenziale abgeleitet werden (siehe Kapitel 5).

Im letzten Schritt erfolgt die Evaluierung der Methode anhand der Darstellung von Prozessen der Projektpartner in der Praxis sowie der Aussagen der Partner, die durch eine empirische Erhebung ermittelt wurden (siehe Kapitel 6).

2 Stand der Wissenschaft und Technik

Das Kapitel 2 klärt zunächst grundlegende Begriffe und stellt verschiedene, gängige Methoden dar, die grundsätzlich zur Darstellung von Prozessen genutzt werden und teilt sie in Gruppen ein. Anschließend wird auf Ansätze aus der Wissenschaft eingegangen, die standardisierte Vorgänge und Operationen verwenden, um logistische Prozesse in Form eines Bausteinkastens abzubilden. Weiterhin führt das Kapitel Grundlagen verschiedener AutoID-Techniken auf und geht im Speziellen auf die RFID-Technik ein, die ein großes Potenzial für die Logistik bietet. Abschließend wird die Forschungslücke aufgezeigt, die die genannten Methoden im Sinne der geforderten ganzheitlichen Prozessdarstellung hinterlassen und die mit der neu zu erarbeitenden Methode geschlossen werden soll.

2.1 Begriffsklärung

Als Erstes werden im weiteren Verlauf häufig verwendete, grundlegende Begriffe definiert, um ein einheitliches Verständnis zu schaffen.

Die **Logistik** befasst sich mit Planung, Steuerung Realisierung und Kontrolle von Material- und Informationsfluss innerhalb und zwischen Unternehmen [Gün-09]. Deren Objekte sind Sachgüter (z.B. Material), Personal und Informationen. Ein logistisches System ist ein Netzwerk zur Durchführung logistischer Prozesse. Es beinhaltet Transport- und Lagerprozesse inklusive derer Vorgänge Be- und Entladen, Ein- und Auslagern und Kommissionieren [Arn-04].

Die **Intrallogistik** steht im Besonderen für die Organisation, Durchführung und Verbesserung von Material- und Informationsfluss sowie Warenumschlag innerhalb eines Unternehmens [Gün-09].

Der **Prozess** bezeichnet die zeitliche und logische Abfolge einzelner, inhaltlich abgeschlossener Aktivitäten und Arbeitsschritte in Form von Handlungen, Tätigkeiten und Verrichtungen. Er hat einen klar definierten Anfang und ein klar definiertes Ende sowie bestimmte In- und Outputs. Die einzelnen Aktivitäten hängen logisch zusammen und können von anderen Vorgängen isoliert betrachtet werden [Str-88], [Gai-07], [Elg-93]. Der Abfolge liegt eine charakteristische Wiederholbarkeit zu Grunde,

die für die Implementierung des Prozesses standardisiert sein muss [Fre-08]. Die kleinste Prozesseinheit, die strukturell ähnlich und inhaltlich beschreibbar ist, ist der **Basisprozess**. Können die Abläufe mit vorgefertigten, einheitlichen Vorlagen mit einheitlicher Struktur und definiertem Inhalt beschrieben werden, spricht man von **Standardprozessen** [Höm-07].

Der **Geschäftsprozess** hingegen betrachtet eher die Organisation in Form von Funktionen, Organisationseinheiten, Daten und Steuerung, die mit der Verarbeitung von Objekten verbunden sind [Sch-94].

Eine **Operation** meint im vorliegenden Fall eine kleinskalige, inhaltlich abgeschlossene Aktivität als granularer Teil eines Logistikprozesses ähnlich dem Basisprozess, jedoch ohne Standardisierungsanspruch. Ein **Vorgang** ist hingegen eine Aktivität, deren Detaillierungsgrad nicht näher spezifiziert ist.

Die **Prozess- oder Ist-Aufnahme** wird durchgeführt, um den aktuellen Zustand eines Systems zu ermitteln und zu beurteilen, indem relevante Parameter untersucht werden [Arn-95]. Die Aufnahme hat schnell, selbsterklärend und ganzheitlich vor Ort zu erfolgen und bildet die Grundlage für die weitere Prozessplanung.

Im Rahmen einer **Prozessanalyse** können aufgenommene Kennzahlen quantitativ und qualitativ bewertet und interpretiert werden.

Ein **(Prozess-)Modell** ist ein mehr oder weniger genaues Abbild der Realität durch deren Abstraktion und Vereinfachung, um aus Zuständen und deren Änderungen Erkenntnisse über funktionale Zusammenhänge des Prozesses zu bekommen [Arn-95]. Dabei werden die Kennzahlen zur Optimierung von Prozessen herangezogen und aus der Ist-Situation die Soll-Situation modelliert [Kat-09].

Ein **Objekt** ist eine individuelle, identifizierbare Einheit, die über eine eigene Identität verfügt und von anderen Objekten unterschieden bzw. einer Klasse zugeordnet werden kann [Mül-04]. Dazu muss es über unverwechselbare Merkmale in einer bestimmten Genauigkeit verfügen [Arn-04].

Trotz des Wissens um eine klare Trennung zwischen den Begriffen **Information** und **Daten** wird im vorliegenden Bericht in der Formulierung nicht explizit und trennscharf zwischen den Begriffen unterschieden.

2.2 Methoden und Werkzeuge der Prozessdarstellung

In der Fachliteratur finden sich zahlreiche Methoden und Werkzeuge der Prozessdarstellung, -analyse und -modellierung. Die nachstehende Abbildung 2-1 zeigt gängige Methoden und gruppiert sie hinsichtlich ihrer schwerpunktmäßigen Anwendung in produktionsbezogene-logistische, betriebswirtschaftliche sowie soft- und hardwaretechnische Methoden. Die neu zu entwickelnde Methode soll dabei die Aufnahme und Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse zum Fokus haben, muss jedoch auch die verwendeten Informationstechnologien sowie betriebswirtschaftliche Aspekte im Sinne einer Prozessbewertung unterstützen.

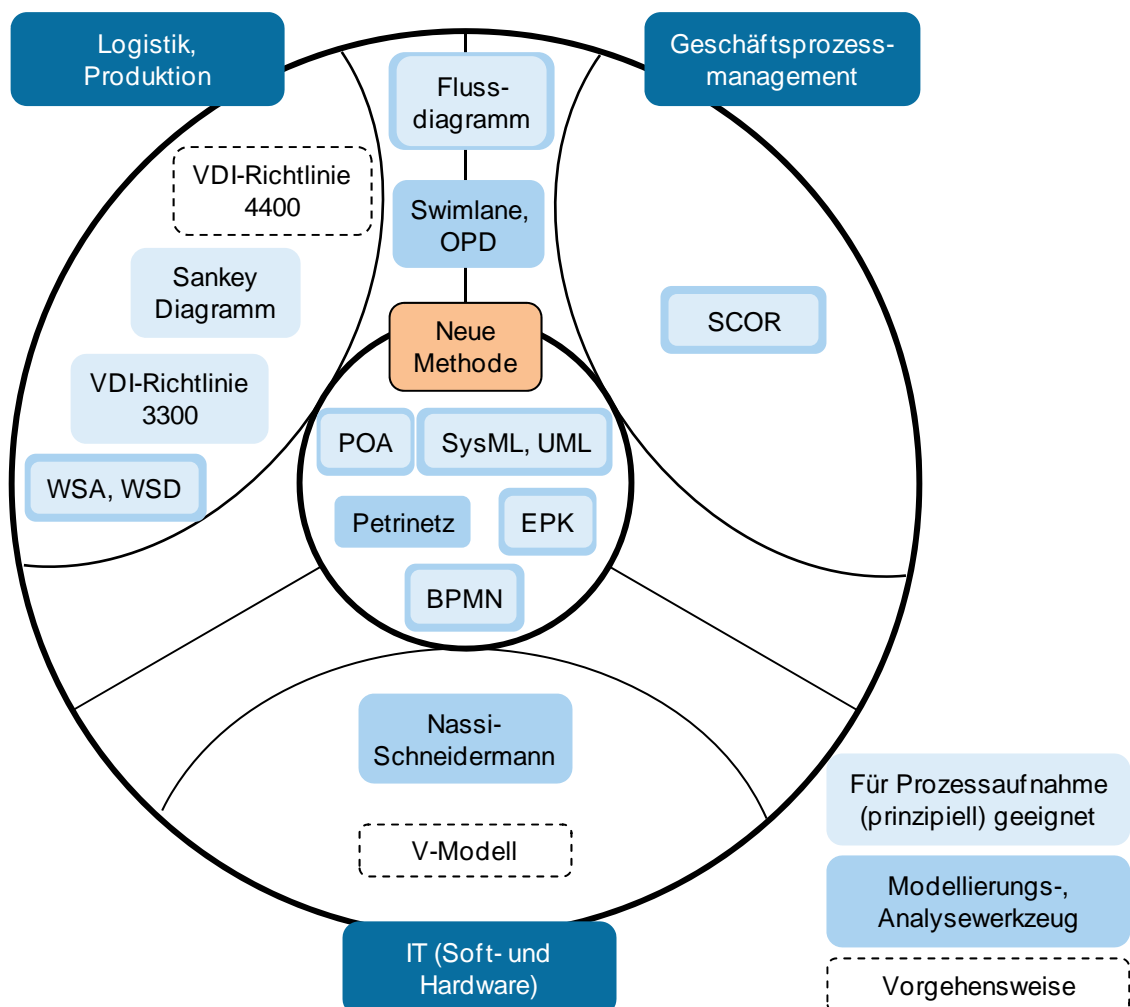


Abbildung 2-1: Einteilung der Methoden zur Prozessdarstellung

Explizit für eine Prozessaufnahme sind nur wenige der aufgeführten Methoden konzipiert. Viele dienen in erster Linie der Modellierung und Analyse der Prozesse, können jedoch auch prinzipiell für die Prozessaufnahme eingesetzt werden. Allerdings ist hierbei mitunter deren vergleichsweise hohe Komplexität hinderlich, um Prozesse

vor Ort aufzunehmen und zu diskutieren. Da die zu entwickelnde Methode die Ableitung von Soll-Prozessen ermöglichen soll, geht sie über eine reine Prozessaufnahme hinaus und muss einzelne Aspekte der Modellierung und Analyse aufgreifen. Trotzdem soll die nötige Einfachheit gegeben sein.

Im Folgenden werden gängige Methoden zur Aufnahme und Darstellung von Prozessen beschrieben und eine erste Abschätzung zu deren Anwendbarkeit gegeben. Reine Vorgehensweisen wurden auf Grund der fehlenden methodischen Unterstützung nicht betrachtet.

Sankey-Diagramm

Das Sankey-Diagramm stellt Materialströme auf einfache Weise grafisch dar. Es baut auf dem Flussdiagramm auf und bildet die Quantität der Materialflüsse zwischen einzelnen Knoten oder Funktionsbereichen durch unterschiedlich dicke Pfeile äquivalent zur Flussmenge gerichtet ab. Die Flüsse oder Kanten können sich an den Knoten aufteilen oder vereinigen. Unterschiedliche Kanten können gleichzeitig durch verschiedenen Schraffuren oder Farben dargestellt werden [Sch-06], [Ber-03].

Die Methode unterstützt in erster Linie die Darstellung der primären Materialflüsse, da komplexere, verzweigte Prozessen mit mehreren Vorgängen des Transports, der Steuerung, Informationsverarbeitung oder Identifizierung (z. B. durch RFID) schnell unübersichtlich werden.

VDI-Richtlinie 3300 Materialflussuntersuchungen (VDI 3300)

Die VDI-Richtlinie 3300 ist zweistufig aufgebaut. Der VDI/AWF-Materialflussbogen 3300a besteht im Wesentlichen aus einem Aufnahmeblatt in Tabellenform, in das der Prozess als Abfolge der einzelnen Arbeitsschritte eingetragen wird. Jeder Schritt ist eindeutig nummeriert und wird einer von sechs spezifischen Operationen mit je einem eigenen Symbol zugewiesen sowie mit vorgegebenen Eigenschaften beschrieben.

Die Arbeitsschritte werden in der Materialflussskizze mit der Nummer und dem Symbol aus dem Materialflussbogen eingetragen und die beiden Dokumente dadurch miteinander verknüpft. Die Skizze ist in der Regel ein flächenmaßstäbliches Layout des zu analysierenden Bereichs.

Die Richtlinie bietet ein strukturiertes Vorgehen für die homogene Erfassung des Materialflusses, vernachlässigt jedoch informatorische Aspekte nahezu gänzlich. Auf Grund der fehlenden Weiterentwicklung ist sie nicht mehr an die heutigen Anforderungen angepasst und wurde 2004 zurückgezogen [VDI3300].

Wertstromanalyse (WSA) bzw. Wertstromdesign (WSD)

Die WSA entstammt dem Toyota Produktionssystem und lehnt sich am Prinzip der „Lean Production“ an [Sch-09]. Betrachtet wird der Wertstrom als Unterscheidung zwischen wertschöpfenden und nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten. Ein Teilaspekt liegt in der Darstellung von Beständen zwischen einzelnen Prozessschritten, die sich beim Vergleich von Bearbeitungszeit und Produktionsdurchlaufzeit auswirken, und dem damit verbundenen Aufdecken von Verschwendung. Aus Gründen der Vereinfachung werden logistische Systeme unterteilt, Produktgruppen für eine getrennte Betrachtung definiert und durchschnittliche Erfahrungswerte verwendet, um Material- und Informationsflüsse relativ grob aus der Vogelperspektive mit einfachen Symbolen abbilden und bewerten zu können. Nach der Aufnahme des Ist-Zustands wird durch Befragungen und Beobachtungen anhand eines Fragenkatalogs iterativ ein Soll-Prozess ausgearbeitet. Die einzelnen Prozesse sind durch Prozesskästen mit wählbarer Detaillierung dargestellt. Die Abbildung des Informationsflusses dient dem Verständnis einer bedarfsgesteuerten Produktionssteuerung und ist stark vereinfacht [Arn-07], [Erl-07], [Rot-00], [Kle-07].

Die WSA unterstützt das grundlegende Verständnis des Material- und Informationsflusses in der Produktion und die Identifizierung von Optimierungspotenzialen bei der Prozessaufnahme. Für eine ganzheitliche Logistikbetrachtung ist sie jedoch zu produktions-orientiert, was sich bspw. in der mangelnden Berücksichtigung von Betriebsmitteln bemerkbar macht.

Flussdiagramm

Flow Charts bzw. Ablauf- oder Flussdiagramme werden vielfach verwendet, bspw. zur bildhaften, grafischen Veranschaulichung von Algorithmen, Geschäftsmodellen oder Prozessen. Es modelliert Abfolgen von Entscheidungen, Bedingungen und Aktionen auf einfache, selbsterklärende Art und bietet eine grundlegende Dokumentation von Prozessen. Jedoch sind sie nicht hierarchisch strukturierbar [Mey-05] und ermöglichen nur eine grobe Prozessübersicht.

Swimlane bzw. Organisationsprozessdarstellung (OPD)

Die Organisationsprozess- oder Swimlane-Darstellung wurde an der technischen Universität Hannover entwickelt [Bin-11]. Sie dient der Verkettung der Prozessvorgänge mit den Ressourcen, indem die einzelnen Prozessfunktionen rollenbasiert, zeitlich oder logisch einzelnen Swimlanes oder Bahnen zugeordnet werden [IBM-11]. Die Swimlanes können dabei Abteilungen, Datenverarbeitungssysteme, Standorte, Firmen, Maschinen, Gebäude oder Personen sein [Boo-01]. Innerhalb der horizontal aufgetragenen Swimlanes werden vertikal zueinander die Prozessschritte aufgeführt, wobei die Informationsflüsse zwischen den Bahnen notiert sind und somit Schnittstellen infolge von Aktionen, Entscheidungen oder Daten deutlich werden [Bin-11]. Diese Schnittstellen sind Gegenstand der Analyse.

Dank dieser Verkettung findet der Gedanke der Swimlane-Darstellung in verschiedenen Methoden der Prozessdarstellung Anwendung.

Supply Chain Operations Reference (SCOR)

Das SCOR-Modell ist ein vom Supply Chain Council erarbeitetes Referenzmodell. Es soll den Anwender bei der einheitlichen Beschreibung, Überarbeitung und Bewertung von Supply Chain Prozessen mit Hilfe eines Referenzprozesskatalogs und eines zugehörigen Kennzahlenkatalogs unterstützen [Sup-08], [Arn-08].

Das Referenzmodell ist vierstufig aufgebaut. Die beiden obersten, abstrakten Ebenen sind die Ebene der Prozesstypen und die der Prozesskategorien. Sie bilden eine Matrix, um den jeweiligen Prozess zu klassifizieren. Jeder dieser auf diese Weise gebildeten Prozesse ist ein Referenzprozess, der dem Anwender dabei hilft, Abweichungen zwischen Referenz- und Unternehmensprozessen zu erkennen. Um diese Abweichungen bewerten zu können, stellt das SCOR-Modell einen Leistungskatalog zur Verfügung, in dem Leistungsattribute und Kennzahlen aufgeführt sind [Sup-08].

Für eine Prozessaufnahme vor Ort ist das SCOR-Modell nur bedingt geeignet, der Fokus liegt eher bei der Modellierung und Analyse. Zudem ist die Methode nicht frei verfügbar.

Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)

Die EPK wurde 1992 an der Universität des Saarlandes in erster Linie zur Dokumentation von Geschäftsprozessen entwickelt [Kel-92]. Die Prozesse lassen sich mit einer semiformalen Modellierungssprache grafisch darstellen, indem sich alternierend abwechselnde Ereignisse und Funktionen mit Pfeilen in einer 1:1-Zuordnung verbunden werden. Die Funktionen beschreiben dabei Tätigkeiten, die durch Ereignisse gesteuert werden und wiederum Ereignisse ergeben können [Bec-05]. In diesem Sinne ist es ein um Wartezustände (Ereignisse) erweitertes Flussdiagramm [Weh-07].

Der Fokus der Methode liegt in der Darstellung von Steuerungsflüssen als Grundlage von Ablaufsimulationen mit verschiedenen Symbolen und der Modellierung von Geschäftsprozessen, Materialfluss und eingesetzte Ressourcen werden eher vernachlässigt. Große Modelle mit vielen Verzweigungen werden auf Grund der schlechten hierarchischen Strukturierbarkeit schnell sehr unübersichtlich, weshalb die Methode für die ganzheitliche Prozessaufnahme nur bedingt geeignet ist [Bec-05], [Sch-01], [Mey-05].

System Modeling Language (SysML) und Unified Modeling Language (UML)

Die SysML baut auf der 1997 durch die Object Management Group (OMG) und zusätzlich durch die Internationale Organisation für Normung (ISO) standardisierten UML auf. Sie verwendet deren Notationen und Konzepte und ist um die Disziplinen der Geschäftsprozessmodellierung und des Systems Engineering erweitert [Wei-06]. Dabei verfolgt die SysML das Ziel, im Hinblick auf eine softwaretechnische Implementierung der Prozesse mit einer Sprache ein System zu analysieren und zu modellieren sowie Testfälle zu simulieren. Hierzu stellt sie verschiedene Diagrammtypen, die zum Teil bereits aus der UML bekannt sind, zur Verfügung, um das Verhalten und die Struktur eines Systems sowie die Anforderungen daran zu beschreiben [Rup-07].

Die SysML ist ein sehr umfangreiches, flexibles Werkzeug mit einer Vielzahl an Symbolen, Regeln und Diagrammarten, die je nach Zielstellung Anwendung finden. Die Methode erfordert jedoch folglich eine umfangreiche Einarbeitung, die eine Prozessdiskussion mit externen Beteiligten nahezu unmöglich macht [Spi-06]. Zudem werden im Prozess eingesetzte Techniken nur unzureichend berücksichtigt, wodurch die geforderte Ganzheitlichkeit nicht gewährleistet.

Business Process Modeling Notation (BPMN)

Die BPMN entstammt der Wirtschaftsinformatik und wurde von der Business Process Management Initiative standardisiert [Rec-06]. Sie dient hauptsächlich der Modellierung von Geschäftsprozessen, die sich durch die zu Grunde liegende Business Process Execution Language direkt in übergeordnete Systeme überführen lassen [Alo-07].

Die Prozesse werden in Form eines Ablaufdiagramms durch Aktivitäten (Activity), die mit Entscheidungspunkten (Gateway) durch Verbindungspfeile (Sequence Flows) verknüpft sind, sowie Symbole grafisch dargestellt [Omg-08]. Zwischen einzelnen Objekten bzw. Rollen findet ein Austausch von Informationen oder Material (Artefakte) statt [OMG-05], [Dub-04].

Infolge der angestrebten Simulation der Prozesse werden die Diagramme schnell unübersichtlich. Zudem steht eine Vielzahl an Symbolen zur Verfügung, die die intuitive Prozessaufnahme mit der BPMN erschweren.

Petrinetz

Das Petrinetz zielt darauf ab, abstrakte Prozesse grafisch auf Basis eines mathematischen Modells, das so genannte Bedingungs- oder Ereignisnetz, darzustellen [Sem-11], [Kos-07] und kann in eine Software zur Simulation überführt werden. Zur Analyse werden dabei Token verwendet, die den jeweils aktuellen Zustand markieren und mit Bedingungen überprüft werden. Das Petrinetz ist hauptsächlich zur Darstellung von dynamischen, parallel ablaufenden Prozessen geeignet [Sch-01].

Bedingt durch den mathematischen Formalismus im Sinne einer computergestützten Abbildung ist die Methode für die Aufnahme logistischer Prozesse sehr aufwändig. Zudem sind die Prozesse ohne tiefe Methodenkenntnis kaum nachzuvollziehen, was eine vollständige Prozessaufnahme deutlich erschwert [Mey-05].

Prozess Orientierte Analyse (POA)

Die POA baut wie die UML auf der strukturierten Analyse auf, die der objektorientierten Systemdarstellung dient. Dabei werden die abzubildenden Systeme hierarchisiert und bei Bedarf schrittweise verfeinert, um deren Komplexität zu verringern [Kie-04]. Zusätzlich nutzt die POA die Lower-CASE-Methode, um grafische Modelle in

einen textbasierten Code übersetzen zu können. Sie dient dabei häufig als Basis für Simulationswerkzeuge, weshalb sie eine zweigeteilte Systemdarstellung unterstützt. Im Sinne der IT-Modellierung werden die Prozesse statisch im Flussdiagramm modelliert, wohingegen die Zustände mit Bedingungen (condition) und Funktionen (action) im dynamischen Modell dargestellt sind [Mey-05].

Infolge dieser Trennung gestaltet sich die Prozessaufnahme sehr aufwändig und bei mangelnder Konsequenz anfällig für Inkonsistenzen. Zudem sind die Prozesse ohne tiefe Methodenkenntnis auf diese Weise schwer nachvollziehbar, was durch die fehlende zeitliche Abfolge und räumliche Anordnung noch verstärkt wird.

2.3 Standardvorgänge der Logistik

Die im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte Methode (siehe Kapitel 5) baut auf dem Ansatz auf, intralogistische Standardvorgänge, die zu einem Prozess verkettet werden, zu nutzen. Dadurch sind die Prozesse einheitlich und nachvollziehbar. Außerdem können die Standardvorgänge mit spezifischen Attributen beschrieben werden, die eine vollständige Aufnahme der erforderlichen intralogistischen Daten unterstützen.

Nachfolgend sind verschiedene, ausgewählte Ansätze grundlegend aufgeführt, die diesen Gedanken auf unterschiedliche Weise aufgreifen, indem sie logistische Funktionen im Sinne von Tätigkeiten beschreiben oder auf der Änderung des Zustands des logistischen Objekts aufbauen. Auf die Ansätze wird kurz eingegangen und ein Fazit zur Anwendbarkeit für eine ganzheitliche Prozessdarstellung gezogen. Diese Einschätzung bildet die Grundlage für die Definition intralogistischer Grundfunktionen für den Material- und Informationsfluss in Kapitel 5.1.

Logistische Funktionen und Grundfunktionen

[Sys-90] definiert Funktionen der Logistik als personenunabhängige Aufgaben zur Erfüllung der primären Ziele der Logistik, zu denen die Erhöhung der Lieferbereitschaft und Reduzierung der Logistikkosten zählen. Dies wird mit drei aufeinander fußenden Gruppen erreicht.

Die dispositiven Funktionen, z.B. die Bedarfsermittlung, Termin-, Kapazitäts- und Ressourcenplanung, beschreiben Eingangsgrößen für die veranlassenden Funktio-

nen, wie bspw. die Materialbestellung oder Einsatzplanung von Transportmitteln, und sind eher strategischer Natur. Im Gegensatz beziehen sich die operativen Funktionen auf das physische Einwirken auf das Material. Dabei unterscheidet [Sys-90] für den Materialfluss Transport-, Lager- und Umschlagsfunktionen, zu denen im Einzelnen das Kommissionieren, Bereitstellen, Verpacken und Verladen zählen. Die operativen Funktionen des Informationsflusses beschäftigen sich einzig mit der Erfassung von Daten, z.B. von Ausschuss, Transportzeiten oder Lagerbewegungen.

Für die Darstellung intralogistischer Prozesse eignen sich nur die operativen Funktionen. Jedoch sind die beschriebenen Materialflussfunktionen vergleichsweise grob und unterschiedlich detailliert, wohingegen der Informationsfluss nur die Datenerfassung betrachtet.

Die VDI-Richtlinie 3300 definiert operative Funktionen des Materialflusses, die größtenteils trennscharf voneinander und aus logistischer Sicht einen ähnlichen Detaillierungsgrad aufweisen. Unterschieden wird zwischen Bearbeiten, Handhaben, Transportieren, Prüfen sowie Aufenthalt und Lagerung [VDI3300]. Für die Darstellung des Informationsflusses werden keine Funktionen angeboten.

Als Grundfunktionen der physischen Logistik listet [Gün-09] das Transportieren und Fördern, Lagern, Handhaben sowie Verteilen und Zusammenführen auf. Weitere logistische Funktionen sind das Sortieren und Kommissionieren, die eher eine Ebene über den Grundfunktionen angesiedelt sind. Der Ansatz orientiert sich am Materialfluss, wobei es zwischen einigen Grundfunktionen zu Überschneidungen auf Grund differierender Abstraktionsgrade kommt.

[Arn-95] bezeichnet als Grundfunktionen und damit granulare Bestandteile des Materialflusses ebenfalls Vorgänge des Förderns, Wartens, Verteilens und Zusammenführens. Der Vorgang des Bedienens schließt bspw. das Bearbeiten, Handhaben und Montieren ein. Darauf aufbauend können so genannte technische Vorgänge des Materialflusses als Verkettung der Grundfunktionen dargestellt werden.

Für den Informationsfluss nennt [Arn-95] zwar keine expliziten Funktionen, listet jedoch in Form von Speichern, Transportieren, Verarbeiten und Interpretieren von Informationen Aufgaben eines Informationssystems auf, und geht damit im Ansatz auf dessen Darstellung ein. In Summe gilt jedoch auch hier, dass die einzelnen Grundfunktionen für eine eindeutige Prozessdarstellung nicht trennscharf genug sind.

Standardvorgänge zur Transformation des Zustands eines Logistikobjekts

Standardvorgänge sowohl für den Material- als auch für den Informationsfluss beschreibt [Höm-07] im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 559. Demnach sind Logistikprozesse ab einer bestimmten Abstraktionsebene grundsätzlich ähnlich mit inhaltlich und strukturell unterschiedlichen Ausprägungen.

Sowohl der Material- als auch der Informationsfluss werden über die Basisprozesse Behandlung, Ortswechsel und Liegen, die jeweils eine Transformation der Zeit, des Zustands, oder des Orts bedeuten, beschrieben. Ein Basisprozess bezeichnet dabei die kleinste, inhaltlich und strukturell beschriebene Prozesseinheit für die Modellierung. Diesen abstrakten Elementen werden konkrete Tätigkeiten zugeordnet (z.B. Transportieren = Ortswechsel), was auf verschiedenen Abstraktionsstufen möglich ist. Mit den Basisprozessen verbunden ist ein standardisierter Logistikdatensatz, der für deren Erläuterung Eingangsdaten liefern soll, um die Elemente in verschiedenen Detaillierungsstufen zu beschreiben. Zur Darstellung eines Prozesses werden die Basisprozesse zu einer Prozesskette, basierend auf einem verbindlichen Leistungsobjekt (z.B. Auftrag, Behälter), zusammengefügt [Höm-07].

Infolge der Verwendung gleicher Basisprozesse für verschiedene Konkretisierungsstufen sowie für Material- und Informationsfluss wirken die Elemente sehr abstrakt und die intuitive Anwendung wird erschwert. Zudem sind in der Praxis Vorgänge mit mehreren Transformationen (Zeit, Ort, Zustand) verbunden, was eine eindeutige Zuordnung eines Basisprozesses verhindert.

Ebenfalls auf Grundlage der Transformation des Zustands definieren [Jün-89] und [Wil-05b] verschiedene Standardprozesse des Materialflusses. Neben den aus [Höm-07] bereits bekannten Zuständen Zeit und Ort werden die Menge, die Zusammensetzung als Gruppierung oder Anordnung einzelner Stückgüter in einem Verbund und die (Service-)Qualität aufgeführt. Davon leitet [Wil-05b] die Standardprozesse Lagern, Transportieren, Handhaben, Kommissionieren, Umschlagen und Verpacken ab.

[Jün-00] unterscheidet zwischen den Operationen als grundlegende Funktionen bzw. Arbeitsvorgänge und komplexen Arbeitsoperationen. Zu Ersteren werden das Verpacken, Bearbeiten, Prüfen, Lagern und Puffern, Fördern und Transportieren sowie das Handhaben gezählt. Die komplexen Arbeitsoperationen bestehen aus dem Montieren, Umschlagen mit Be- und Entladen, Bilden von Ladeeinheiten und Kom-

missionieren. Die vorrangigen Zustandsänderungen entsprechen den in [Wil-05b] aufgeführten, wobei statt der Qualität der Wert, die Lage, Sorte und Gestalt der Objekte transformiert werden können [Jün-00].

Ebenfalls auf Basis von Zustandsänderungen definiert [Kle-10] logistische Grundfunktionen, denen wiederum Synonyme aus der Praxis zugeordnet werden können. Neben den Materialfluss-bezogenen Transformationen Ort, Zeit, Menge, Sorte, Servicewert und Schnittstelle bzw. Arbeitsmittel wechseln wird der Informationsfluss grob durch administrative Funktionen berücksichtigt.

Die vorgestellten Ansätze führen viele verschiedene Vorgänge und Formen der Zustandsänderung auf. Der gemeinsame Nenner ist die Änderung von Zeit und Ort, darüber hinaus gibt es große Unterschiede. Die eindeutige Zuordnung einer Transformation ist nicht immer gegeben. Zudem besitzen die aufgeführten Vorgänge keine einheitliche Detaillierungsstufe und sind deshalb nicht klar voneinander zu trennen. Aus diesem Grund wird im Forschungsprojekt ein anderer Ansatz verfolgt, der sich direkt an den Tätigkeiten im Material- und Informationsfluss orientiert.

2.4 Techniken zur Verknüpfung von Material- und Informationsfluss

Für die Realisierung effizienter Logistikprozesse müssen Informationen zur Steuerung des Materialflusses der logistischen Objekte bei Bedarf jederzeit in der richtigen Form und Qualität verfügbar sein. AutoID-Technologien bieten diesbezüglich großes Potenzial, da sie die Lücke zwischen Material- und Informationsfluss schließen. Insbesondere die RFID-Technik spielt vor diesem Hintergrund eine zunehmend wichtige Rolle [Str-08], [Sch-05], weshalb nach einer Umfrage 2008 mehr als die Hälfte der Unternehmen RFID als bedeutend erachten [Kom-08].

Trotz dieser Potenziale findet die RFID-Technik jedoch noch keine durchgängige Verbreitung. Die hauptsächlichen Ursachen hierfür sind insbesondere bei KMU nach [Gün-11] das fehlende Know-how sowie die fehlende bzw. nicht klar zu erkennende Wirtschaftlichkeit. Der Grund hierfür ist die vergleichsweise hohe Komplexität von RFID in der Anwendung. Für die Gewährleistung der Funktionssicherheit und damit der Prozesseffizienz muss die Technik an den anwendungsspezifischen, prozessbedingten Anforderungen angepasst werden. Zudem bedarf es insbesondere bei KMU

der Unterstützung bei der Identifikation der Potenziale im aktuellen Prozess, die ohne das nötige Wissen nur schwer zu erkennen sind.

Das Forschungsprojekt hat es sich daher zur Aufgabe gemacht, intralogistische Prozesse im Sinne einer möglichen RFID-Anwendung als Grundlage der Material- und Informationsverknüpfung zu beschreiben. Hierfür müssen die relevanten Randbedingungen des Prozesses bei der Prozessaufnahme dokumentiert werden, um auf dieser Basis Soll-Prozesse unter Anwendung von RFID ableiten zu können. Nachfolgend sind deshalb die Grundlagen der RFID-Technik kurz dargelegt.

AutoID-Techniken ermöglichen die automatische Identifikation von Objekten, indem sie diese maschinenlesbar machen [Ker-07]. In der nachstehenden Abbildung 2-2 sind verschiedene AutoID-Techniken dargestellt. Auf Einzelne davon wird kurz eingegangen.

Die AutoID-Technik mit der weitesten Verbreitung ist der **Barcode**, der sich in 1-D, 2-D und 3-D Barcodes einteilen lässt und in verschiedenen Standards verfügbar ist. Am häufigsten ist der 1-D Barcode, der auch als Strichcode bekannt ist, anzutreffen. Der gebräuchlichste Standard ist der EAN-Code (European Article Number), der bspw. im Handel von Bedeutung ist [Dat-07]. Zu den 2-D Codes zählen bspw. der Stapel- oder Matrixcode, die ein größeres Speichervolumen besitzen. Bei den 3-D Codes handelt es sich um farbige 2-D Codes [Fml-11]. Barcodes sind kostengünstig herzustellen und einfach zu applizieren, benötigen jedoch Sichtkontakt zum Lesegerät und sind empfindlich gegenüber Verschmutzung oder Beschädigung [Fin-02].

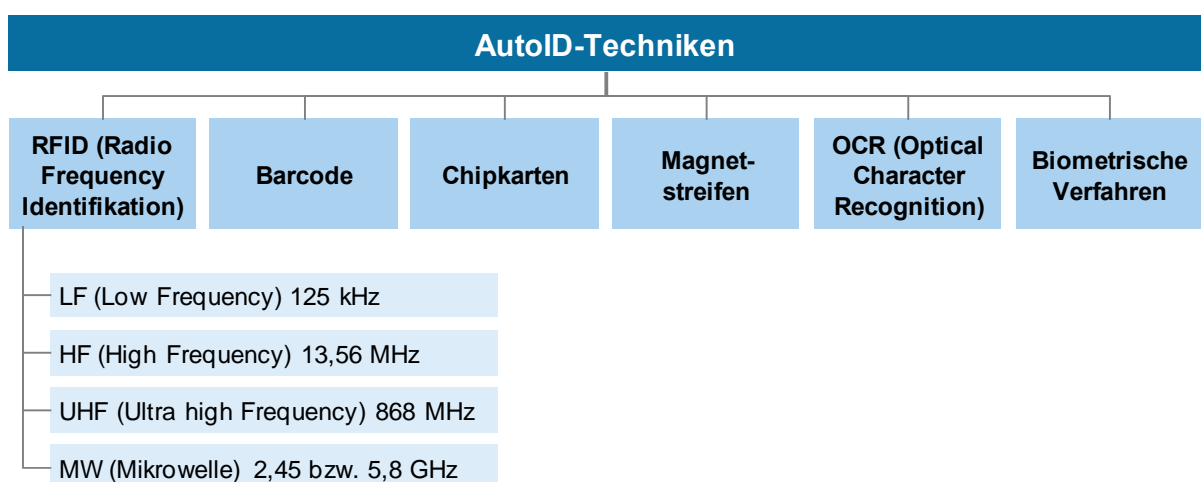


Abbildung 2-2: Überblick über AutoID-Techniken (in Anlehnung an [Gün-11], [Fin-02])

Chipkarten benötigen für die Datenübertragung einen direkten galvanischen Kontakt. Es gibt Speicher- und Prozessorkarten die für die reine Datenspeicherung bis hin zu sicherheitsrelevanten Anwendungen, bspw. Bankkarten, verwendet werden. Im Vergleich mit anderen AutoID-Techniken sind sie relativ teuer [Fin-02]. Günstiger sind **Magnetstreifenkarten**, bspw. als Schlüsselersatz, die ebenfalls durch direkten Kontakt zum Lesegerät erfasst werden [Ker-07].

Bei der Klarschriftlesung (**OCR**) werden Informationen in einer auch vom Menschen lesbaren Schrift codiert, bspw. bei Überweisungsträgern [Ker-07]. Wie alle optischen Systeme sind sie relativ empfindlich.

Beispiele für **biometrische Verfahren** sind die Fingerabdruck-, Iris- oder Gesichtserkennung. Der Fokus liegt auf der sicheren Identifizierung und nicht wie bei den anderen Verfahren auf der schnellen Datenerfassung [Ker-07].

Die **Radio Frequency Identification (RFID)** ist ein Verfahren zur automatischen Identifikation von Objekten auf Basis von Funkwellen im Radiobereich. Durch die elektromagnetische oder elektrostatische Kopplung zwischen Datenträger (Transponder) und Schreib-/Lesegerät (SLG oder i.A. Reader) können Informationen gespeichert oder gelesen werden [Gün-07]. Die damit einhergehenden Vorteile im Vergleich zu anderen AutoID-Techniken liegen in der quasi-gleichzeitigen Erfassung mehrerer Objekte (Pulkerfassung) ohne Sichtkontakt oder menschliche Interaktion über größere Distanzen. Insbesondere die Logistik kann von diesen Eigenschaften durch Datenaktualität und Prozesstransparenz profitieren.

Damit ein RFID-System optimal funktioniert, müssen Sender und Empfänger mit resonanter Frequenz arbeiten. Die Resonanz ist vom Applikationsmaterial, auf dem der Transponder angebracht wird, abhängig. Es kann den Transponder verstimmen und dadurch die Lese- und Schreibreichweite reduzieren. Grundsätzlich können die vier Arbeitsfrequenzen LF, HF, UHF und MW unterschieden werden (siehe Abbildung 2-2), die sehr unterschiedliche praxisrelevante Eigenschaften und damit Anwendungsbereiche mit sich bringen. Beispiele hierfür sind die maximale praktische Reichweite, Datenübertragungsrates oder Empfindlichkeit gegenüber reflektierenden und absorbierenden Materialien in der Umgebung des zu erfassenden Objekts. Entscheidend sind ebenfalls die Ausrichtung des Transponders zum Feld des Reader sowie Einflüsse durch andere RF-Quellen und durch die Umgebung bzw. deren Belastungen, die im Prozess vorkommen (z.B. Witterung, Temperatur, mechanische Belastung).

2.5 Forschungslücke

Bei der grundlegenden Betrachtung der in Kapitel 2.2 aufgeführten Methoden wird offensichtlich, dass keine die Aspekte Ganzheitlichkeit und Einfachheit in der nötigen Form erfüllt. Insbesondere für die Prozessaufnahme sind die Methoden für eine ganzheitliche Prozessdarstellung zu abstrakt oder mit dem Schwerpunkt einer späteren Modellierung sehr detailliert und komplex, wodurch sich die Aufnahme vor Ort sehr aufwändig gestaltet und die Gefahr unvollständiger Prozessdaten besteht. Häufig ist die Aufnahme der nötigen Informationen daher erfahrungsabhängig.

Um die intralogistischen Prozesse vor Ort vollständig und nachvollziehbar unter dem Aspekt der Ganzheitlichkeit und Einfachheit aufnehmen zu können, wird der Ansatz verfolgt, standardisierte Prozessbausteine zu verwenden. Die hierzu in Kapitel 2.3 erläuterten Ansätze bieten hierzu eine erste Grundlage, müssen jedoch im Hinblick auf deren Eindeutigkeit, Ganzheitlichkeit und Intuitivität in der Anwendung grundsätzlich überarbeitet und angepasst werden.

Die RFID-Technik bietet viele Vorteile für die Logistik und hier insbesondere für die Intralogistik. Im Vergleich zu anderen AutoID-Techniken wie dem Barcode ist sie jedoch recht komplex in der Anwendung. Die Technik ist stark abhängig vom Material der Kennzeichnungsobjekte sowie der Objekte in der Umgebung, die die Transponder verstimmen oder durch Reflexionen und Absorption die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen beeinflussen können. Auch muss sie in einem Prozess verschiedenen Umwelt- und prozesstechnischen Einflüssen standhalten. Für die grundlegende Einschätzung des Aufwands einer Implementierung von RFID im Prozess, bspw. im Rahmen der Untersuchung der technischen Machbarkeit, ist es von Vorteil, diese Randbedingungen bereits bei der Prozessaufnahme in einer ersten, groben Form zu dokumentieren. Ohne Hilfestellung ist dieser Schritt für den Anwender jedoch nur schwer durchzuführen.

Zusammenfassend zeigt der Stand der Technik die Erfordernis der Entwicklung einer Methode zur ganzheitlichen Prozessdarstellung auf, wobei AutoID-Techniken wie RFID große Vorteile bieten. Um diese Potenziale heben zu können, soll eine neue Methode entwickelt werden, die diese aufzeigen hilft. Sie soll dabei helfen, die für eine Soll-Prozessdarstellung relevanten Prozessdaten und Technikparameter zu dokumentieren. Ein vielversprechender Ansatz ist die Prozessdarstellung mit einfa-

chen, intralogistischen Standardprozessen mit spezifischen Attributen, der im weiteren Verlauf entwickelt und vorgestellt wird.

3 Grundlagen der Darstellung intralogistischer Prozesse

Um intralogistische Prozesse im Hinblick auf die geforderte Ganzheitlichkeit darstellen zu können, müssen als Erstes die relevanten Prozessdaten aufbauend auf der Fachliteratur identifiziert werden. Die Prozessdaten werden klassifiziert und dienen als Quelle für die Definition eines Anforderungskatalogs in Kapitel 4.3 dient.

Im nächsten Schritt werden die einzelnen Klassen in Anlehnung an die Aussagen der Fachliteratur sowie der Industriepartner detailliert. Neben den Daten des Material- und Informationsflusses werden dabei insbesondere auch eingesetzte Ressourcen und deren für eine Prozessdarstellung wesentliche Parameter behandelt.

Um die intralogistischen Prozesse für ein besseres Prozessverständnis übersichtlich darzustellen zu können, wird in Kapitel 3.2 eine mögliche Gliederung für Logistikprozesse vorgestellt. Dazu werden verschiedene Lösungsansätze untersucht, von denen einige vorgestellt werden.

3.1 Datenbasis zur ganzheitlichen Darstellung intralogistischer Prozesse

Zu Beginn muss der Begriff der intralogistisch relevanten Daten spezifiziert werden. Darunter sind alle Daten eines innerbetrieblichen Logistikprozesses zu verstehen, die prinzipiell für eine verständliche, nachvollziehbare Darstellung der Ist-Prozesse und eine auf der Prozessaufnahme aufbauende Ableitung von Verbesserungspotenzialen und Soll-Prozessen notwendig sind. Diese können im weiteren Verlauf mit dem erwähnten Ansatz kleinskaliger Standardprozesse, so genannter Grundfunktionen verbunden werden (siehe Kapitel 5). Die Prozessdaten müssen in dem Sinne vollständig sein, dass das entsprechende Gut zeit-, kunden- und mengenrichtig im geforderten Zustand am jeweiligen Ort zu den entsprechenden Kosten verfügbar ist [Gün-09]. Neben den klassischen Informationen zum Materialfluss müssen hierzu auch der Informationsfluss und die Ressourcen beschrieben werden. Nachfolgend sind einige Ansätze genannt, die diese Rubriken einzeln oder gesammelt aufgreifen.

Nach [Jor-89] und [Höm-05] benötigen logistische Systeme die Beschreibung von Material- und Informationsfluss sowie des eingesetzten Personals. Informationen hierzu können bspw. aus den Auftragsdaten gewonnen werden. Gegenstände der Logistik sind hierbei nach [Jün-00] Güter, Informationen, Personen und Energie, die im Prozess unter Einsatz von Ressourcen (Material- und Informationsflussmittel) sowie Infrastruktur transformiert werden (siehe auch Kapitel 2.3). [Arn-04] nennt neben den Prozessobjekten und Ressourcen die Aktivitäten, Prozessergebnisse und Verantwortlichkeiten als relevant für eine spätere Prozessanalyse, während [Gün-10] die Analyse- und Planungsdaten in Mengengerüst, Materialströme, Daten- und Informationsfluss sowie räumliche Anbindung und weitere Randbedingungen gliedert. Einen zusätzlichen Aspekt führt [Sys-90] mit der Bewertung von Vorgängen durch spezifische Kennzahlen auf. Demnach können Material, Betriebsmittel und Personal eines Vorgangs durch deren Menge, Zeit und Kosten quantifiziert werden.

Zwar nennt keiner der genannten Ansätze alle Prozessdaten, die für eine ganzheitliche Darstellung innerbetrieblicher Logistikprozesse nötig sind. Insbesondere auf die Informationsflüsse wird nur unzureichend eingegangen. Grundlegend können die Prozessdaten jedoch durch die drei Hauptmerkmale Ressourcen, Objekte und Vorgänge zusammengefasst werden. Jedes Merkmal besitzt darüber hinaus verschiedene Ausprägungen, um einen Intralogistikprozess darzustellen. Das Ergebnis zeigt nachfolgende Tabelle 3-1.

Tabelle 3-1: Klassifizierung der Prozessdaten eines ganzheitlichen Intralogistikprozesses

Hauptmerkmale eines Intralogistischen Prozesses	Ausprägungen der Hauptmerkmale eines intralogistischen Prozesses
Ressourcen	Betriebsmittel und Hilfsstoffe
	Personal
	Flächen, Räumlichkeiten und Infrastruktur
Intralogistische Objekte	Material (im Sinne von Ware oder Gut)
	Information
Vorgänge und Aktivitäten	Beschreibung der Vorgänge
	Bewertung der Vorgänge (Qualität und Quantität)
	Verantwortlichkeiten
	Restriktionen
	Sonstige

Die einzelnen Merkmale und Ausprägungen intralogistischer Prozessdaten werden gemäß der Einteilung in Tabelle 3-1 in den folgenden Teilkapiteln gegliedert und de-

tailliert, wobei die intralogistischen Objekte Material und Information Teil der Vorgänge und Aktivitäten des Material- bzw. Informationsflusses sind. Die Ergebnisse sind die Basis für die Ausarbeitung der in Kapitel 5 vorgestellten Grundfunktionen.

3.1.1 Datenquellen für eine ganzheitliche intralogistische Datenbasis

Für die Prozessaufnahme mit dem Ziel einer späteren Prozessanalyse ist es von Vorteil, mögliche Datenquellen von Prozessdaten zu kennen. Um dem Prozessanalysten eine Hilfestellung zu bieten werden einleitend einige hiervon dargestellt.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 559 wurde ein umfassender Logistikdatensatz erarbeitet, der den Informationsbedarf für eine Prozesssimulation umfassend darstellt. Dazu wurden Datenklassifikationen aus der Literatur sowie Datenbedarfe verschiedener Simulationsprogramme und ERP-Systeme untersucht. Der dabei entstandene Logistikdatensatz ist für eine innerbetriebliche Prozessaufnahme jedoch zu umfangreich, kann aber als Datenquelle herangezogen werden [Höm-05].

[Jün-89] befasst sich mit wichtigen Kenngrößen für die Kommissionierung, Eingabedaten für die Simulation sowie mit Informationsbedarfen der Beschaffung, Produktion und Distribution. [Agg-90] führt in Form einer Checkliste Quellen und Basisdaten für eine technisch-funktionale Betriebsanalyse an. Auch die VDI-Richtlinie 3633 beschreibt für die Simulation von Logistiksystemen notwendige Daten als eine Erweiterung der Daten, die bei der Prozessaufnahme gewonnen werden, um die eingesetzten Ressourcen zu beschreiben [VDI3633]. Für eine innerbetriebliche Logistikprozessaufnahme sind sie wie [Höm-05], der darauf aufbaut, zu umfangreich und müssen dem entsprechend gefiltert werden.

Mögliche allgemeine Datenquellen sind nach [Arn-04] bspw. Betriebsdatenerfassungssysteme, Maschinen- und Anlagensteuerungsparameter und Produktionsplanungssysteme sowie die betriebliche Kostenrechnung. [Gün-10] bietet zudem Checklisten zur Unterstützung der Planung einzelner Unternehmensbereich. Weitere Quellen sind Datenblätter von Betriebsmitteln und, insbesondere für die Prozessaufnahme, Expertengespräche.

3.1.2 Beschreibung des Materialflusses

Zunächst werden die Begriffe Material und Materialfluss erläutert, um ein einheitliches Verständnis zu schaffen.

Unter dem Begriff Material werden alle Roh-, Werk-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Halbzeuge, Teile und Gruppen, die zur Fertigung eines Erzeugnisses notwendig sind, zusammengefasst. Im vorliegenden Fall wird der Begriff abstrakter als Synonym zu Ware oder Gut verwendet. Demnach ist darunter das dem jeweiligen Materialflussvorgang zu Grunde liegende Objekt zu verstehen, das durch sein Gewicht, Werkstoff und seine Abmessungen, Geometrie, Empfindlichkeit, Verpackung, Aufnahmemöglichkeit und Art Ansprüche an das Materialflusssystem stellt. Es ist oftmals hierarchisch aufgebaut, wenn bspw. Ladeeinheiten verwendet werden müssen, um eine Transport- oder Lagerfähigkeit herzustellen. Die verschiedenen Hierarchieebenen (z.B. Ware im Behälter auf einer Palette) bilden in verschiedenen Vorgängen des Materialflusses das zu Grunde liegende Objekt.

Der Materialfluss ist nach [VDI 2411] die Verkettung aller Vorgänge, die beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie Verteilen von Gütern innerhalb definierter Bereiche vorkommen. Bei den Gütern handelt es sich dabei um diskrete Objekte [Arn-07]. Irreführend ist der Fluss-Begriff in der Hinsicht, dass das Material im Prozess geplant oder ungeplant häufig ruht, es also zu Wartezeiten und Stockungen kommt [Arn-95]. Trotzdem sind auch Vorgänge des Liegens oder Lagerns Teil des Materialflusses.

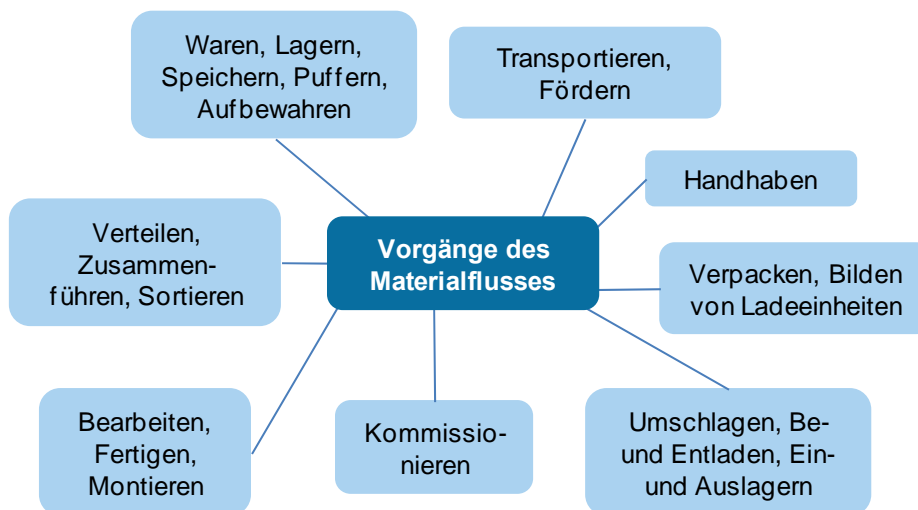


Abbildung 3-1: Vorgänge des Materialflusses

Im Folgenden werden verschiedene Vorgänge des Materialflusses unterschiedlicher Detaillierung sowie beschreibende Attribute genannt und ähnliche Vorgänge zusammengefasst (siehe Abbildung 3-1). Sie bilden die Basis für die in Kapitel 5 erläuterten standardisierten Grundfunktionen.

Vorgang Transportieren und Fördern

Das Fördern und Transportieren wird in [VDI2411] als das Fortbewegen von Arbeitsgegenständen in einem System bzw. als bewusste außer- und innerbetriebliche Raumüberbrückung von Gütern und Personen beschrieben [VDI3300], [Arn-04].

Das zu Grunde liegende Objekt wird nach [Gün-09] als Transport-, Förder- oder Ladeeinheit bezeichnet, die wiederum aus einem Transport- oder Fördergut und einem Lade- bzw. Transporthilfsmittel sowie einer möglichen Ladeeinheitensicherung besteht. Seine Eigenschaften wie Gewicht, Empfindlichkeit, Abmessungen oder Aufnahmemöglichkeit beeinflussen die Wahl des Transportmittels (siehe Kapitel 3.1.4). Mehrere Ladeeinheiten bilden die Ladung, die gegebenenfalls mit einem Ladungssicherungsmittel versandfertig gemacht wird [Jün-00].

Die wichtigsten Angaben für einen Transport- bzw. Fördervorgang sind Start- und Zielort oder Quelle und Senke sowie das zu transportierende Gut. Der dazwischen liegende Weg ist gekennzeichnet durch seine Beschaffenheit (z.B. Unebenheiten, Steigungen), Länge, Breite und Höhe sowie bestimmte Restriktionen wie die zulässige Geschwindigkeit. Neben dem horizontalen Weg kann auch der vertikale Weg auf ähnliche Weise betrachtet werden, bspw. beim Einsatz eines Vertikalförderers (in Anlehnung an [Arn-95]).

Beispielhafte Kenngrößen bzw. Kennzahlen sind der Abstand der einzelnen Förder- einheiten, der basierende Durchsatz, die Takt- und Zwischenankunftszeit [Arn-95] sowie der Fördergutstrom und dessen Charakteristik [Jün-00].

Die genannten Eigenschaften sind Anforderungen an mögliche Förder- und Transporttechnik und bestimmen deren Auswahl.

Vorgang Warten, Lagern, Speichern, Puffern und Aufbewahren

Da das Material beim Lagern definitionsgemäß liegt, handelt es sich streng genommen um keine Aktivität des Materialflusses [Arn-04] im Sinne eines Flusses. Jedoch benötigt der Vorgang Ressourcen und Zeit und stellt einen Bruch des Materialflusses dar, den es nach Möglichkeit zu vermeiden gilt.

Die VDI-Richtlinie 3300 unterscheidet zwischen Lagern als Unterbrechung des Materialflusses mit Übergang in einen Lagerbereich und Aufenthalt ohne diesen Übergang [VDI3300]. Bei [Gün-09] wird zwischen Puffern als permanentes Bereithalten,

Lagern als permanentes Bevorraten und Aufbewahren zum temporären Speichern unterschieden. Jedoch werden im vorliegenden Fall aus Gründen der Einfachheit das Warten, Lagern, Speichern, Puffern und Aufbewahren zusammengefasst und im weiteren Verlauf nur von Lagern gesprochen. Ein Lager verbindet Bereiche mit unterschiedlichem, nicht synchronisiertem Quelle-Senke-Verhalten und gleicht Liefer-, Verbrauchs- und Nachfrageschwankungen aus, um nachgelagerte Prozesse kontinuierlich zu versorgen [Arn-04], [Gün-09]. Oft geht es direkt einher mit Funktionen des Sammelns, Verteilens und Kommissionierens [Arn-95].

Die Beschaffenheit eines Lagers richtet sich am Lagergut aus. Dieses kann gasförmig, flüssig oder fest als Stück- oder Schüttgut vorliegen [Gün-07]. Weitere wichtige Eigenschaften sind die Stapelbarkeit, der zulässige Stapeldruck [Arn-04] sowie Temperatur, Klima, Geometrie, Abmessungen und Gewicht.

Zur Beschreibung eines Lagers gibt es eine Vielzahl an Attributen. Wichtig für das Ein- und Auslagern sind die Belegungs- und Bewegungsstrategien wie bspw. die ABC-Verteilung der Artikel im Lager [Gün-09].

Ebenfalls zahlreich sind die Kennzahlen zur Bewertung der Effizienz eines Lagers. Für den vorliegenden Fall sind der Füllgrad bzw. der mittlere Bestand, die Kosten pro Artikel, die Durchlaufzeit und die Fehllieferungsquote von Interesse, um den Effekt einer Prozessoptimierung grundlegende bewerten zu können. Weitere Kennzahlen bietet die Fachliteratur (siehe z.B. [Arn-95], [Arn-04], [Jün-00], [Gün-09]).

Vorgang Handhaben

Die VDI-Richtlinie 2860 bezeichnet das Handhaben als „Schaffen, definiertes Ändern oder vorübergehendes Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern in einem Bezugskoordinatensystem. Es besitzt die Teilfunktionen Speichern, Verändern (Menge, Position, Orientierung), Sichern und Kontrollieren [VDI2860]. Ohne Überschneidung bspw. zu Vorgängen des Prüfens oder Förderns definiert die VDI-Richtlinie 3300 das Handhaben als Bewegungsvorgang, der Vorgänge der Fertigung, des Förderns oder Lagerns einleitet [VDI3300]. Beispiele für das Handhaben sind nach [Gün-09] das Palettieren oder Be- und Entladen.

Der Handhabungsgegenstand kann ähnlich wie das Transportgut beschrieben werden, da das Handhaben Transportvorgänge einleitet und dabei das dort bewegte Gut handhaben muss.

Neben den Eigenschaften des Handhabungsgegenstands sind wichtige Informationen für den Handhabungsvorgang die Aufnahme- und Abgabehöhe bspw. beim Be- und Entladen sowie das Lageschema, die Sicherung der Ladeeinheit oder die Durchführung des Vorgangs (automatisiert, mechanisiert, manuell) [Gün-09]. Wichtig für die Bewertung ist bspw. die Angabe der Lastübergabezeit [Jün-00].

Vorgang Verpacken und Bilden von Ladeeinheiten

Beim Verpacken wird aus der Verpackung und dem Packgut in einem Packvorgang durch Verpackungsverfahren eine Packeinheit gebildet [DIN55405]. Es ist wichtig für den logistischen Prozess, indem es einheitliche Ladeeinheiten und damit Schnittstellen für den Transport und das Lagern bildet und deren sicheres Handling gewährleistet, Verkaufsfunktionen (z.B. Marketing) erfüllt, die Verwendung (z.B. Ergonomie, Umweltschutz) erleichtert oder die Identifikation des Packguts ermöglicht [Jün-00]. Es kann daher „als Element einer Systemlösung zur optimalen Sicherung der logistischen Aufgabe“ betrachtet werden [Arn-04]. Der Vorgang findet oftmals in mehreren Stufen statt.

Das Objekt des Verpackens ist das Packstück oder die Packung und liegt als Stückgut vor. Es entsteht beim Verpacken des Packguts mit Hilfe von Pack- und Packhilfsmitteln (Verpackung), die wiederum aus einem bestimmten Verpackungsmaterial bestehen [DIN55405]. Für den Transport und die Lagerung wird das Packstück mit dem Ladehilfsmittel und der Ladeeinheitensicherung zur Ladeeinheit vereinigt (siehe auch Vorgang Transport) [Jün-00].

Zu den wichtigsten Eigenschaften des Verpackens zählen die Materialeigenschaften. Sie legen bspw. fest, wie das Material zu verpacken ist (z.B. Temperatur, Empfindlichkeit, Geometrie, Abmessungen). Dabei kann ein bestimmtes Packschema nötig sein, um die Transportsicherheit zu gewährleisten (z.B. Verbundstapelung, Stapelhöhe, Gesamtgewicht der Ladeeinheit bzw. Ladung), das Material nicht zu beschädigen (z.B. zulässiger Stapeldruck) oder identifizieren zu können (z.B. Verdeckung von Informationsträgern, siehe auch Kapitel 2.4). Weitere Packvorgaben können aus internen Vorgaben oder Kundenwünschen resultieren (z.B. Aussehen der Verpackung).

Vorgang Verteilen, Zusammenführen und Sortieren

Die in der Fachliteratur aufgeführten Vorgänge Verteilen, Verzweigen bzw. in umgekehrter Richtung Sammeln, Zusammenführen sind sowohl hinsichtlich ihrer Eigenschaften als auch der verwendeten Ressourcen sehr ähnlich und auch unter synonymen Benennungen bekannt. Das Sortieren als weiterer Vorgang in dieser Gruppe kann als eine Art Zusammenfassung der genannten Vorgänge gesehen werden. Ein weiterer in diesem Zusammenhang genannter Vorgang ist das Konsolidieren.

Beim Verteilen werden als Teil des Sortierens nach Vorgaben einer Zielsteuerung einzelne Transporteinheiten aus einem Transportvorgang ausgeschleust. In der umgekehrten Richtung werden beim Zusammenführen Transporteinheiten in den Transportprozess eingeschleust [Gün-09].

Das Sortieren bezeichnet nach [Gün-09] die Identifizierung von Stückgut, das in ungeordneter Reihenfolge ankommt, nach vorgegebenen Merkmalen und verteilt das Gut entsprechend den Vorgaben einer Steuerung auf verschiedene Ziele. Da die Güter dabei einer homogenen Zielmenge zugeordnet werden, findet auch eine Zusammenführung statt. Das Sortieren beinhaltet somit mehrere Vorgänge wie das Fördern, Prüfen und Handhaben.

Da das Sortieren mehrere Vorgänge einschließt, sind auch deren Eigenschaften wichtige Informationen für die Beschreibung eines Sortiervorgangs (z.B. Fördergutstrom und dessen Charakteristik, Sortiment). Spezifische Eigenschaften, die sich nicht in anderen Vorgängen finden, sind bspw. die Anzahl der Sortierstufen, die Sortierreihenfolge oder das Sortierkriterium.

Vorgang Bearbeiten, Fertigen und Montieren

Sowohl die VDI-Richtlinie 2411 als auch die VDI-Richtlinie 3300 bezeichnen das Bearbeiten als einen Vorgang, bei dem der Rohstoff oder das Werkstück dem Zustand, in dem es den Betrieb verlassen soll, näher gebracht wird [VDI2411], [VDI3300]. Es ist eng verbunden mit dem Fertigen und Montieren, welches sich [Arn-04] aus verschiedenen einzelnen Vorgängen des Fügens, Handhabens, Kontrollierens und Justierens zusammensetzt. Die VDI-Richtlinie 2860 fasst weiter das Montieren und Handhaben zusammen [VDI2860]. Für die Intralogistik ist jedoch weniger das Montieren, sondern vielmehr dessen Material- und Informationsversorgung von Interesse.

Vorgang Umschlagen, Be- und Entladen, Ein- und Auslagern

Das Umschlagen fasst alle Förder- und Lagervorgänge beim Übergang von Gütern auf oder beim Abgang von Transportmitteln sowie beim Wechsel des Transportmittels zusammen [DIN30781]. Dabei finden Vorgänge des Be- und Entladens, Sortierens mit Identifizieren und Verteilen sowie Ein- und Auslagerns statt [Arn-04]. Nach dem Gedanke der klassischen TUL-Prozesse (Transport, Umschlagen, Lagern) ist es die Schnittstelle zwischen Transport und Lager, allerdings beinhaltet es auch Teilvorgänge, die dort vorkommen. Der Fokus liegt jedoch auf dem Wechsel der Arbeitsmittel (Lager-, Förder-, Handhabungs-, Verkehrs-, Produktionsmittel) zwischen Quelle und Senke [Jün-00]. Sie sind zeit- und kostenintensiv und daher zu vermeiden [Jün-00].

Die Beschreibung des Umschlagvorgangs ist analog der bereits behandelten Transport- und Handhabenvorgänge. Auch die eingesetzten Ressourcen sind ähnlich denen des Transportierens und Handhabens.

Ergänzungen sind bei den Vorgängen bspw. zur Art der Verladung (seitlich, Heck, von oben) und bei den Ressourcen zur verwendeten Rampe zu machen. Typische Kennzahlen sind die Anzahl der Ladeeinheiten pro Stunde und die benötigte Zeit pro Ladung [Jün-00].

Vorgang Kommissionieren

Beim Kommissionieren werden auf Grundlage von Bedarfsinformationen bzw. Auftrags aus einer Gesamtmenge von Artikeln bzw. Sortiment Teilmengen zusammengestellt [VDI3590]. Dabei wird auch die Anordnung der Artikel verändert [Arn-04]. Üblicherweise findet das Kommissionieren zwischen Wareneingang und Lager, Lager und Warenausgang oder Produktion statt [Gün-09]. Es vereint einige bereits aufgeführte Vorgänge und überschneidet sich insbesondere mit Vorgängen des Ein- und Auslagerns. Nach [Arn-04] spricht man demnach von einer Auslagerung bei ganzen Ladeeinheiten eines einzigen Artikels und von Kommissionieren bei Ladeeinheiten mehrerer Artikel, die zusammengeführt und gesammelt werden müssen. Der Kommissionierprozess setzt sich grundlegend aus dem Bereitstellen, der Entnahme, dem Zusammenführen, der Abgabe und dem Nachschub der Bereitstellplätze zusammen und beinhaltet demnach auch Handhabungs-, Sammel- und Fördervorgänge [Arn-04], aber auch Vorgänge des Informationsflusses mit der Erfassung,

Aufbereitung Weitergabe und Quittierung der Kommissionieraufträge [Sch-94b]. Hierin liegt großes Potenzial für AutoID-Techniken zur Unterstützung.

Die relevanten Objekte des Kommissioniervorgangs werden als Entnahme- und Abgabe- bzw. Greif- oder Pickeinheiten bezeichnet und sind die kleinste Einheit. Sie werden als Bereitstell- oder Lagereinheit bspw. in Form einer Palette bevorratet [Gün-09].

Die einzelnen, bereits genannten Teilvorgänge des Kommissionierens können wie erwähnt beschrieben werden. Darüber hinaus gibt es jedoch noch zahlreiche weitere Informationen, die für die Beschreibung eines Kommissioniervorgangs relevant sind.

Grundsätzlich besteht ein Kommissioniersystem aus dem Materialfluss-, Informations- und Organisationssystem. Das Materialflusssystem definiert die Durchführung durch die Bereitstellung (statisch, dynamisch), Fortbewegung (ein-, mehrdimensional), Entnahme (manuell, automatisch) und Abgabe (zentral, dezentral). Das Organisationssystem erklärt die Einlastung der Aufträge durch den Aufbau der Kommissionierzone (ein-, mehrzonig), den Ablauf (ein-, mehrstufig) und den Betrieb (nacheinander, gleichzeitig) [VDI3590].

Detaillierte Informationen liefern auch die Struktur des jeweiligen Auftrags, der einzelnen Artikel und des Kommissionierlagers [VDI3590] sowie Sortimentsdaten. Die für die intralogistische Prozessbeschreibung relevanten Informationen entsprechen jedoch den Eigenschaften der zu Grunde liegenden Teilvorgänge. Zudem listet die Fachliteratur zahlreiche Kennzahlen auf (siehe bspw. [Gün-09], [Arn-95]), die vereinfacht zu Zeit- und Kostenwerten zusammengefasst werden können.

3.1.3 Beschreibung des Informationsflusses

Zur Dokumentation, Steuerung und Überwachung des Materialflusses sind Informationen notwendig, die aus Nachrichten und Daten bzw. deren Interpretation gewonnen werden und objektbezogen zur Verfügung stehen müssen. Dazu müssen die Materialflussobjekte eindeutig identifiziert werden können [Arn-95].

In der Literatur wird zur Beschreibung des Informationsflusses in der Intralogistik nur wenig genannt. Nach [Arn-95] werden Informationen vom Informationssystem gespeichert, transportiert, verarbeitet und interpretiert, was einem allgemeinen Sender-Empfänger-Verhältnis entspricht. Konkrete einzelne Vorgänge oder Details hierzu

werden jedoch nicht genannt. Aus diesem Grund werden in Anlehnung an Erfahrungen aus den Gesprächen mit den Projektpartnern und deren Prozesse nachfolgend grundlegende Informationsflussvorgänge genannt und beschrieben (siehe Abbildung 3-2).

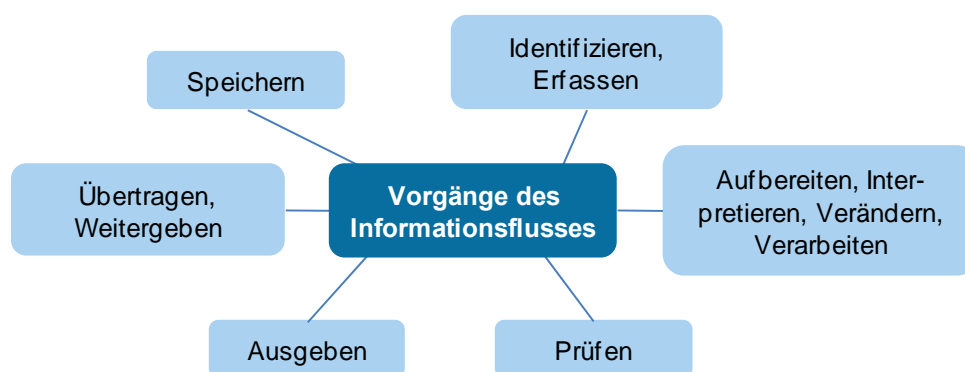


Abbildung 3-2: Vorgänge des Informationsflusses

Vorgang Identifizieren und Erfassen

Unter dem Erfassen wird allgemein die Aufnahme von Informationen verstanden. Das Identifizieren bezeichnet in diesem Zusammenhang speziell das eindeutige Erkennen eines Objekts, indem dessen charakteristische Merkmale wie Aussehen, Farbe, Geruch, Gewicht oder eine Nummer [Gün-07] erfasst werden. Die bedarfsgerechte, zeitnahe Informationsaufnahme ist somit der erste und entscheidende Schritt, um einen intralogistischen Prozess wie gefordert dokumentieren, steuern und überwachen zu können.

Das Objekt der Informationserfassung ist die Information selbst, die sich nach [Gün-07] in Auftrags-, Konfigurations-, Materialdaten, ID, Sensor- und Aktordaten gliedern lässt. Sie steht auf einem Informationsträger, der ein Stück Papier, ein elektronisches Bauteil oder ein Materialflussobjekt sein kann und auf verschiedene Weise mit dem Objekt verbunden ist (z.B. Applikation, Integration). Je nach Ebene der Kennzeichnung wird dabei vom eigentlich zu identifizierenden Identifikationsobjekt (z.B. Artikel xy) und Kennzeichnungsobjekt (z.B. gekennzeichnete Behälter mit Artikel xy) gesprochen. Die Beschaffenheit dieses Objekts (z.B. Material, Geometrie, Abmessungen, Beanspruchung) kann maßgeblich für die Erfassung des Objekts sein (siehe auch Kapitel 2.4). Auch die Art, wie die Information vorliegt (z.B. Datenmenge, -standard, -format) bzw. vorliegen muss, ist eine wichtige Eigenschaft für den Erfassungsvorgang.

Um für den Vorgang mögliche Optimierungspotenziale und eine geeignete Erfassungstechnik ableiten zu können, muss die Informationsaufnahme an sich bisweilen recht detailliert beschrieben werden. Wichtige Charakteristika sind die erforderliche Leserate als Verhältnis aus der Anzahl der Identifikationen und der Menge der zu identifizierenden Objekte [Gün-09b], die erforderliche Lese- bzw. Schreibentfernung, die Anzahl der in einem Erfassungsvorgang aufzunehmenden Objekte und die hierfür zur Verfügung stehende bzw. benötigte Zeit. Weiterhin ist anzugeben, ob eine Sichtverbindung zwischen Informationsträger und Erfassungshardware vorhanden ist, wo der Informationsträger am Objekt sitzt und wie er zur Hardware orientiert ist. Einen entscheidenden Einfluss kann hierbei auch die lokale Umgebung haben (siehe Kapitel 2.4).

Die Bewertung des Erfassungsvorgangs kann anhand von Kennzahlen wie der zulässigen bzw. vorhandenen Fehlerrate, Art des Vorgangs (manuell, mechanisiert, automatisiert) und Erfassungszeit vorgenommen werden.

Vorgang Information erzeugen, verändern und verarbeiten

Im Laufe eines intralogistischen Prozesses müssen Informationen erzeugt und von einer in eine andere Form transformiert werden (z.B. Digitalisieren papiergebundener Informationen). Des Weiteren müssen sie nach vorgegebenen Regeln verarbeitet, verknüpft oder verändert werden, um bspw. aus Inputs nach vorgegebenen Regeln Outputs zu generieren. Beispiele hierfür sind der Soll-Ist-Vergleich bei Kontrollvorgängen, die Aufbereitung eines Kundenauftrags oder die Quittierung eines Kommissionierauftrags, aber auch der Ausdruck eines Warenbegleit- oder Lieferscheins.

Wichtige Charakteristika sind daher die benötigten Inputs, Outputs und deren Form (z.B. Datenformat) sowie die dafür zu Grunde liegenden Regeln oder Algorithmen.

Vorgang Information ausgeben

Der Vorgang der Informationsausgabe ist die umgekehrte Richtung der Informationserfassung. Wichtig ist die Beschreibung der Informationsdarstellung, bspw. durch das Datenformat, die Informationsqualität und den Detaillierungsgrad.

Vorgang Information speichern

Die Information muss während eines Prozesses an verschiedenen Stellen temporär oder dauerhaft gespeichert werden. Beispiele sind das Beschreiben eines Datenträgers, das Speichern oder Aktualisieren der Objekthistorie sowie das Archivieren von Dokumenten. Relevante Eigenschaften sind die Art der zu speichernden Information und deren Datengröße sowie die geforderte Datensicherheit.

Vorgang Information weitergeben und übertragen

Ähnlich dem Transportvorgang des Materialflusses muss auch die Information zwischen Quelle bzw. Sender und Senke bzw. Empfänger ausgetauscht werden. [Gün-07] unterscheidet dabei zwischen leitungsgebundener (z.B. Kabel), nicht leitungsgebundener (z.B. Funk, Infrarot) und materialgebundener (z.B. Barcode, Transponder) Datenübertragung.

Wichtige Angaben zur Übertragung sind nach [Arn-95] die räumliche und zeitliche Lage der Informationsquellen und -senken, Art und Umfang der zu übertragenden Datensätze, Umgebungs- und Störeinflüsse und die Übertragungsentfernung. Weiterhin nennt [Gün-07] die benötigte Datenrate, zur Verfügung stehende Frequenz bzw. Band und Kanal, das Übertragungsprotokoll bzw. den Übertragungsstandard und allgemein Schnittstellen.

Vorgang Prüfen

Das Prüfen wird in vielen Quellen eigentlich als Vorgang des Materialflusses genannt und bezeichnet jeden dort vorkommenden Kontrollvorgang, bspw. das Messen, Zählen und Wiegen [VDI3300]. Es ist demnach sehr eng mit der Informationsverarbeitung verbunden und hiervon nicht trennscharf zu unterscheiden. Es beinhaltet zudem auch die Erfassung der Soll- und Ist-Informationen, die für einen derartigen Vergleich notwendig sind. Somit handelt es sich beim Prüfen um einen kombinierten Vorgang, der in Anlehnung an die Einzelvorgänge beschrieben werden kann.

3.1.4 Beschreibung der eingesetzten Ressourcen

Die Ressourcen gliedern sich in Betriebsmittel und Hilfsstoffe sowie Personal. Die Betriebsmittel sind sowohl bewegliche als auch unbewegliche Mittel der Leistungserstellung (in Anlehnung an [Mül-04]). Das Personal wird in manuell durchgeführten

oder mechanisierten Vorgängen eingesetzt. Eine weitere Ausprägung der Ressourcen ist die Räumlichkeit und Infrastruktur, die für den Vorgang benötigt wird.

Das Kapitel stellt die einzelnen Betriebsmittel der zuvor aufgeführten Vorgänge, die für intralogistische Prozesse relevant sind, sowie die Personalressource dar und nennt grundlegende, wichtige Attribute für deren Einsatz in einem innerbetrieblichen Logistikprozess. Die Beschreibung soll in der in Kapitel 5 vorgestellten Methode den Anwender bei der Auswahl geeigneter Ressourcen für bestimmte Vorgänge unterstützen und bspw. durch das Hinterlegen von Kostensätzen eine einfache monetäre Bewertung ermöglichen.

Transport- und Fördermittel

Die Transporttechnik oder das Transportmittel fassen die innerbetriebliche Förder-technik (Fördermittel) und außerbetriebliche Verkehrstechnik (Verkehrs-, Transportmittel) zusammen [Gün07]. Die Fördertechnik bedient dabei eher kürzere Entfernungen [Jün-00]. Mögliche Auswahlkriterien sind die Beschaffenheit und Art der Güter und des horizontalen bzw. vertikalen Transportwegs (siehe Kapitel 3.1) [Gün-09]. Die Transportmittel müssen hierzu eine bestimmte Manövrierbarkeit, Aufnahmemöglichkeit, Abmessungen (z.B. Höhe, Arbeitsgangbreite), Gewicht und Geschwindigkeiten beim Fahren, Heben, Senken sowie Kapazitäten, Hubhöhen, Energieversorgung oder Tragfähigkeiten aufweisen (vgl. [Arn-04]).

Wichtige Eigenschaften sind neben der Förderleistung, Spiel- oder Greifzeiten die Art des Arbeitsprinzips (stetig oder unstetig), sowie insbesondere die Automatisierbarkeit bzw. der autonome Betrieb ohne personelle Unterstützung.

Lagermittel

[Arn-04] zählt den eigentlichen Aufbau des Lagers sowie die im Lager verwendeten Fördermittel zu den Lagermitteln. Unter dem Begriff der Subsysteme eines Lagers versteht [Gün-09] neben der Lagereinrichtung und den Fördermitteln zur Bedienung das Lagergut, Gebäude und die Steuerung. Die Eigenschaften der Lagermittel ähneln daher stark den Transport- und Fördermitteln.

Für das eigentliche Lagern sind insbesondere die Lagereinrichtung und das Gebäude sowie die Steuerung von Interesse. Das Gebäude lässt sich durch den Flächen- und Raumbedarf, die Infrastruktur oder klimatische Anforderungen beschreiben. Die

Lagereinrichtung ist direkt abhängig vom Lagergut und dessen zahlenmäßiger Verteilung (Sortiment) sowie der Kapazität und Tragfähigkeit.

Handhabungsmittel

[Jün-00] unterteilt die Handhabungsmittel in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2860 in Einzweck- und Universalgeräte ein. Erstere dienen zum Speichern, Verändern, Spannen und Kontrollieren, wodurch sie mehrere Betriebsmittel in sich vereinen. Beispiele für Zweitere sind Manipulatoren und Roboter.

Das Handhabungsmittel verfügt über ein Lastaufnahmemodul in Abhängigkeit vom Handhabungsgegenstand. Für die Aufnahme und Abgabe von Objekten sind bspw. die Hubhöhe, Tragfähigkeit und Manövrierbarkeit entscheiden.

Betriebsmittel für die Verpackung

Das Packmittel (z.B. Kiste) umhüllt das Packgut, hält es zusammen und sorgt für dessen Versand-, Lager- und Verkaufsfähigkeit. Die Packhilfsmittel, bspw. Klebeband, Umreifen, Antislip, Warnhinweise, Posterstoffe oder die Kennzeichnung, stellen die Funktion der Verpackung her. Pack- und Packhilfsmittel sind aus bestimmten Werkstoffen, den Packstoffen, hergestellt und bilden zusammen die Verpackung [Arn-07], [DIN55405]. Der eigentliche Packvorgang wird oftmals mit Verpackungstechniken, bspw. Packrobotern, durchgeführt. Sie bilden das Packstück und zusammen mit Ladehilfsmitteln und Ladeeinheitensicherung die Ladeeinheit [Jün-00].

Die Auswahl der Pack- und Packhilfsmittel sowie der eingesetzten Verpackungstechnik hängt in erster Linie von den Eigenschaften des Packguts sowie möglichen Vorgaben für den Verpackungsvorgang ab (siehe Kapitel 3.1).

Sortier-, Verteil- und Sammeltechnik

Technische Einrichtungen für das Verteilen, Zusammenführen bzw. Sammeln sind aktive und passive Verzweigungen wie z.B. Verschiebewagen und Weichen [Arn-95]. Sie können nach dem Wirkprinzip in zu- und abfördernde, abweisende und Kraftfeld-Wirkungs-Systeme gegliedert werden [Jün-00]. Wichtige Angaben sind Durchsatz und Leistungsfähigkeit abhängig vom Fördergutstrom und dessen Verhalten.

Informationstechnik

Wichtige Parameter der Erfassungstechnik betreffen zunächst die eigentliche Informationsaufnahme und beinhalten unterstützte Standards und Protokolle auch unter Berücksichtigung der möglichen Datenverschlüsselung. Ferner gehören hierzu die mögliche Lese- und Schreibreichweite, der erforderliche Sichtkontakt, benutzte Frequenz, Kanal und Band und die mögliche Datenerfassungsrate insbesondere im Hinblick auf die gleichzeitige Erfassung mehrerer Objekte. Wichtig für die Flexibilität der Anwendung sind die Robustheit, Mobilität, Energieversorgung, Automatisierungsgrad und Orientierungsabhängigkeit des Informationsträgers.

Für die Verarbeitungstechnik spielen die genaue Beschreibung der zu verarbeitenden Informationen (siehe Kapitel 3.1.3) und des dafür nötigen Algorithmus eine wichtige Rolle. Entscheidend ist zudem, ob sich im Falle einer technikgestützten Verarbeitung eigene Anwendungen implementieren lassen.

Die Anforderungen an Speichertechnik betreffen aus Anwendersicht hauptsächlich die Speicherkapazität, zulässige Datenformate und die Datensicherheit aus Sicht des Datenzugriffs und der Langzeitbeständigkeit. Dahingegen sind für die Übertragungstechnik die Angabe der Datenrate, genutzten Frequenz (bzw. Band, Kanal), der verwendeten Protokolle und Standards sowie allgemeinen Schnittstellen von Bedeutung [Gün-07].

Personal

Das Personal ist eine Schlüsselressource der Intralogistik. Es gibt verschiedene Ansätze, die den Mitarbeiter beschreiben, bspw. das Fünf Faktoren Modell der Psychologie. Mit Bezug zur Logistik definiert [Str-05] mit dem folgsamen Mitarbeiter, der klare Anweisungen erwartet, sowie dem eigenständigen Mitarbeiter zwei grundsätzliche Mitarbeitertypen, die für verschiedene Logistikstrategien geeignet sind. Mögliche Angaben zum Personal sind dessen fachliche Qualifikation, Handlungskompetenz, Anzahl oder Arbeitszeiten [Arn-04]. [Jün-00] klassifiziert den Mitarbeiter nach dessen sensomotorischen Fähigkeiten, Flexibilität, Kostensatz, physischer und psychischer Belastung sowie intrinsischer und extrinsischer Motivation.

3.2 Prozessebenenmodell zur Gliederung intralogistischer Prozesse

Nach [Ber-07] muss zu Beginn eines Simulationsmodells eine detaillierte Beschreibung der Aufgabe erfolgen, die die Systemgrenzen und den Detaillierungsgrad festlegt und eine zielgerichtete Informationsgewinnung ermöglicht. Dieser Sachverhalt ist auch auf die Prozessaufnahme übertragbar. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang die Gliederung eines Logistikprozesses. Dabei gibt es verschiedene Betrachtungsweisen, die sich bisweilen nicht klar voneinander trennen lassen.

Zunächst werden verschiedene Gliederungsmöglichkeiten vorgestellt. Die Einteilung nach Funktionsbereichen ist eher organisatorischer Natur nach zeitlichen und räumlichen Aspekten, wohingegen Leistungsbereiche eher durchgeführte Aktivitäten und die dabei eingesetzte Technik betrachten. Die Einteilung nach Kostenstellen fokussiert hingegen eher die verursachungsgerechte Kostenzuordnung, während die Prozesssicht logistische Abläufe in den Vordergrund rückt. Abschließend wird auf den Ansätzen ein intralogistisches Prozessebenenmodell abgeleitet, das in Kapitel 5 wieder aufgegriffen wird.

Einteilung nach Bereichen

Häufig ist die Einteilung nach Unternehmensbereichen zu finden. [Sys-90] gliedert die Unternehmensbereiche produzierender Unternehmen in die Beschaffungs-, Fertigungs- und Montage- sowie Distributionslogistik. Nach [Arn-95] gehören hierzu der Wareneingang und Warenausgang, die Produktion mit Montage und Fertigung sowie das Lager, das jedoch kein eigener Bereich ist, sondern zu den erstgenannten drei Bereichen jeweils dazu zählt.

Zu den Funktionsbereichen zählen nach [Arn-04] der Wareneingang inklusive Qualitätskontrolle, das Lager, der Dienstleistungsbereich mit der Kommissionierung und Verpackung und der Warenausgang. Jedem dem Hauptbereiche werden verschiedene Vorgänge zugeordnet. Eine ähnliche Strukturierung ist bei [Gün-09] zu finden, wo die Kommissionierung sowie die Fertigung jeweils ein eigener Funktionsbereich sind. Auch hier sind einzelne Vorgänge in den Bereichen aufgeführt.

Eine Einteilung nach Leistungsbereichen eines Logistikzentrums mit Wareneingang, Warenausgang, Lager und Kommissionierung findet sich bei [Gud-07]. [Gud-07] er-

weitert diesen Ansatz um organisatorische Bereiche wie bspw. die Administration, Disposition, Arbeitsvorbereitung oder Betriebsleitung.

Einteilung nach Prozessen

Die VDI-Richtlinie 4490 gliedert die Warenwirtschaft in Einkauf, Materialdisposition, Lagerverwaltung, Versand und Auslieferung, ohne weitere Stufen zu nennen [VDI4490]. Bei [Fig-08] finden sich insgesamt acht Hauptprozesse (Wareneingang, Retouren, Cross Docking, Einlagerung, Auslagerung und Kommissionierung, Versand, Verpackung, Inventur), die jedoch streng genommen unterschiedlich detailliert sind. Eine sehr anwendungsnahe, einfach verständliche Gliederung nutzt [Vil-06]. Die drei Hauptprozesse Wareneingang, Lagermanagement und Warenausgang verfügen jeweils über Subprozesse. Während bei [Vil-06] die Kommissionierung ein Subprozess des Warenausgangs ist, ist sie bei [Gün-09] neben dem Wareneingang, Transport und Warenausgang ein eigener übergeordneter Prozess. Jeder dieser Prozesse wird auf einer weiteren Ebene mit untergeordneten Subprozessen weiter unterteilt.

Einteilung nach Kostenstellen

Einen weiteren Ansatz zeigt die VDI-Richtlinie 4405, die den Wareneingang, Warenausgang, und Transport sowie die Kommissionierung und das Lager als Kostenstellen aufführt [VDI4405].

Prozessebenenmodell für die Intralogistik

Auf Grundlage der dargestellten Ansätze der Prozessgliederung stellt Tabelle 3-2 ein intralogistisches Prozessebenenmodell dar. Es beruht in erster Linie auf den prozessorientierten Ansätzen nach [Gün-09] und [Vil-06], die im Hinblick auf eine intralogistische Prozessdarstellung einfach nachvollziehbar und anwendbar sind.

Das Modell gliedert die intralogistischen Prozesse in die Hauptprozesse Wareneingang, Kommissionierung, Lager, Produktionsversorgung und Warenausgang. Jeder Hauptprozess setzt sich wiederum aus verschiedenen, typischen Teilprozessen zusammen.

Tabelle 3-2: Prozessebenenmodell für die Intralogistik (in Anlehnung an [Gün-09])

Hauptprozesse	Teilprozesse
1. Wareneingang	1.1 Warenannahme (Entladen, Prüfen)
	1.2 Leergut- und Retourenmanagement
	1.3 Qualitätskontrolle
	1.4 Warenvereinnahmung (Buchen)
	1.5 Umpacken und Bereitstellen
2. Kommissionierung	2.1 Bereitstellen Bereitstellung
	2.2 Rüsten
	2.3 Durchführen (Entnahme, Abgabe)
	2.4 Zusammenführen
	2.5 Nachschub
3. Lager	3.1 Einlagern
	3.2 Auslagern
4. Produktionsversorgung	4.1 Bereitstellen und Beliefen
	4.2 Produktion entsorgen
5. Warenausgang	5.1 Zusammen- und Bereitstellen
	5.2 WA-Prüfung
	5.3 Verpacken und Belege
	5.4 Versand und Beladen

Das beschriebene Prozessebenenmodell wird in Kapitel 5 zur Unterteilung der Prozesse genutzt und bildet zudem die Grundlage für ein in diesem Rahmen vorgestelltes hierarchisches Prozessebenenmodell.

4 Vergleich von Prozessdarstellungsmethoden als Entwicklungsgrundlage

Wie in Kapitel 2.2 dargelegt gibt es eine Vielzahl an Methoden zur Aufnahme und Darstellung von Prozessen. Im vorliegenden Kapitel werden in Anlehnung an [Sch-11] einige der genannten Methoden bewertet, um darauf aufbauend die neue Methode zu entwickeln.

Zunächst werden Methoden identifiziert, die prinzipiell für die Dokumentation logistischer Prozesse angewendet und hinsichtlich der in Kapitel 1.2 vorgestellten Zielstellungen bewertet werden können. Um eine Bewertung durchführen zu können muss dazu ein geeignetes Bewertungsverfahren gefunden werden, dass die Gestaltung und Anwendung hierarchischer Bewertungskriterien unterstützt.

Anschließend werden Anforderungen an eine ganzheitliche Methode zur Darstellung intralogistischer Prozesse definiert, gegliedert und in Form eines hierarchischen Zielkriterienkatalogs zusammengefasst. Um eine objektive Beurteilung der Methoden hinsichtlich der Zielkriterien zu gewährleisten stellt Kapitel 4.4.1 einen innerbetrieblichen Musterprozess vor, der jeweils mit den Methoden darzustellen ist. Die Ergebnisse der Stärken-Schwächen-Analyse dienen als Benchmark (siehe Kapitel 4.4.3) zur Entwicklung der neuen Methode.

4.1 Auswahl gängiger Prozessdarstellungsmethoden

Zur Auswahl von Methoden, die prinzipiell für die Darstellung von Prozessen Anwendung finden, wurde ein Fragebogen entworfen (siehe auch [Sch-11]). Darin werden die in Kapitel 1.2 erläuterten Methoden aufgeführt und deren Nutzungshäufigkeit und Anwendungsgebiet bzw. Einsatzzweck, Stärken und Schwächen sowie die Expertise der Befragten ermittelt, wobei Mehrfachnennungen und freie Ergänzungen möglich waren.

Die Adressaten des Fragebogens sind Prozessingenieure von Forschungs- und Industriepartnern, die sich in der Praxis häufiger mit der Darstellung und Analyse von Logistikprozessen befassen. Insgesamt liegen die Aussagen von 11 Experten vor, von denen acht häufig und die restlichen fünf Personen regelmäßig Prozessanalysen

durchführen. In Abbildung 4-1 sind die von ihnen genannten Methoden, die Gegenstand der Bewertung in Kapitel 4.4 sind, und deren Nutzungshäufigkeit dargestellt.

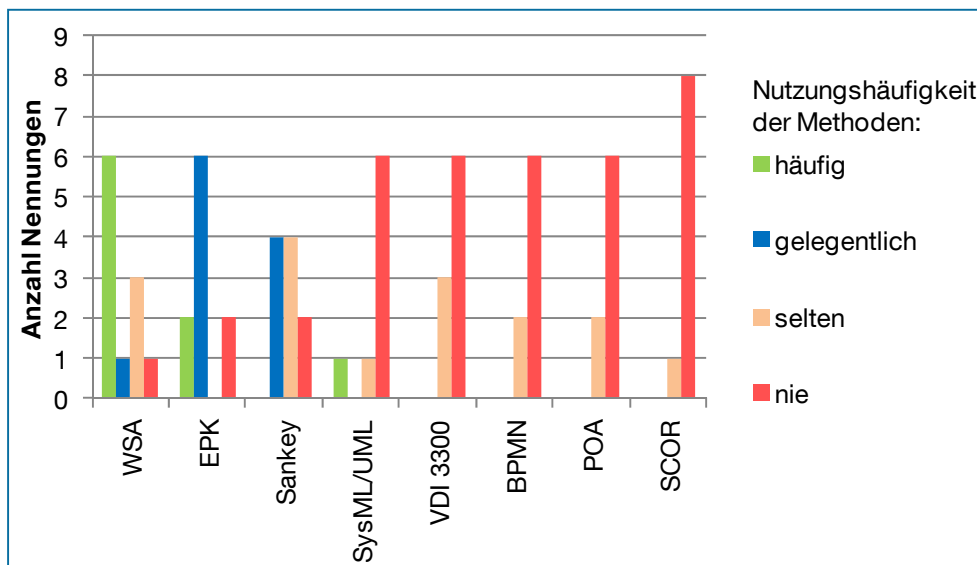


Abbildung 4-1: Auswahl der Prozessdarstellungsmethoden gemäß deren Nutzungshäufigkeit [Sch-11]

Am häufigsten werden demnach die WSA sowie die EPK bzw. das Flussdiagramm, die an dieser Stelle wegen ihrer grundsätzlichen Ähnlichkeit zusammengefasst wurden, verwendet. Zumindest gelegentliche Anwendung findet das Sankey-Diagramm. Die weiteren Methoden sind im Vergleich zu den erstgenannten zumindest in dieser Auswertung kaum in der Praxis zu finden. Mit Ausnahme der UML, die von einer Person häufig genutzt wird, kommen alle anderen Methoden bei den Befragten selten bis gar nicht zum Einsatz.

Als Gründe hierfür werden die Fokussierung von Methoden auf einzelne Einsatzbereiche, bspw. die Unterstützung einer Software-Implementierung bei der UML, der ungeeignete Detaillierungsgrad oder keine ausreichende Flexibilität der Darstellung logistischer Prozesse angegeben.

Ein weiterer untersuchter Aspekt ist der Zusammenhang zwischen der Erfahrung der befragten Anwender bzw. der Häufigkeit von Prozessanalysen und deren verwendeten Methoden (siehe Abbildung 4-2). Die SysML bzw. UML wird nur von einem Anwender genutzt, der die Prozessanalyse jedoch zu seinem Tagesgeschäft zählt. Dies ist ein erster Hinweis auf eine gewisse Erfahrung und Methodenkenntnis, die beim Einsatz der SysML notwendig ist. Bei den anderen häufiger genannten Methoden lässt sich zwar kein direkter Zusammenhang feststellen, jedoch sind erste Hinweise zur Anwendbarkeit möglich.

Die WSA wird verhältnismäßig häufig von Anwendern genutzt, deren Tagesgeschäft die Prozessanalyse ist, jedoch auch von Personen mit eher selteneren Prozessanalysen. Die in diesem Zusammenhang gemachten Angaben zeigen, dass die WSA trotz ihrer Fokussierung auf der Wertstromdarstellung (siehe Kapitel 2.2) auch für andere Einsatzzwecke genutzt und hierfür auf verschiedene Arten adaptiert wird.

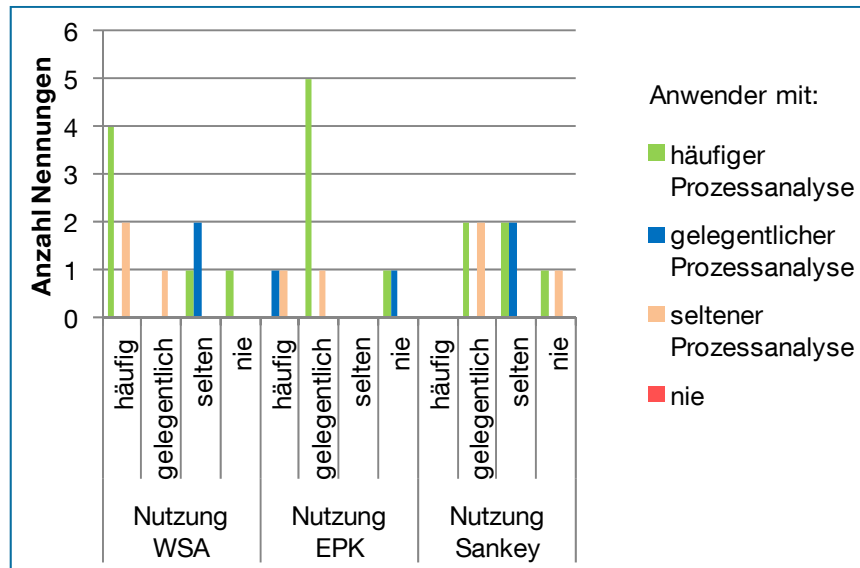


Abbildung 4-2: Zusammenhang zwischen Anwenderexpertise und Nutzungshäufigkeit der Methoden [Sch-11]

Die EPK findet bei Personen mit häufiger Prozessanalyse eher gelegentlich Anwendung. Personen, die Prozesse regelmäßig darstellen, nutzen sie hingegen öfter. Ein möglicher Grund hierfür ist die relativ einfache Anwendbarkeit.

Unabhängig von der Expertise kommt hingegen das Sankey-Diagramm wegen der einfachen Handhabbarkeit zumindest für eine grobe Übersicht über den Materialfluss zum Einsatz, Es wird deshalb des öfteren unterstützend für eine erste Grobaufnahme verwendet.

Durchschnittlich nutzt jeder der Befragten mehrere Methoden, wobei jedoch immer eine Methode primär angewendet wird. Die Ursache hierfür mag die Spezifizierung einzelner Methoden auf bestimmte Einsatzbereiche oder -zwecke, also deren fehlende Allgemeingültigkeit sein. Untermuert wird diese Einschätzung durch die Aussagen zur Adaption der Methoden. Ausnahmslos alle Anwender geben an, die von ihnen hauptsächlich genutzte Methode in irgendeiner Form spezifisch angepasst zu haben, um Logistikprozesse in Abhängigkeit von der jeweiligen Zielstellung möglichst vollständig abbilden zu können. Diese Aussage unterstreicht somit die zu An-

fang erläuterte Notwendigkeit einer neuen Methode für die Darstellung intralogistischer Prozesse.

Die erzielten Aussagen erheben auf Grund der relativ kleinen Anzahl an Befragten keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit. Sie geben jedoch die Eindrücke von Anwendern wider und unterstützen somit die in Kapitel 4.3 durchgeführte Bewertung. Die Nutzungshäufigkeit der Methoden ist auch ein Indiz für deren Anwenderfreundlichkeit und die Qualität der dargestellten Prozesse. Im vorliegenden Fall ist jedoch auf Grund der zu geringen Datenbasis keine diesbezügliche verlässliche Aussage möglich, weshalb eine umfassende Bewertung unumgänglich ist (siehe Kapitel 4.4).

4.2 Auswahl eines Bewertungsverfahrens

Die Bewertung der in Kapitel 4.1 ausgewählten acht Methoden setzt ein möglichst objektives Bewertungsverfahren voraus, das die Ableitung eines quantitativen Nutzwerts aus mitunter qualitativen Zielkriterien unterstützt [Sch-11]. Die mögliche Hierarchisierung der Kriterien muss dabei ebenfalls gelöst werden können, um die Methoden, die den zu untersuchenden Lösungsraum bilden (siehe Abbildung 4-1), nachvollziehbar miteinander vergleichen zu können. Hilfreich ist dabei ein paarweiser Vergleich Alternativen, wobei es insbesondere bei Vergleichen höherer Komplexität zu Inkonsistenzen kommen kann, die das Verfahren handeln muss [Saa-08].

Neben der relativ weit verbreiteten Nutzwertanalyse (NWA) stehen als Bewertungsverfahren bspw. das Multikriterienverfahren nach Ghandforoush (MKV) und der analytisch hierarchische Prozess (AHP) zur Verfügung. Im Hinblick auf die genannten Anforderungen ermittelt nach [Oss-96] lediglich der AHP zuverlässig Inkonsistenzen eines paarweisen Vergleichs. Beim MKV ist es zudem von Nachteil, dass die Kriterien nur in feste Gruppen (quantitativ, qualitativ, kritisch) unterteilt, jedoch nicht hierarchisiert werden können [Gha-85]. Aus diesen Gründen wird der AHP nach [Saa-08] für die Bewertung zu Grunde gelegt.

Für den paarweisen Vergleich der Zielkriterien sowie deren Erfüllung durch die einzelnen Methoden stellt der AHP eine reziproke Werteskala zwischen 1/9 für absolut unterlegen und 9 für dominant zur Verfügung. Aus den auf diese Weise erzielten Einzelwerten wird über mehrere Stufen der quantitative Nutzwert einer Lösung gebildet. Für die Konsistenz muss für jeden paarweisen Vergleich die Bedingung nach folgender Formel erfüllt sein.

$$V_{ij} = 1/V_{ji} \quad (4-1)$$

Zur Überprüfung der Konsistenz gibt der AHP einen Inkonsistenzfaktor (IK) vor, in den der Eigenwert der quadratischen Vergleichsmatrix, die sich aus dem paarweisen Vergleich der Kriterien ergibt, und ein dem AHP eigenes Vergleichsmaß, das abhängig von der Anzahl der Spalten der Vergleichsmatrix ist, eingehen. Ab einem IK größer 1 ist von einer inkonsistenten Vergleichsmatrix auszugehen [Oss-96].

Im ersten Schritt des AHP werden die Zielkriterien paarweise miteinander verglichen, gewichtet und in einer Vergleichsmatrix (VM) auf Inkonsistenzen überprüft. Der Gewichtungsvektor (GV) berechnet sich aus der Normierung des Reihensummenvektors (RV) der VM. In den weiteren Schritten werden die einzelnen Methoden in verschiedenen VM verglichen, indem die jeweilige Erfüllung der Zielkriterien bewertet wird. Die einzelnen VM werden wiederum quadriert, der jeweilige RV gebildet und normiert. Daraus ergibt sich der Erfüllungsvektor der verschiedenen Methoden für das jeweilige Zielkriterium, auf dem die Erfüllungsmatrix aufbaut, die wiederum mit dem GV multipliziert wird [Oss-96], [Saa-08].

Der paarweise Vergleich der einzelnen Zielkriterien durch die Zuordnung von Dominanzen hat den Nachteil, dass jede Zuordnung immer größer Null ist auch wenn das betreffende Kriterium bei einer Alternative überhaupt nicht vorkommt. Als Folge wird der Nutzwert der Alternative bezüglich des Kriteriums entgegen der Logik größer Null, worunter die Aussagekraft des AHP zumindest theoretisch leiden kann.

4.3 Anforderungen an eine ganzheitliche Prozessdarstellungsmethode

Nachdem die zu bewertenden Methoden und das Bewertungsverfahren festgelegt sind, müssen die der Bewertung zu Grunde liegenden Zielkriterien definiert werden. Allgemeine Anforderungen, wie bspw. die Ganzheitlichkeit, Intuitivität, Allgemeingültigkeit und Objektivität wurden bereits in Kapitel 1.2 aufgelistet. Im vorliegenden Kapitel gilt es jedoch, einen klar strukturierten Zielkriterienkatalog abzuleiten, der die Anforderungen an die Prozessdarstellung in der Praxis berücksichtigt und auf den in Kapitel 3.1 genannten erforderlichen Prozessdaten aufbaut. Aus diesem Grund wurde ein weiterer Fragebogen erstellt und an die bereits beschriebene Zielgruppe ausgegeben. Die auf diese Weise erhaltenen Anforderungen (siehe Abbildung 4-3) wur-

4 Vergleich von Prozessdarstellungsmethoden als Entwicklungsgrundlage

den durch Aussagen der Fachliteratur sowie eigene Erfahrungen aus Industrieprojekten ergänzt, klassifiziert und schließlich hierarchisiert, wobei jedes Kriterium eindeutig definiert ist. Unter Anwendung des AHP (siehe Kapitel 4.2) kann ein gewichteter Zielkriterienkatalog abgeleitet werden [Sch-11].

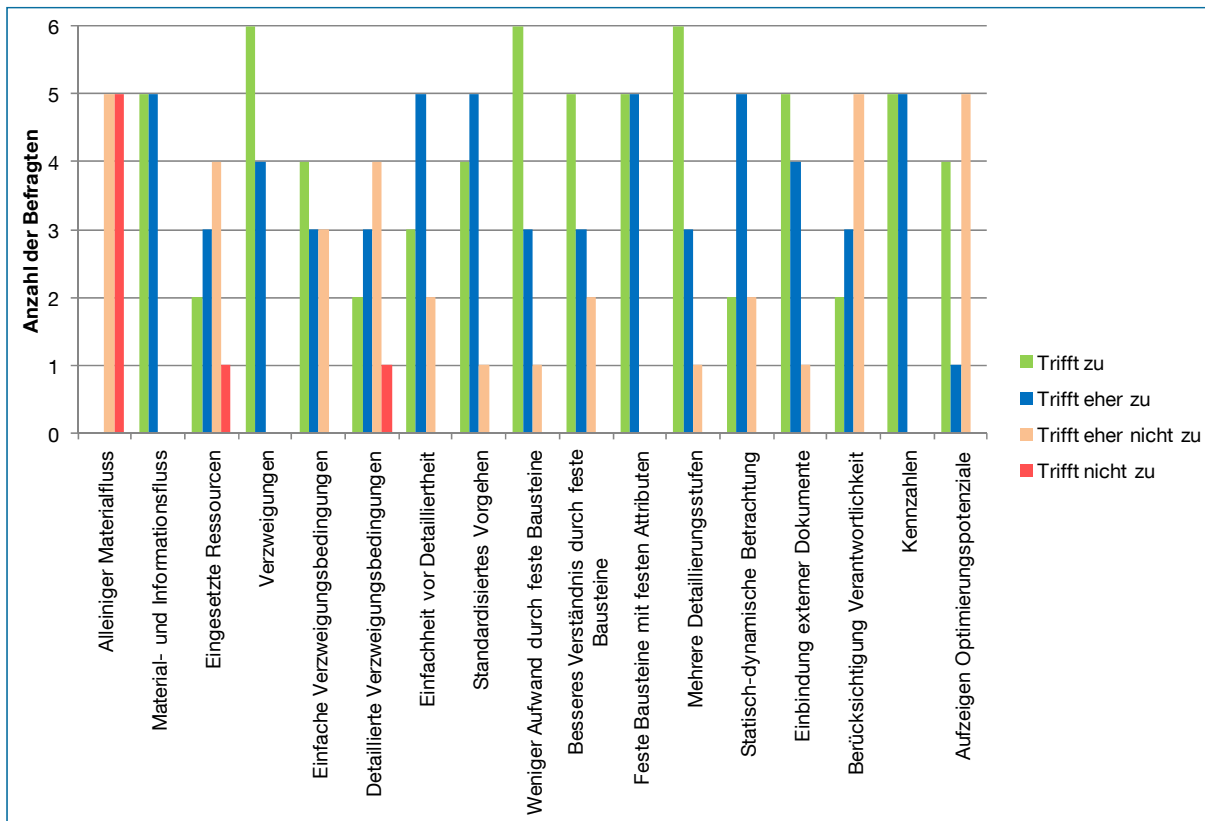


Abbildung 4-3 : Anforderungen an eine Prozessaufnahme [Sch-11]

Grundsätzlich können vier Hauptkriterien beschrieben werden, denen alle Einzelkriterien zugeordnet werden. Die Ganzheitlichkeit der Methode wird unter der Prozessgestaltung zusammengefasst und weiter detailliert. Die Objektivität und Allgemeingültigkeit finden sich im Kriterium Prozessverständnis wieder. Um die Prozesse auch miteinander vergleichen und die Effektivität von Maßnahmen beurteilen zu können, spielt die Angabe der Prozessleistung eine entscheidende Rolle. Die Prozesslogik hingegen zielt auf die Darstellung von Prozessverzweigungen ab [Sch-11].

Die Gewichtung der einzelnen Kriterien ist nach [Sch-11] im hierarchischen Zielkriterienkatalog in Kapitel 4.3.5 dargestellt und beruht auf der subjektiven Beurteilung der Dominanzen der einzelnen Kriterien zueinander aus dem paarweisen Vergleich des AHP. Nachfolgend werden die in [Sch-11] definierten Bewertungskriterien vorgestellt.

4.3.1 Gewichtete Anforderungen an die Prozessgestaltung

Die wichtigste Anforderung im Sinne der Zielsetzung (siehe Kapitel 1.2) ist nach [Sch-11] die Ganzheitlichkeit der Prozessdarstellung. Abbildung 4-3 zeigt, dass die alleinige Darstellung des Materialflusses hierfür nicht ausreichend ist. Von ebenso großer Wichtigkeit ist demnach der Informationsfluss. Auch wenn die eingesetzten Ressourcen von den Anwendern im Vergleich hierzu augenscheinlich als weniger bedeutend eingeschätzt werden, sind sie für die vollständige Abbildung intralogistischer Prozesse als Kosten- und Effizienzfaktor unbedingt zu berücksichtigen. Sie werden aus diesem Grund gleich gewichtet wie Material- und Informationsfluss.

Die detaillierte Beschreibung der drei Prozesskomponenten beruht auf Ansätzen der Fachliteratur, die den Material- und Informationsfluss mit einzelnen, konkreten Vorgängen (siehe Kapitel 2.3) sowie deren Objekten befassen. In Anlehnung an [Gün-09], [VDI3300] und [Jün-00] werden als **Vorgänge** des Materialflusses das Verpacken, Lagern, Fördern, Transportieren, und Handhaben als das Bilden oder Verändern einer Position eines Guts sowie das Kommissionieren und Prüfen festgelegt. Der Informationsfluss setzt sich aus dem Übermitteln, Transformieren (Umwandlung von z.B. einer papierbasierten in eine digitale Information) und Verarbeiten (Input-Information wird nach bestimmten Regeln ausgewertet oder verändert, wodurch eine neue Output-Information erzeugt wird) zusammen.

Die genannten Vorgänge können durch die Charakteristik des Flusses spezifiziert werden. Für die **Flusscharakteristik** des Materialflusses sind die Flussart (Art der Durchführung von Transport- und Fördervorgängen, z.B. manuell, automatisch), der Förderweg, die Beschreibung des Ladeguts bzw. Objekts und des Ladehilfsmittels als Objektträger anzugeben. Die Beschaffenheit des Informationsflusses lässt sich bspw. definieren durch die jeweilige Schnittstelle als spezifische Verbindung zur Informationsübertragung, die Information als das dem Informationsfluss zu Grunde liegende Objekt sowie deren Informationsträger, bspw. in Form eines Transponders oder Lieferscheins.

Die grundlegenden Vorgänge des **Materialflusses** werden mit 15% bzw. 17% annähernd gleich gewichtet, während das Verpacken mit 4% am geringsten bewertet wird. Für die Flusscharakteristik entscheidend sind die Gegenstände des Materialflusses in Form von Ladegut und Ladehilfsmittel sowie die Flussart, die einen Hinweis auf mögliche Optimierungspotenziale bietet, mit je 30%.

Die Basis des **Informationsflusses** bildet die Informationsübermittlung mit 59% Wichtung. Sie beinhaltet dabei die Informationsaufnahme, womit auch die Bedeutung von AutoID-Techniken wie RFID bei der Erfassung berücksichtigt wird. Die Informationsverarbeitung als komplexer Vorgang ist mit 28% höher gewichtet als deren Transformation mit 13%. Am wichtigsten für die Charakteristik des Informationsflusses ist die genaue Beschreibung der Schnittstellen und Informationsträger, ohne die eine Kommunikation nicht möglich ist (je 37%).

In Anlehnung an die in Kapitel 3.1 beschriebene Datenbasis setzen sich die **Ressourcen** aus Fördermitteln, Anzahl und Qualifikation des Personals sowie den Räumlichkeiten und deren Anordnung und Fläche zusammen. Die höchste Gewichtung haben die Unstetigförderer mit 36%, da sie im Hinblick auf eine Integration von RFID als I-Punkt großes Potenzial besitzen (siehe auch Kapitel 2.4). Ebenfalls hoch gewichtet mit 25% ist das Personal, da es sowohl aus Kostensicht als auch aus Sicht der Prozesssicherheit durch die Auswahl geeigneter Mitarbeiter bedeutend ist.

4.3.2 Gewichtete Anforderungen an das Prozessverständnis

Das Prozessverständnis ist sowohl vom jeweiligen Betrachter als auch von der Systemkomplexität abhängig. Ziel einer Prozessaufnahme sollte es jedoch sein, das Prozessverständnis möglichst unabhängig von derartigen Aspekten zu ermöglichen. Nach [Alo-07] und [Sch-11] können sechs Kriterien zur näheren Beschreibung des Prozessverständnisses genannt werden, deren Gewichtung auch im Hinblick auf die in Abbildung 4-3 dargestellten Anforderungen der Anwender festgelegt wird.

Ein Element muss eindeutig sein, um von anderen Elementen jederzeit unterscheidbar zu sein. Nach Meinung der Anwender (siehe Abbildung 4-3) ist die Eindeutigkeit essentiell für die vollständige Erfassung der Prozessdaten und ein intuitives Prozessverständnis.

Die Einfachheit bedeutet, nur das für die jeweilige Zielsetzung Notwendige abzubilden, um die Prozessdarstellung nicht zu überladen. Sie senkt auch dadurch die Einstiegsschwelle für die Anwender einer Methode. Nach Auffassung der Anwender steht die Einfachheit vor der Detaillierung. Als hilfreich werden in diesem Zusammenhang klare Prozessbausteine mit spezifischen Attributen gesehen (siehe Abbildung 4-3). Des Weiteren beinhaltet die Einfachheit auch die schnelle Aufnahme und intuitive Anwendbarkeit. Positiv empfinden die Anwender daher die Prozessaufnahme mit Papier und Bleistift ohne weitere Hilfsmittel.

Wichtig für die Eindeutigkeit und Einfachheit ist eine klare Struktur der Methode, wovon ein nachvollziehbares Vorgehen für die Anwendung der Methode nach bestimmten Regeln zu verstehen ist. Von den Anwendern wird diese Vorgabe ebenfalls als wichtig angesehen (siehe Abbildung 4-3).

Neben der Struktur kann auch die kombinierte Prozessdarstellung aus statischer Sicht von Vorgängen und aus dynamischer Sicht von Zustandsänderungen das Prozessverständnis unterstützen. Die Anwender sehen die Berücksichtigung verschiedener Prozesssichten als eher wichtig (siehe Abbildung 4-3). Wichtiger ist ihnen die Möglichkeit, den Prozess in verschiedenen Detaillierungsstufen abzubilden. Als zumindest hilfreich werden die Bedienung verschiedener Prozesssichten zur Untersuchung eines Prozesses vor einem bestimmten Hintergrund sowie die Einbindung externer Dokumente und Berücksichtigung von Verantwortlichkeiten gesehen.

In Anbetracht der dargelegten Einschätzungen der Anwender sowie persönlicher Auffassung wird die Eindeutigkeit als Basis des Prozessverständnisses mit 48% am höchsten gewichtet, gefolgt von der Einfachheit (15%) und Struktur (14%). Die geringere Gewichtung verschiedener Detaillierungsniveaus ergibt sich aus der angestrebten Darstellung intralogistischer Prozesse unter Berücksichtigung von AutoID, insbesondere RFID, wofür eine gewisse Detaillierung erforderlich ist. Auch läuft eine zu abstrakte Prozessdarstellung dem Prozessverständnis entgegen.

4.3.3 Gewichtete Anforderungen an die Prozessleistung

Die Prozessleistung kann nach [Käp-02] durch Kosten, Zeit und Qualität beschrieben werden, die durch verschiedene Kenngrößen in die Bildung von Kennzahlen einfließen können, um die Effizienz von Prozessen objektiv zu beurteilen. Deren Angabe sowie plakative Darstellung wird von den Anwendern eine große Bedeutung eingeräumt (siehe Abbildung 4-3). Eine große Auswahl allgemeiner und spezifischer Kennzahlen ist bspw. in [Sys-90] oder [VDI2689] zu finden.

Im hierarchischen Zielkriterienkatalog sind die Kennzahlen in die unternehmens- und prozessbezogene Kennzahlen unterteilt, wobei der Schwerpunkt im Sinne der Bewertung intralogistischer Prozesse mit 75% auf der zweiten Gruppe beruht [Sch-11]. Die dort als am wichtigsten eingeschätzte Kennzahlen sind die Bearbeitungs- und Übergangszeit sowie die Produktionsmenge, da sie eine einfach nachvollziehbare Quantifizierung des Prozesses ermöglichen. Zwar bieten dieses Potenzial auch die Materialflusskosten, jedoch sind diese in der Praxis schwierig und in der Regel un-

genau direkt zu ermitteln. Bei den unternehmensbezogenen Kennzahlen liegt der Fokus auf den Personalkosten sowie dem Umsatz.

4.3.4 Gewichtete Anforderungen an die Prozesslogik

Unter der Prozesslogik ist die Darstellung der Struktur eines Prozesses in Form von Verzweigungen und den zu Grunde liegenden Bedingungen verstehen, um den realen Prozessablauf als Verknüpfung von Teilsystemen abzubilden. Die Fähigkeit alternative Prozessfolgen zu berücksichtigen, wird von den Anwendern als sehr wichtig eingeschätzt. Das Gleiche gilt für die Beschreibung der Bedingungen, die sowohl mit booleschen Operatoren (z.B. ODER, UND, exklusives ODER) als auch individuell erfolgen soll (siehe Abbildung 4-3). Obwohl demnach boolesche Bedingungen als wichtiger erachtet werden, sind die individuellen Bedingungen mit 43% höher gewichtet, da eine eindeutige und vollständige Definition der Verzweigungen im Zweifelsfall eminent für die Nachvollziehbarkeit der Prozesslogik ist [Sch-11].

4.3.5 Gewichteter Zielkriterienkatalog

Die nachfolgende Abbildung 4-4 fasst die aufgeführten Kriterien und deren Gewichtung in einem hierarchischen Zielkriterienkatalog, der sich aus dem Vorgehen des paarweisen Vergleichs nach dem AHP ergibt, zusammen.

Prozessgestaltung 52%						Prozessverständnis 20%		Prozessleistung 20%				Prozesslogik 8%																																	
Materialfluss 33%			Informationsfluss 33%			Ressourcen 33%				Unternehmensgrößen 25%		Prozessgrößen 75%																																	
Vorgänge 50%			Flusscharakteristik 50%			Vorgänge 50%		Flusscharakteristik 50%																																					
Verpacken 4%	Lagern 17%	Fördern 17%	Transportieren 17%	Handhaben 15%	Kommissionieren 15%	Prüfen 15%	Flussart 30%	Förderweg 10%	Ladegut 30%	Ladehilfsmittel 30%	Übermitteln 59%	Transformieren 13%	Verarbeiten 28%	Schnittstelle 37%	Information 17%	Informationsträger 37%	Übergeord. System 9%	Stetigförderer 19%	Unstergförderer 36%	Anzahl Personal 25%	Qualifikation Personal 6%	Fläche 7%	Räumliche Anordnung 7%	Eindringtiefe 48%	Einfachheit 15%	Struktur 14%	Verknüpfungsgrad 10%	Detaillierungsniveau 8%	Sichten 5%	Umsatz 34%	Terminreue 10%	Personalkosten 35%	Lieferzeit 9%	Lieferbereitschaft 7%	Konventionalstrafen 5%	Bearbeitungszeit 27%	Fördermenge 8%	Förderspiele 3%	Förderstrecke 3%	Materialflusskosten 10%	Produktionsmenge 27%	Übergangszeit 22%	Boolesche Bedingungen 14%	Individuelle Bedingungen 43%	Verzweigungen 43%

Abbildung 4-4: Gewichteter hierarchischer Zielkriterienkatalog [Sch-11]

In der Abbildung sind die vier übergeordneten Kriteriengruppen Prozessgestaltung, Prozessverständnis, Prozessleistung und Prozesslogik mit ihrer Gewichtung aufgetragen. Weiter ist die Zusammensetzung dieser Hauptkriterien in einer zweiten und dritten bzw. bei der Prozessgestaltung in einer vierten Hierarchiestufe ersichtlich. Die einzelnen Gewichtungen der Kriterien innerhalb einer übergeordneten Gruppe (z.B. die einzelnen Vorgänge des Materialflusses in der übergeordneten Gruppe Vorgänge des Materialflusses) müssen gemäß den Vorgaben des AHP in Summe immer

100% ergeben. Eventuelle geringe Abweichungen sind Rundungsfehlern auf zwei Kommastellen für eine bessere Übersicht der Abbildung geschuldet.

4.4 Bewertung der Prozessdarstellungsmethoden

Nach dem Vorgehen des AHP (siehe Kapitel 4.2) werden die in Kapitel 4.1 ausgewählten Methoden anhand des Zielkriterienkatalogs (siehe Kapitel 4.3) bewertet. Das Ziel ist die Identifikation der jeweiligen Stärken und Schwächen, um darauf aufbauend ein Benchmark ableiten zu können, der wiederum als Grundlage für die Entwicklung der neuen Methoden in Kapitel 5 dient. Um die Bewertung durchführen zu können wird in Kapitel 4.4.1 ein logistischer Musterprozess definiert. Er wird mit allen ausgewählten Methoden dargestellt, wobei die Darstellung und deren Durchführung gemäß den Zielkriterien bewertet werden.

4.4.1 Logistischer Musterprozess

Um die einzelnen Methoden möglichst objektiv und nachvollziehbar miteinander vergleichen zu können, ist neben einem einheitlichen Bewertungsverfahren ein Musterprozess erforderlich. Der verwendete Musterprozess eines Industriepartners beschreibt einen zweiteiligen intralogistischen Prozess bestehend aus Wareneingang (WE) mit Qualitätskontrolle (QK) und Retourenmanagement der Leerpalletten sowie anschließender Einlagerung. Er ist nachfolgend in Abbildung 4-5 kurz dargestellt.

Im WE werden die Paletten, denen der Lieferschein beiliegt, aus dem LKW mit einem Stapler entladen und in die Bereitstellzone des WE (BZ WE) transportiert. Nach der Entladung lädt dieser die im Lieferschein angegebenen Leerpalletten auf den LKW und kontrolliert Menge und Zustand der Lieferung. Bei erfolgreicher Prüfung verbucht er die Ware und druckt einen WE-Beleg aus, der an der Ware angebracht wird und aussagt, ob eine eigene QK nötig ist, die ggf. durch einen Mitarbeiter der QK durchgeführt wird. Nach Freigabe der Ware wird ein Transportauftrag (TA) gedruckt, an der Palette angebracht und diese vom WE-Mitarbeiter zum Einlagerungspunkt des Hochregallagers (EP HRL) gebracht. Die in der BZ WE verbliebene Ware wird zuerst in die BZ HRL und erst danach zum EP HRL transportiert. Nur wenn die BZ WE überfüllt ist, wird die Ware gleich in die BZ HRL gebracht.

Am EP HRL setzt der Mitarbeiter die Paletten auf der Förderstrecke in das HRL ab, die über Knopfdruck in Gang gesetzt wird. Die Förderstrecke richtet die Ware aus,

4 Vergleich von Prozessdarstellungsmethoden als Entwicklungsgrundlage

vermisst sie und schleust defekte Paletten aus. Korrekte Palette werden auf der Förderstrecke gepuffert, bis sie voll ist. Daraufhin geht der Mitarbeiter zum I-Punkt am anderen Ende der Förderstrecke, holt die Paletten per Tastendruck einzeln ab und scannt jeweils den angebrachten Transportauftrag mit einem Handheld. Auf Basis dessen Daten schlägt das SAP-System eine Belegungsebene im HRL vor, die vom Mitarbeiter quittiert oder geändert werden muss. Zusammen mit der per Scan ermittelten Warenmenge der Palette wird der Buchungssatz ins SAP-System übertragen. Der Vorgang wiederholt sich, bis die Pufferstrecke und die EP HRL leer sind.

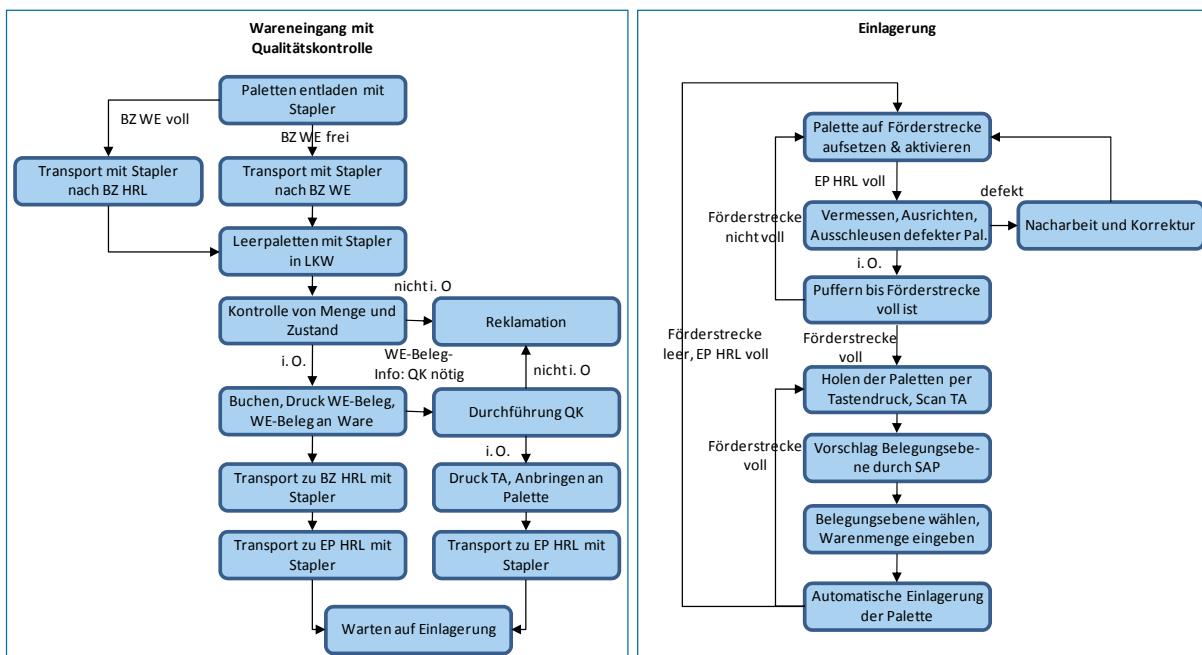


Abbildung 4-5: Darstellung des Musterprozesses

Am EP HRL setzt der Mitarbeiter die Paletten auf der Förderstrecke in das HRL ab, die über Knopfdruck in Gang gesetzt wird. Die Förderstrecke richtet die Ware aus, vermisst sie und schleust defekte Paletten aus. Korrekte Paletten werden auf der Förderstrecke gepuffert, bis sie voll ist. Daraufhin geht der Mitarbeiter zum I-Punkt am anderen Ende der Förderstrecke, holt die Paletten per Tastendruck einzeln ab und scannt jeweils den angebrachten Transportauftrag mit einem Handheld. Auf Basis dessen Daten schlägt das SAP-System eine Belegungsebene im HRL vor, die vom Mitarbeiter quittiert oder geändert werden muss. Zusammen mit der per Scan ermittelten Warenmenge der Palette wird der Buchungssatz ins SAP-System übertragen. Der Vorgang wiederholt sich, bis die Pufferstrecke und die EP HRL leer sind.

4.4.2 Stärken- und Schwächenanalyse einzelner Methoden

Anhand der beschriebenen Zielkriterien werden in Anlehnung an [Sch-11] die Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden gemäß des AHP-Vorgehens bewertet. Die Einschätzungen werden mit den Aussagen der Forschungspartner zu den jeweiligen Methoden abgeglichen, die mit einem Fragebogen ermittelt wurden. Die meisten Nennungen gab es dabei bei der WSA und der EPK, weshalb die Aussagen der Anwender zu diesen Methoden auch mit Grafiken dargestellt werden. Die EPK ist mit dem Flussdiagramm, auf dem sie aufbaut, zusammengefasst. Die Aussagen zu anderen Methoden werden, sofern vorhanden, rein textuell zusammengefasst.

Wertstromanalyse (WSA) bzw. Wertstromdesign (WSD)

Ohne konkrete Standardvorgänge für den **Materialfluss** anzubieten kann der Anwender Freiräume der Methode nutzen. In der Praxis findet dies insbesondere im Hinblick auf die Darstellung logistischer Prozesse statt (siehe Abbildung 4-6).

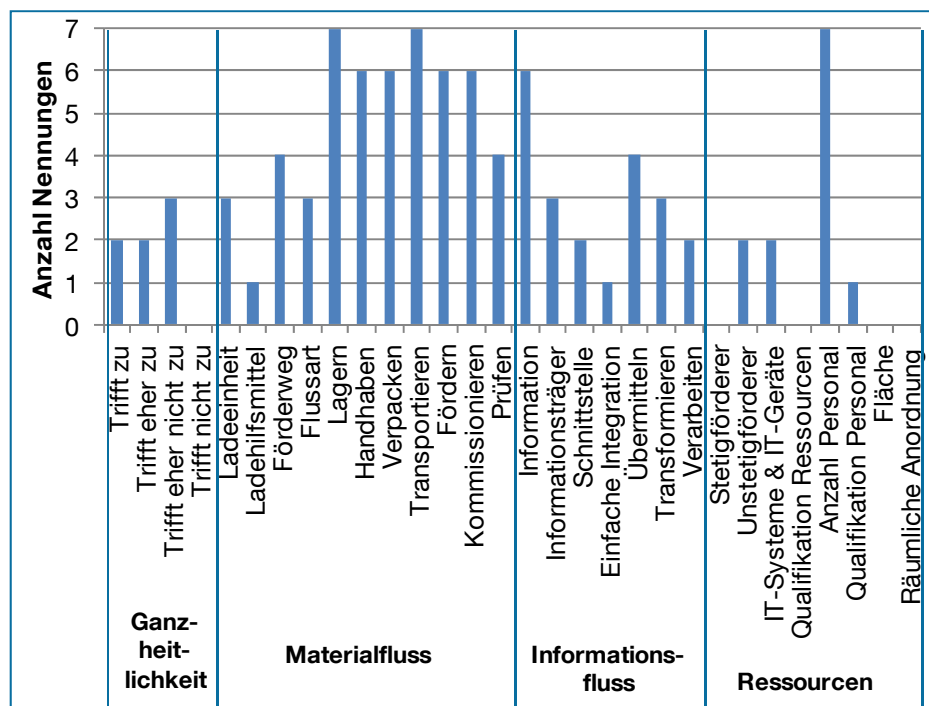


Abbildung 4-6: Aussagen der Anwender zur Prozessgestaltung der WSA

Nachteilig auf die Flusscharakteristik wirkt sich die Zusammenfassung verschiedener Produkte zu Gruppen aus, für die ein Wertstrom dargestellt wird, wodurch es zu Inkonsistenzen kommen kann [Dic-09]. Einzelne Vorgänge des **Informationsflusses** können mit der WSA hingegen nicht dargestellt werden, da sie dem Materialfluss vorbehalten sind. Lediglich die Übermittlung wird durch eindeutig unterscheidbare,

gerichtete Kanten dargestellt, auf der auch die Information frei benannt werden kann. Informationsträger und Schnittstellen werden nicht berücksichtigt.

Zwar werden **Betriebsmittel** nicht explizit angegeben oder gar unterschieden, jedoch kann die Methode diesbezüglich angepasst werden. Das **Personal** hingegen wird in jedem Prozesskasten in seiner Anzahl genannt. Ergänzungen, bspw. zur Qualifikation müssen individuell hinzugefügt werden und sind nicht vorgegeben.

Die WSA wird von den befragten Anwendern am häufigsten genutzt und für ihre Zwecke, insbesondere die Logistikprozessdarstellung, adaptiert. Aus diesem Grund zeigt Abbildung 4-6 ein augenscheinlich gutes Abschneiden insbesondere beim Materialfluss. Im Vergleich mit der klassischen WSA offenbart diese notwendige Anpassung auch deren Schwächen. Im Fragebogen sind häufig genannte Schwächen der Methode die fehlende Ganzheitlichkeit, hauptsächlich wegen der rudimentären Darstellung des Informationsflusses und der Ressourcen. Als hilfreich werden in diesem Zusammenhang spezifische logistische Operatoren und Symbole empfunden.

Das **Prozessverständnis** ist eindeutig und der Prozess relativ einfach erfasst, sofern der Anwender sich in die bildreiche Symbolik eingearbeitet hat. Zudem sind die Aussagen zum Prozess aus logistischer Sicht nur grob. Die Syntax bezieht sich im Wesentlichen auf die Schnittstellen zur Umwelt und ist hierzu eindeutig. Allerdings werden die Prozesse nur als statische Momentaufnahmen einzig zur Identifikation nicht wertschöpfender Teilprozesse betrachtet. Deren Detaillierung ist einzig vom Anwender und dessen Zielstellung abhängig.

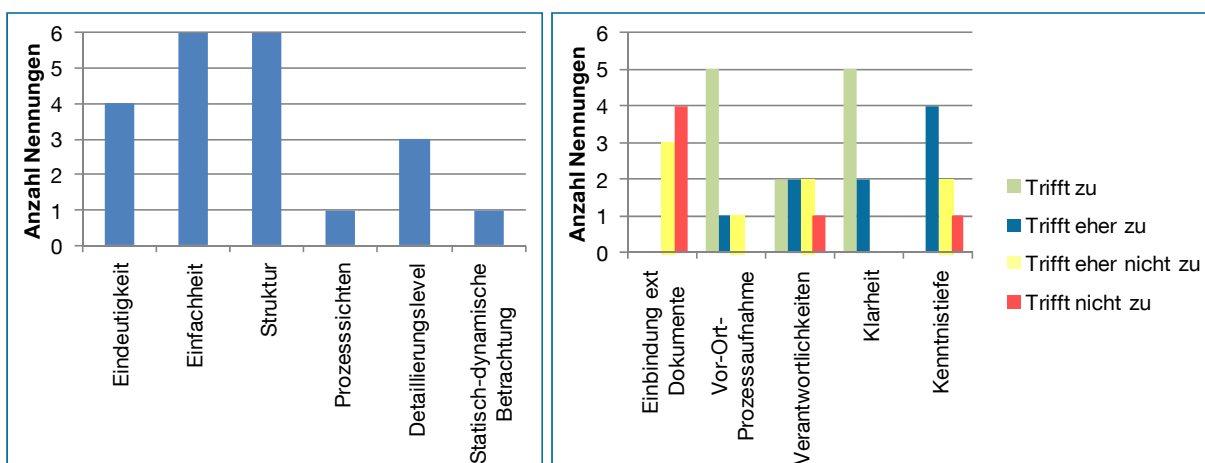


Abbildung 4-7: Aussagen der Anwender zur Prozessverständnis der WSA

Die Anwender schätzen die weite Verbreitung der WSA wegen der einfachen Symbole und klaren Prozessdarstellung, die bei der Prozessaufnahme vor Ort als Dis-

kussionsgrundlage genutzt werden kann (siehe Abbildung 4-7). Hinderlich für das Prozessverständnis werden die unklare Prozesssteuerung oder Reihenfolge von Informationen, eine gewisse Kenntnistiefe und fehlende Einbindung externer Dokumente gesehen. Sie ist sehr produktionslastig mit Nachteilen für die Darstellung logistischer Prozesse, die zudem nur als Zeitpunkt betrachtet werden und sehr aufwändig sind, wenn sich der Gesamtprozess verschieden detailliert darstellt.

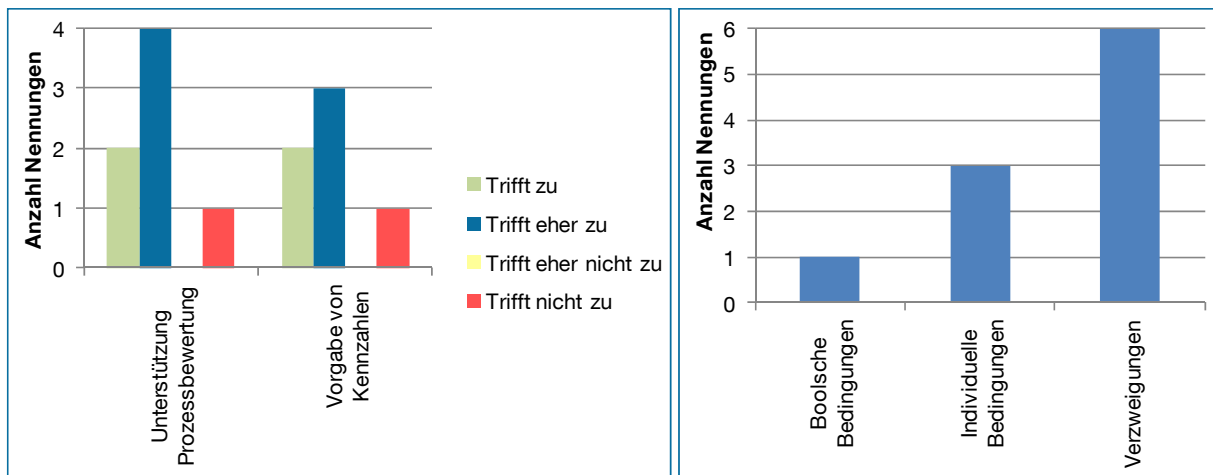


Abbildung 4-8: Aussagen der Anwender zur Prozessleistung und Prozesslogik der WSA

Die Bewertung der **Prozessleistung** dient bei der WSA der Erfassung von Verschwendung, weswegen in erster Linie verschiedene Prozesszeiten (z.B. Bearbeitungs-, Übergangs-, Lieferzeit) aufgenommen werden. Darüber hinaus können in jedem Prozesskasten weitere Kenngrößen frei hinzugefügt werden (siehe Abbildung 4-8). Verzweigungen, deren Bedingungen und demnach die **Prozesslogik** sind jedoch nicht Gegenstand der WSA, da nur Hauptvorgangsfolgen dargestellt werden. Durch individuelle Anpassungen stellen einige Anwender Verzweigungen prinzipiell dar, jedoch nach eigener Aussage sehr rudimentär und schnell unübersichtlich. Tabelle 4-1 fasst die Stärken und Schwächen der WSA zusammen.

Tabelle 4-1: Stärken-Schwächen-Profil der WSA

Stärken	Schwächen
Bewertung der Prozessleistung durch Prozesskästen und Zeitleiste	einseitige Darstellung der Wertschöpfung
eingängige, vielseitige Symbole	Qualität der Ganzheitlichkeit der Prozessdarstellung
Beschreibung des Personals	in klassischer Form sehr Produktionslastig
Identifikation von Schwachstellen	Darstellung alternativer Prozessabläufe
	gewisser Einarbeitungsaufwand erforderlich
	reine Zeitpunktbetrachtung

Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)

Die EPK sieht für den **Materialfluss** keine spezifischen Vorgänge vor, bietet jedoch diesbezügliche Freiräume. Die Flusscharakteristik wird nicht näher beschrieben. Transformations- und Verarbeitungsvorgänge des **Informationsflusses** sind durch die Datenverarbeitungsfunktion berücksichtigt. Der eigentliche Fluss, also die Übertragung, ist wie beim Materialfluss eine gerichtete Kante. Für die Benennung der Information gibt es einen eigenen Datenkasten, bei den Informationsträgern werden explizit Dateien, Listen und Formulare unterschieden. Bei der Integration in übergeordnete Systeme wird vielfach auf die EPK zurückgegriffen (z.B. SAP/R3) [Kra-07]. **Betriebsmittel** werden ebenso wenig dargestellt wie das **Personal**.

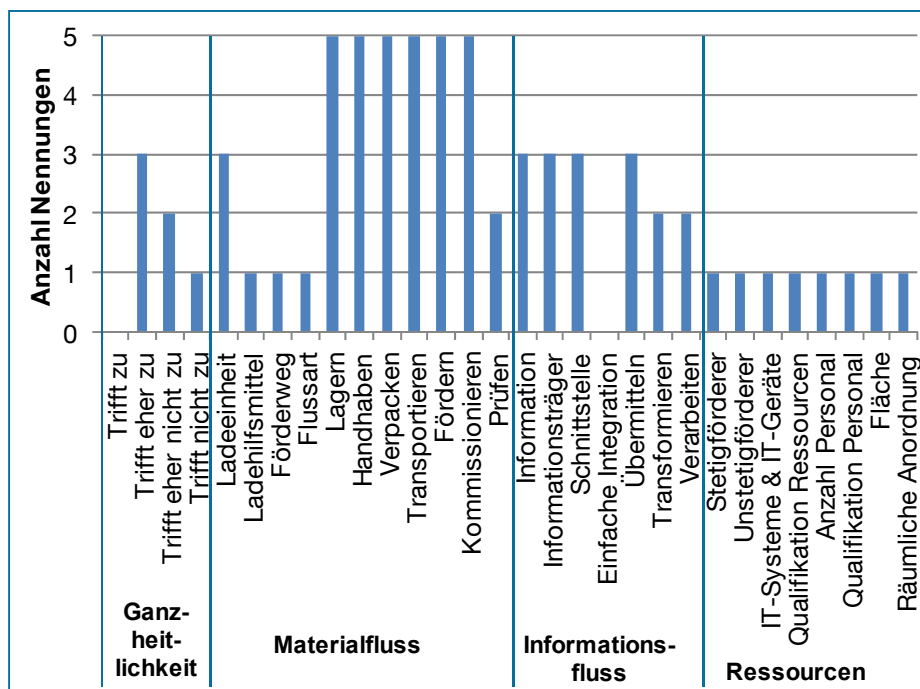


Abbildung 4-9: Aussagen der Anwender zur Prozessgestaltung der EPK

Auch die Anwender sehen die Beschreibung der Flusscharakteristik des Materialflusses großteils als nicht gegeben an. Die Vorgänge können demnach zwar prinzipiell dokumentiert werden. Statt der textuellen Angabe werden jedoch logistische Standardbausteine und Symbole für eine detailliertere Dokumentation angeregt. Dasselbe gilt für den Informationsfluss. Auffällig ist zudem die als unvollständig empfundene Ganzheitlichkeit auf Grund fehlender Darstellung der Ressourcen und Verknüpfung von Material- und Informationsfluss (siehe Abbildung 4-9).

Der Notationskatalog ist nicht so eindeutig, wie der der BPMN, da die einzelnen Elementkästen nur im Detail differieren. Die Stärke der EPK für das **Prozessver-**

ständnis liegt in der Einfachheit und dem Verständnis der Notation als Folge von statischen Vorgängen und dynamischen Zuständen, woraus eine geringe Einstiegs- hürde resultiert. Über diese Abfolge- sowie eine Prozessverzweigungsregel hinaus gibt es keine Strukturvorgaben. Auch für die Prozesssichten oder die Auswahl eines Detaillierungsniveaus finden sich keine konkreten Empfehlungen oder Vorgaben.

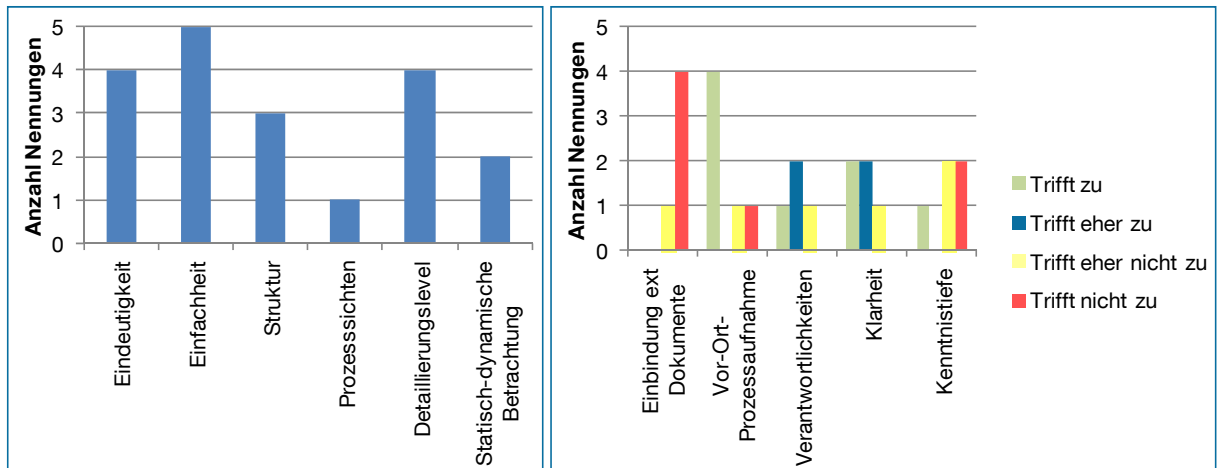


Abbildung 4-10: Aussagen der Anwender zur Prozessverständnis der EPK

Die Einfachheit, die sich positiv auf die Klarheit, geringe notwendige Kenntnistiefe und Vor-Ort-Prozessaufnahme auswirkt, wird auch von den Anwendern als Stärke wahrgenommen. Die Eindeutigkeit wird ebenfalls geschätzt, dabei aber vom Detailierungslevel abhängig gemacht. Die eigentlich sehr gute statisch-dynamische Betrachtung wird hingegen eher weniger hervorgehoben, da der ständige Wechsel von Zuständen und Aktivitäten als eher hinderlich empfunden wird. Bemängelt werden zudem die fehlende Einbindungsmöglichkeit externer Dokumente und die Vorgabe klarer Prozesssichten (siehe Abbildung 4-10).

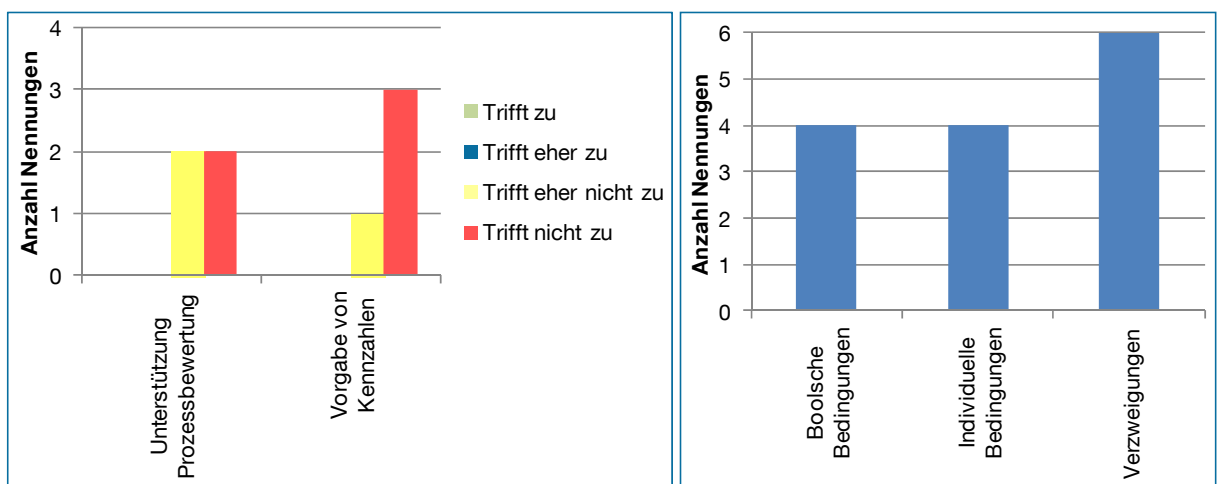


Abbildung 4-11: Aussagen der Anwender zur Prozessleistung und Prozesslogik der EPK

Für die **Prozessleistung** finden sich bei der EPK keine expliziten Elemente. Zur Abbildung der Prozesslogik können hingegen Prozessverzweigungen dargestellt und mit booleschen Operatoren beschrieben werden. Eine individuelle Bedingungsdefinition ist nicht vorgesehen, auf Grund der bei Verzweigungen genannten alternativen Zustände jedoch auch nicht nötig. Diese Aussage spiegeln auch die Antworten der Anwender wider, die die klare Darstellung von Entscheidungsprozessen schätzen (siehe Abbildung 4-11). Tabelle 4-2 fasst die Stärken und Schwächen der EPK zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-2: Stärken-Schwächen-Profil der EPK

Stärken	Schwächen
Gute Informationsfluss-Darstellung	Bewertung der Prozessleistung
kombinierte statisch-dynamische Betrachtung	Qualität der Materialfluss- und Betriebsmitteldarstellung
Integration in ERP-Systeme	unpraktisch durch Zustands-Aktivitäten-Wechsel
Darstellung bedingter Verzweigungen	Eindeutigkeit abhängig vom Detaillierungslevel

Sankey-Diagramm

Die Darstellung des **Materialflusses** besteht beim Sankey-Diagramm einzig aus dem Fördern bzw. Transportieren zwischen einzelnen Bereichen. Die mittels der Pfeildicken angezeigten Intensitäten sind nur grob und lassen keine feinere Differenzierung zu. Eine Nomenklatur für weitere Angaben der Flusscharakteristik findet sich nicht, allerdings können Farben zur Unterscheidung bspw. von Ladeeinheiten verwendet werden. Der **Informationsfluss** wird nicht explizit berücksichtigt.

Auch die Angabe von **Betriebsmitteln** wird nicht durch Vorgaben unterstützt, es können jedoch freie Ergänzungen der Kanten durch den Anwender erfolgen. Die Beschreibung des **Personals** ist nicht vorgesehen.

Durch die Beschränkung auf den Materialfluss ist die Notation einfach, auf das Wesentliche reduziert, selbsterklärend und das **Prozessverständnis** damit eindeutig, weshalb keine tiefe Methodenkenntnis oder Strukturvorgaben erforderlich sind. Bei komplexeren Prozessen mit z.B. verschiedenen Ladeeinheiten und Objekten wird die Darstellung jedoch schnell unübersichtlich. Eine statisch-dynamische Prozessbetrachtung ist ebenso wenig möglich wie verschiedene Detaillierungsstufen oder Prozesssichten, die über den mengenmäßigen Materialfluss hinausgehen.

Hinsichtlich der **Prozessleistung** werden nur Fördermenge und Förderstrecke quantitativ erfasst. Die Prozesslogik wird nur durch Verzweigungen bei alternativen Abläufen berücksichtigt, die zu Grunde liegenden Bedingungen jedoch nicht.

Auch die befragten Anwender, die das Sankey-Diagramm regelmäßig anwenden, begrüßen die klare, selbsterklärende Darstellung des Materialflusses sowie die Möglichkeit, Layouts und damit Flächen direkt einzubinden. Bemängelt wird die fehlende Ganzheitlichkeit, insbesondere des Informationsflusses und wichtiger Ressourcen, womit das Sankey-Diagramm weniger der Darstellung des Logistikprozesses, sondern der des Materialflusses dient. Auch die Unübersichtlichkeit bei komplexeren Materialflüssen wird als negativ empfunden. Tabelle 4-3 fasst die Stärken und Schwächen des Sankey-Diagramms zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-3: Stärken-Schwächen-Profil des Sankey-Diagramms

Stärken	Schwächen
Qualitative Materialflussdarstellung	Darstellung bedingter Verzweigungen
einfache grafische Darstellung	Prozessleistung mit Fokus auf Fördervorgang
räumliche Einordnung der Prozesse	Informationsfluss nicht berücksichtigt

System Modeling Language (SysML) und Unified Modeling Language (UML)

Für die Darstellung des **Materialflusses** gibt es keine vorgegebenen Vorgänge, jedoch können diese frei vom Anwender geschaffen werden. Sowohl die Flussart als auch Ladeeinheiten und Ladehilfsmittel können, allerdings in unterschiedlichen Diagrammen, beschrieben werden. Für die **Informationsfluss**-Vorgänge Transformieren und Verarbeiten gibt es Prozesselemente und für die Übertragung gerichtete Kanten. Die Vorgänge sind jedoch nicht von denen des Materialflusses unterscheidbar, außer unter Ausnutzung nicht näher definierter Freiheiten der Nomenklatur. Zu Grunde liegende Schnittstellen können wie Informationsträger näher beschrieben werden. Die Information ist eine Kommentierung der gerichteten Kanten der Übermittlung, wobei der Syntax frei ist. Als Profil der UML ist eine Überführung der Prozesse in übergeordnete Systeme vorgesehen und flexibel möglich.

Auf Grund der allgemeinen Nomenklatur können prinzipiell sowohl **Betriebsmittel** als auch **Personal** beschrieben werden, indem der Anwender diese bspw. einteilt und als farbliche Blöcke hinterlegt.

Die große Flexibilität der SysML mit vielen Freiräumen für den Anwender zur Festlegung der Ausprägung einzelner Elemente birgt die Gefahr von Inkonsistenzen und ist somit zugleich hinderlich für ein eindeutiges, einfaches **Prozessverständnis**. Dieser Aspekt sowie die Vielzahl an verschiedenen Diagrammen und deren oft lose Verknüpfung erfordern eine gute Einarbeitung. Durch die strikte Trennung einzelner Prozesssichten wird die ganzheitliche Prozessanalyse deutlich erschwert. Einzeln für sich werden diese Sichten inklusive der statischen und dynamischen Prozessbetrachtung jedoch sehr gut unterstützt, auch durch eine eindeutige Notation. Dabei ist das Detaillierungsniveau dem Anwender vollkommen freigestellt und von ihm abhängig, ob er dieses konsequent einhält.

Zur Bewertung der **Prozessleistung** ist nur die Prozesszeit vorgegeben. Die **Prozesslogik** profitiert hingegen von der Freiheit zur Beschreibung individueller Bedingungen von Verzweigungen. Boolesche Bedingungen werden nicht vorgegeben.

Die befragten Anwender, die die SysML häufiger verwenden, bemängeln ebenfalls die fehlende Ganzheitlichkeit durch die Fokussierung auf den Informationsfluss sowie insbesondere die erforderliche tiefe Methodenkenntnis und textuelle Vorgangsbeschreibung ohne intuitive Symbole. Die Abbildung logistischer Prozesse erfordert demnach eigene Definitionen. Die Stärken werden hingegen im Informationsfluss, der Prozesslogik und den möglichen Detaillierungsstufen sowie Sichten gesehen. Tabelle 4-4 fasst die Stärken und Schwächen der SysML zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-4: Stärken-Schwächen-Profil der SysML

Stärken	Schwächen
Darstellung vieler verschiedener Sichten	kaum vorhandene Verknüpfung der Sichten
Darstellung der Prozesslogik	keine Berücksichtigung der Prozessleistung
Blockdefinitionsdiagramme mit vielen Freiheiten	Unterscheidung zw. Material- und Informationsfluss
Darstellung des Informationsflusses	hoher Einarbeitungsaufwand

VID-Richtlinie 3300 Materialflussuntersuchungen (VDI 3300)

Die VDI 3300 definiert als Einzige der untersuchten Methoden konkrete Standardprozesse für den **Materialfluss** mit separaten Messgrößen. Lediglich das Verpacken und Kommissionieren werden nicht aufgeführt. Auch unterscheidet sie verschiedene Fördermittel, Förderarten, definiert den Förderweg und das Ladehilfsmittel. Eine genaue Angabe zur Zusammensetzung der Ladeeinheit ist nur über eine individuelle

Bemerkung möglich. Vorgänge und Flusscharakteristik des **Informationsflusses** werden hingegen in keiner Weise berücksichtigt.

Bei den **Betriebsmitteln** werden die Fördermittel genau erfasst, ohne jedoch zwischen Stetig- und Unstetigförderern zu unterscheiden. Auch das bei einem Vorgang eingesetzte **Personal** wird mit Anzahl, Typ und Lohngruppe erfasst.

Positiv für das **Prozessverständnis** ist die eindeutige Notation der Standardvorgänge mit spezifischen Symbolen. Des Weiteren ist der tabellarische Materialflussbogen intuitiv verständlich. Die Prozessaufnahme selbst ist durch die Attribute der Standardprozesse teilweise recht aufwändig, jedoch einfach durchzuführen. Hilfreich ist dabei auch die starre Struktur des Materialflussbogens. Für die Materialflussskizze ist keine tiefgreifende Syntax erforderlich. Die VDI 3300 zielt einzig auf die statische Darstellung der Vorgänge ab, bietet jedoch mit dem quantitativen Materialfluss der Materialflussskizze und bspw. der Prozesszeiten und Ressourcen im Materialflussbogen zwei Sichten eines Prozesses. Hinsichtlich der Detaillierung ist die VDI 3300 unflexibel, da Prozesse auf dem Abstraktionsgrad der kleinskaligen Standardprozesse zu dokumentieren sind.

Als Kenngrößen der **Prozessleistung** gibt der Materialflussbogen die Fördermenge, Förderstrecke und Personalkosten vor. Weitere Größen können unter Einschränkung der Übersichtlichkeit im Bemerkungsfeld angegeben werden. Die **Prozesslogik** wird durch Prozessverzweigungen in der Materialflussskizze unterstützt. Die Beschreibung von Bedingungen ist nicht vorgesehen, kann jedoch prinzipiell über Bemerkungen des Materialflussbogens für einzelne Standardvorgänge erfolgen.

Die nachfolgende Tabelle 4-5 fasst die Stärken und Schwächen der VDI-Richtlinie 3300 zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-5: Stärken-Schwächen-Profil der VDI 3300

Stärken	Schwächen
Vorgegebene Materialfluss-Vorgänge	keine Darstellung des Informationsflusses
Beschreibung von Betriebsmitteln und Personal	Prozesslogik nur sehr begrenzt darstellbar
Materialflussskizze für räumliche Einordnung	Prozessleistung nur über Fördermittelleistung

Business Process Modeling Notation (BPMN)

Die BPMN sieht wie die SysML für den **Materialfluss** keine Basisoperationen vor, bietet dem Anwender jedoch diesbezügliche Freiheiten. Ebenso wenig wird dessen Flusscharakteristik betrachtet, da nur der Sequenz-, Informations- und Assoziationsfluss erfasst werden. Im **Informationsfluss** gibt es Vorgangsschilderungen für das Verarbeiten und Transformieren, die unter Ausnutzung von Freiheiten der Nomenklatur farblich von Materialflussvorgängen unterscheidbar sind. Die Übertragung ist durch gestrichelte Kanten hingegen klar differenzierbar. Die Information kann in einem eigenen so genannten Artifact frei beschrieben werden. Weitere Artifacts für verschiedene Informationsträger können prinzipiell frei definiert werden, die Angabe der Schnittstelle ist hingegen nicht vorgesehen. Allerdings können auf Basis der Business Process Execution Language die Prozesse direkt in Webservices übersetzt werden [Alo-07].

Im Materialfluss eingesetzte **Betriebsmittel** sind nicht Gegenstand der BPMN. Das **Personal** kann zumindest unter Zuhilfenahme von Swimlanes (siehe Kapitel 2.2) wie bei der SysML nach Qualifikation und Anzahl gruppiert werden.

Ein eindeutiges **Prozessverständnis** wird durch die klar strukturierte Notation unterstützt, die zwischen Ablauf-, Informationsfluss und Assoziationen unterscheidet und zahlreiche intuitive Symbole nutzt. Die grafische Darstellung ist dabei trotz deren Reichhaltigkeit einfach gehalten. Viele Freiheiten bestehen bei der Anordnung der Symbole, lediglich für die Schnittstelle zur Umwelt ist eine Syntax vorgegeben.

Die BPMN unterstützt mit der Ablaufdarstellung nur eine statische Prozessbetrachtung. Bei der Prozesssicht wie auch bei der Detaillierung gibt es keine expliziten Vorgaben. Es können jedoch für jeden Prozess Subprozesse gebildet und dadurch in einer Darstellung mehrere Prozessebenen erfasst werden.

Auch Kenngrößen der **Prozessleistung** werden nicht explizit genannt, können jedoch durch das Element der Anmerkung mit der Gefahr von Inkonsistenzen angegeben werden. Die **Prozesslogik** kann sehr gut durch Verzweigungen sowie boolesche und individuelle Bedingungen beschrieben werden.

Tabelle 4-6 fasst die Stärken und Schwächen der BPMN zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-6: Stärken-Schwächen-Profil der BPMN

Stärken	Schwächen
Symbole für die Darstellung von Verzweigungen	keine vorgegebene Prozessleistungsbewertung
einfache, eindeutige Nomenklatur	keine dynamische Betrachtung
Detaillierung der Prozesse durch Subprozesse	

Prozessorientierte Analyse (POA)

Für die Beschreibung des **Materialflusses** gibt es in der POA keine Vorgaben, sondern lediglich Freiräume. Wie bei der BPMN werden im **Informationsfluss** Transformation und Verarbeitung nicht gesondert aufgeführt und die Übermittlung durch gestrichelte Kanten dargestellt, auf denen auch die Information steht. Die Dokumentation der Schnittstellen und Informationsträger ist nicht möglich. Dahingegen ist die Integration der POA-Diagramme bspw. in Simulationswerkzeuge bereits weit fortgeschritten.

Weder **Betriebsmittel** noch **Personal** werden in der POA anhand konkreter Regelungen definiert. Die Elementspezifikation des Flusses bietet jedoch die Möglichkeit, entsprechende Vermerke aufzunehmen.

Für das **Prozessverständnis** bietet die POA eine eindeutige Notation an, die sich auf nur wenige Elemente (Prozess, Fluss, Entitäten) beschränkt. Der Anwender kann zudem weitere Ausprägungen definieren, deren Eindeutigkeit von ihm abhängig ist. Die Einfachheit ist mit der EPK vergleichbar, während die Syntax lediglich für die Schnittstelle zur Umwelt definiert ist. Bei der statisch-dynamischen Prozessbeschreibung trennt die POA die beiden Darstellungen auf. Trotz konsistenter Regeln für deren Übergang fällt sie hinter die EPK, die eine kombinierte Abbildung ermöglicht, zurück. Für die Sichtendarstellung ist diese Trennung wiederum von Vorteil, da sie eine statische Wert- und Ressourcenflussdarstellung sowie eine dynamische Darstellung für das Simulationsmodell erlaubt. Die Detaillierung ist frei und wird lediglich durch eine Nomenklatur zur Prozessnummerierung unterstützt.

Die POA lässt mit ihrer Nomenklatur in jedem Diagramm individuelle Zusatzinformationen zu, wodurch prinzipiell alle Parameter angegeben werden können. Einzelne Flussdiagramme geben darüber hinaus einen konkreten **Prozessleistungs**-Katalog vor. Für die **Prozesslogik** lassen sich Verzweigungs-Bedingungen individuell beschreiben, allerdings nicht so einfach wie mit der SysML.

Tabelle 4-7 fasst die Stärken und Schwächen der POA zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-7: Stärken-Schwächen-Profil der POA

Stärken	Schwächen
getrennte statisch-dynamische Prozessdarstellung	Darstellung des Materialflusses
individuelle Beschreibung von Verzweigungen	Darstellung der Betriebsmittel
Integration in übergeordnete Systeme	Gefahr von Inkonsistenzen durch Freiheiten
Vorgabe verschiedener Leistungskenngrößen	Verknüpfung zwischen Prozesssichten

Supply Chain Operations Reference (SCOR)

Das SCOR-Modell beschreibt **Materialfluss**-Prozesse als Referenzprozessmodell in drei Stufen mit zunehmender Detaillierung. Selbst auf der dritten Stufe sind die Prozesse abstrakter als die geforderten Standardvorgänge. Eine mögliche vierte Ebene kann vom Anwender diesbezüglich frei belegt werden, jedoch ohne Vorgaben der Methode. Der Fluss an sich wird nicht näher beschrieben. Auch der **Informationsfluss** wird nicht berücksichtigt. Lediglich Informationen als In- und Output einzelner Prozessschritte können genannt werden. Angaben zu den eingesetzten **Betriebsmitteln** und zum **Personal** werden nicht gemacht.

Im Hinblick auf das **Prozessverständnis** besitzt SCOR eine eindeutige Semantik zur Benennung und Bewertung jedes einzelnen Prozesses aus dem vorgegebenen Prozess- und Kennzahlenkatalog. Die Zeichen der Benennung sind streng hierarchisch und werden durch eine sprechende Namensangabe unterstützt. Die Kataloge unterstützen zudem eine einfache Prozessdarstellung und -bewertung. SCOR ermöglicht eine rein statische Vorgangsbetrachtung und sieht nicht explizit verschiedene Prozesssichten vor. Die Detaillierung infolge vorgegebener, hierarchisierter Prozessstufen hingegen ist vorbildlich. Die drei Stufen bieten dem Anwender jeweils konkrete Teilprozesse, die eine gute Vergleichbarkeit verschiedener Prozesse ermöglichen. Eine vierte Ebene kann prinzipiell vom Anwender individuell angelegt werden.

Der **Prozessleistungskatalog** sieht für jeden Teilprozess eigene Messgrößen vor, die wiederum nach klaren Regeln in fünf vorgegebene Kennzahlen des Gesamtprozesses einfließen, um die Qualität eines Prozesses zu messen. Punktuelle Bewertungen einzelner Teilprozesse, bspw. zur Ermittlung des Optimierungspotenzials durch AutoID, sind jedoch nicht möglich. Elemente zur Darstellung der **Prozesslogik** sind bei SCOR nicht vorgesehen.

Tabelle 4-8 fasst die Stärken und Schwächen des SCOR-Modells zusammen (in Anlehnung an [Sch-11]).

Tabelle 4-8: Stärken-Schwächen-Profil des SCOR-Modells

Stärken	Schwächen
Prozessverständnis einfach und eindeutig	durchgängige Beschreibung der Prozessleistung
Gute Führung bei Prozessdetaillierung durch Hierarchien	Vorgänge des Material- und Informationsflusses
Guter Überblick durch Referenzprozesskatalog	Beschreibung der Betriebsmittel

4.4.3 Zusammenfassung der Bewertung und Ableitung eines Benchmarks

Die VDI 3300 schneidet im vorliegenden Vergleich der einzelnen Methoden (siehe Abbildung 4-12) am besten ab, da sie insbesondere bei der mit Abstand am höchsten gewichteten **Prozessgestaltung** vor den anderen Methoden liegt. Sie bildet besonders den **Materialfluss** und dessen Charakteristik vergleichsweise sehr gut ab und liegt deutlich vor dem Sankey-Diagramm, das zumindest Transport- und Fördervorgänge sowie den Förderweg beschreibt. Der **Informationsfluss** hingegen wird von mehreren Methoden, hierunter auch die VDI 3300, überhaupt nicht berücksichtigt. Eine sehr gute Leistung zeigt hier die EPK, die Informationsflussvorgänge im Vergleich zu den anderen Methoden am besten abbildet und dabei auch die zu Grunde liegende Information und deren Träger beschreibt. Besser schneidet hier nur die SysML ab, die zusätzlich auch die jeweilige Schnittstelle definiert und sich hervorragend in übergeordnete Systeme integrieren lässt. Auch die verwendeten **Betriebsmittel** werden von der VDI 3300 am besten dokumentiert. Lediglich das Sankey-Diagramm bewegt sich hinsichtlich der Beschreibung der Flächen und der räumlichen Einordnung der Prozesse auf demselben Niveau. Auch beim **Personal** wird die VDI 3300 nur von der WSA übertroffen [Sch-11].

Insgesamt kann gesagt werden, dass keine der untersuchten Methoden die geforderte Ganzheitlichkeit der Prozessdarstellung zufriedenstellend erfüllt, da mindestens einer der drei dafür nötigen Bestandteile sowie deren Verknüpfung nicht betrachtet wird.

Beim **Prozessverständnis** bieten die meisten der Methoden eine zumindest weitgehende Einfachheit und Struktur, weshalb sich Unterschiede erst beim paarweisen Vergleich zeigen. Das beste Ergebnis erzielt hier das SCOR-Modell auf Grund der mit dem Referenzprozesskatalog verbundenen Einfachheit und Eindeutigkeit sowie

4 Vergleich von Prozessdarstellungsmethoden als Entwicklungsgrundlage

der klar strukturierten Notation der Elemente und den hierarchisch vorgegebenen Detaillierungsstufen. Bei der Berücksichtigung verschiedener Prozesssichten wiederum erzielt die SysML, deren Struktur auf dem Niveau des SCOR-Modells liegt, das beste Ergebnis. Bei der statisch-dynamischen Prozessdarstellung hat sie denselben Nutzwert wie die POA und wird lediglich von der EPK übertroffen (siehe Abbildung 4-12) [Sch-11].

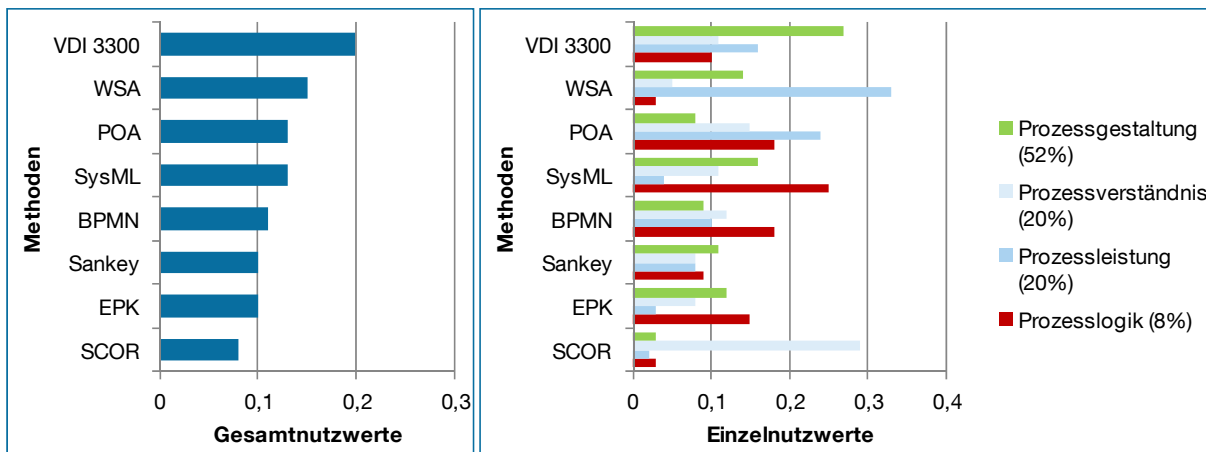


Abbildung 4-12: Quantifizierte Gesamt- und Einzelnutzwerte der Methoden [Sch-11]

Von den Methoden bietet die WSA die beste Möglichkeit, um die **Prozessleistung** zu bewerten. Insbesondere Zeiten (Übergangs-, Arbeits-, Bearbeitungszeit) und die Produktionsmenge sind direkt integriert. Ein ebenfalls sehr gutes Ergebnis erzielen hierbei die POA sowie die VDI 3300 (siehe Abbildung 4-12) [Sch-11].

Infolge der freien und ausführlichen individuellen Beschreibung der Bedingungen für Prozessverzweigungen schneidet die SysML bei der **Prozesslogik** am besten ab, dicht gefolgt von der POA. Eine gute Ergänzung hierzu bieten die EPK und BPMN durch deren gute Darstellung der booleschen Bedingungen (siehe Abbildung 4-12) [Sch-11].

Die Stärken-Schwächen-Analyse ist die Grundlage für das in Tabelle 4-9 gezeigte Benchmark, welches vielversprechende Ansätze der Methoden als Basis für die neue Methode (siehe Kapitel 5) aufzeigt. In Anlehnung an [Arn-04] ist unter einem Benchmarking in diesem Zusammenhang ein Vorgehen zu verstehen, um die beschriebenen Methoden miteinander vergleichen zu können und Unterschiede, Ursachen sowie Verbesserungsmöglichkeiten darlegen bzw. ableiten zu können.

Neben den in diesem Vergleich jeweils besten Methoden sind eingeklammert weitere Methoden angegeben, die die Anforderung ebenfalls relativ gut erfüllen. Somit

können bei der Entwicklung der neuen Methode mehrere sinnvolle Aspekte zur Erfüllung einzelner Anforderungen herangezogen werden.

Tabelle 4-9: Benchmark der Prozessaufnahmemethoden [Sch-11]

Zielkriterium	Benchmark
Prozessgestaltung	
Materialfluss-Vorgänge	
Lagern, Handhaben, Transportieren, Fördern	VDI 3300
Materialflusscharakteristik	
Flussart, Ladehilfsmittel	VDI 3300
Ladeinheit	VDI 3300, (Sankey-Diagramm)
Förderweg	Sankey-Diagramm, (VDI 3300)
Informationsfluss-Vorgänge	
Verarbeiten, Transformieren	EPK
Übermitteln	EPK, BPMN, WSA
Informationsfluss-Charakteristik	
Integration in übergeordnete Systeme	SysML, (BPMN, EPK, POA)
Informationsträger	SysML, EPK
Schnittstelle	SysML
Information	SysML, WSA, EPK, BPMN
Ressourcen: Betriebsmittel	
Stetig- und Unstetigförderer	VDI 3300
Ressourcen: Personal	
Anzahl Personal	WSA, (VDI 3300)
Qualifikation Personal	VDI 3300, (WSA)
Ressourcen: Räumlichkeiten	
Fläche, räumliche Anordnung	VDI 3300, Sankey-Diagramm
Prozessverständnis	
Eindeutigkeit	SCOR
Einfachheit	SCOR, (VDI 3300)
Struktur	SCOR, SysML
Verknüpfungsgrad	EPK, (SysML, POA)
Sichten	SysML, (POA)
Verschiedene Detaillierungsniveaus	SCOR, (BPMN)
Prozessleistung	
Prozessgrößen	
Prozesszeiten, Produktionsmenge	WSA, (POA)
Materialflusskosten	POA, (WSA, VDI 3300)
Fördermenge, Förderstrecke	Sankey-Diagramm, (VDI 3300)
Förderspiele	WSA, (POA, VDI 3300)
Unternehmensgrößen	
Lieferzufriedenheit, Umsatz	WSA
Personalkosten	VDI 3300, (POA, WSA)
Prozesslogik	
Verzweigungen	EPK, SysML, POA
Individuelle Bedingungen	SysML, (POA)
Boolsche Bedingungen	EPK, BPMN

5 Ausarbeitung einer neuen Prozessdarstellungsmethode

Gegenstand dieses Kapitels ist die Entwicklung einer neuen Methode gemäß den Anforderungen, die in Kapitel 4 an eine Methode zur ganzheitlichen intralogistischen Prozessabbildung gestellt werden. Die Grundlage hierfür sind die im vorigen Kapitel definierten Anforderungen in Form der Zielkriterien und das davon abgeleitete Benchmark. Weiteren Input liefern die in Kapitel 3 aufgeführten relevanten Prozessdaten für die einzelnen Vorgänge und Ressourcen des Material- und Informationsflusses sowie die in Kapitel 2.3 erläuterten intralogistischen Vorgänge. Besondere Berücksichtigung soll hierbei auch die mögliche Integration von AutoID-Techniken zur Prozessoptimierung finden.

Die Methode bietet ein standardisiertes Vorgehen unter Zuhilfenahme eindeutiger Prozessbausteine. Diese werden in Kapitel 5.1 vorgestellt und erläutert. In Kapitel 5.2 wird das der Methode zu Grunde liegende mehrstufige Vorgehensmodell definiert und schließlich in Kapitel 5.3 anhand typischer intralogistischer Standardprozesse sowie Prozessen von Industriepartnern erklärt.

5.1 Grundlegende Elemente der Methode

Wie in den vorliegenden Kapiteln gezeigt, betrachten sowohl die verfügbaren Methoden als auch die Ansätze zu logistischen Standardvorgängen intralogistische Prozesse nicht ganzheitlich, was der für die vorliegende Anwendung hohen Wichtung der Prozessgestaltung widerspricht. Insbesondere der Informationsfluss, aber auch die jeweilige Flusscharakteristik werden in vielen Fällen nicht oder nur unzureichend abgebildet.

Ein weiteres Problem stellt die uneinheitliche Detaillierung der einzelnen Vorgänge der in Kapitel 2.3 aufgeführten Ansätze dar, der zur Folge Vorgänge wiederum andere Vorgänge beinhalten, somit eine Vielzahl an beschreibenden Größen verlangen und eine Vor-Ort-Aufnahme unmöglich machen. Auch gewährleistet ein einheitliches Detaillierungsniveau eine gute Vergleichbarkeit von Prozessen, um bspw. die Wirksamkeit von Optimierungsmaßnahmen einfach und nachvollziehbar offenzulegen.

Der oftmals verwendete Grundsatz, jede logistische elementare Operation mit einer bestimmten Zustandsänderung gleichzusetzen, ist für die zu entwickelnde Methode nicht geeignet. Die in Kapitel 2.3 vorgestellten Ansätze, die darauf aufbauen, zeigen, dass eine immer eindeutige und vor allem einzige Zuordnung von Zustandsänderungen zu einem Vorgang nicht durchgängig möglich ist. [Höm-07] rät in diesem Zusammenhang, bei mehreren grundsätzlich gleichbedeutenden Zustandsänderungen einer einzigen Operation diese auf zwei Operationen aufzuteilen, was allein dem Anwender vorbehalten ist. Die hierfür notwendige Darstellung auf atomarer Ebene würde zudem jedes Prozessmodell sprengen. Auch bedeutet das Festmachen an Zustandsänderungen ein mitunter abstraktes Prozessverständnis, das der Eindeutigkeit und Einfachheit entgegenläuft.

Für die neue Methode werden deshalb auf Basis eingängiger Ansätze standardisierte, vorgegebene Vorgänge sowohl für den Material- als auch den Informationsfluss als sogenannte Grundfunktionen definiert. Sie werden mit spezifischen Attributen beschrieben, um eine gleichbleibende Datenqualität und Vollständigkeit der Daten zu unterstützen. Insbesondere für AutoID-unterstützte Prozesse ist dieser Aspekt auf Grund der Komplexität der Technik entscheidend (siehe Kapitel 2.4).

Für die Abbildung intralogistischer Prozesse unter Einsatz von AutoID müssen die Grundfunktionen deshalb anders als in bisherigen Ansätzen (siehe Kapitel 2.3) gegliedert werden. Vorgänge wie das Aufnehmen bzw. Abgeben von Ladeeinheiten sowie deren Transport werden ebenso getrennt wie die Erfassung und Verarbeitung von Informationen, bspw. beim Prüfen. Der Grund hierfür ist, dass für die Erfassung, die im Falle von am Fördermittel verbauter AutoID während der Aufnahme der Ladung erfolgt, um z.B. die Ware und deren Zielort zu bestimmen, spezifische Randbedingungen gelten, die über den Erfolg der Informationsaufnahme entscheiden, deren Verarbeitung aber nicht betreffen. Soll die Technik zudem in der Lage sein, die aufgenommenen Informationen bspw. in Rücksprache mit einem ERP-System vor Ort auswerten zu können, muss die verwendete AutoID-Technik über reine Erfassungsfunktionalitäten hinaus auch Informationen austauschen und verarbeiten können. Ein weiterer wichtiger Vorgang betrifft die Ablage und Speicherung der Daten, die je nach Ausbildung des Prozesses auf einem mit dem Objekt verknüpften Datenträger vorgehalten oder mit der zentralen Datenhaltungsschicht ausgetauscht werden. In jedem der Fälle sind andere Details für die Vorgangsbeschreibung maßgeblich.

Die Verknüpfung zwischen Material- und Informationsfluss ist somit individuell und anwendungsspezifisch vom jeweiligen Prozess abhängig und muss dem entsprechend flexibel sein. Das hierfür erarbeitete Vorgehensmodell (siehe Kapitel 5.2) trägt dieser Forderung Rechnung. Im Sinne der Einfachheit werden hierzu weitere, intuitiv anwendbare Bausteine definiert (siehe Kapitel 5.1.5). Die Grundlage des Vorgehensmodells bilden die bereits erwähnten Grundfunktionen, die zwar getrennt für den Material- und Informationsfluss definiert, dabei aber aneinander angelehnt sind, was sich in der verwendeten Symbolik bemerkbar macht. Die zu Grunde liegende Idee ist nach [Höm-07], dass ab einer bestimmten Abstraktionsebene Logistikprozesse grundsätzlich ähnlich mit verschiedenen Ausprägungen sind.

Eine Grundfunktion bezeichnet einen kleinskaligen Vorgang auf der Ebene von Tätigkeiten, der artverwandte und direkt aufeinander folgende, atomare Aktivitäten, wie sie bspw. bei der Methods Time Measurement Methode verwendet werden, zusammenfasst. Sie sind strukturell ähnlich, werden mit spezifischen Attributen beschrieben und bewertet und können zu Prozessketten verknüpft werden. Jede Grundfunktion ist eindeutig nummeriert und kann für ein besseres Verständnis frei benannt werden (siehe Abbildung 5-1). Die Nummerierung ist nach einer festen Nomenklatur hierarchisch aufgebaut. Die erste und zweite Ziffer stehen für den jeweiligen Haupt- und Teilprozess (siehe Kapitel 5-2), die dritte Ziffer ist fortlaufend nummeriert. Der vorangestellte Buchstabe unterscheidet zwischen Material (M)- und Informationsfluss (I). Zudem hat jede Grundfunktion ihr eigenes Symbol und gibt als elementare Bewertungsgröße mit einem Symbol die Art ihrer Durchführung (manuell, automatisch, mechanisiert) an, um bereits bei der grafischen Darstellung prinzipielle Optimierungspotenziale aufzuzeigen.

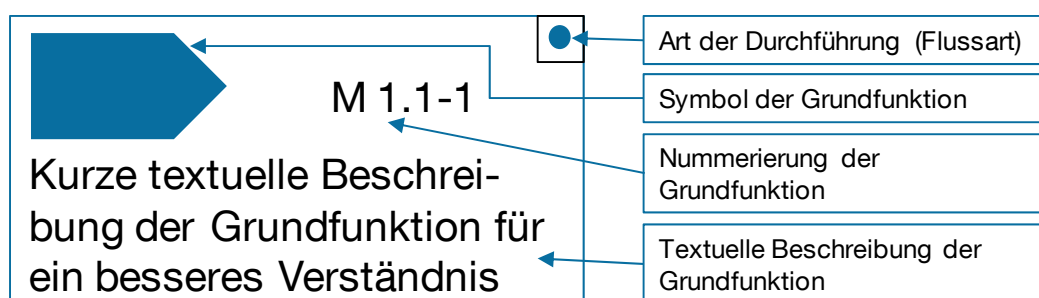


Abbildung 5-1: exemplarische Darstellung einer Bewegens-Grundfunktion

Bei der Definition der Grundfunktionen wird auf den Ansätzen nach [Höm-07] und [VDI3300] sowie [Gün-09] aufgebaut, die entsprechend der Anforderungen angepasst und ergänzt werden.

5.1.1 Intralogistische Grundfunktionen des Materialflusses

Die intralogistischen Grundfunktionen des Materialflusses gliedern sich nach der Definition der Methode in das Handhaben, Bewegen, Liegen und Bearbeiten.

Handhaben

Das Handhaben fasst nach [VDI3300] Bewegungsvorgänge beim Einleiten oder Beenden von Bearbeitungs-, Förder- oder Lagervorgängen zusammen. Im Gegensatz zum eigentlichen Bewegen dient das Handhaben im vorliegenden Fall jedoch ausschließlich dessen Einleitung oder Beenden und ist keine bewusste bzw. explizite Ortsveränderung im eigentlichen Sinn.

Die hier getroffene Definition unterscheidet sich explizit von denen der VDI-Richtlinien 2860 und 2411, die unter dem Handhaben das Ändern und Aufrechterhalten einer räumlicher Anordnung der Materialflussgüter durch deren Menge, Position und Orientierung sowie deren Sicherung und Kontrolle versteht [VDI2860], [VDI2411].

Typische Vorgänge des Handhabens sind das Aufnehmen, Abgeben, Ab-, Auf- oder Einlegen von Transport-, Förder- oder Lagergut bspw. beim Ressourcenwechsel oder Übergang zwischen Bewegen und Liegen. Nach [Gün-09] ist es Teil von Vorgängen des Palettierens sowie Be- und Entladens, die kleine Schwenkbewegungen beinhalten. Es ist ein klarer Schnittstellenprozess, der den Fluss unterbricht und prinzipiell mögliche Optimierungspotenziale aufzeigen kann, bspw. Medienbrüche wie den Wechsel des Fördermittels oder der Fördereinheit.

Immer häufiger werden bereits beim Handhaben der Güter AutoID-Techniken eingesetzt, die bspw. am Fördermittel verbaut sind und automatisch bei der Aufnahme und Abgabe die Ware erfassen. Aus diesem Grund muss das Handhaben auch im Hinblick auf einen AutoID-Einsatz beschrieben werden.

Bewegen

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3300 bezeichnet das Bewegen jede bewusste Ortsveränderung eines Materialflussguts zwischen den verschiedenen Stufen der Bearbeitung oder des Liegens [VDI3300]. Wie bei [Arn-04] wird dabei nicht zwischen inner- und außerbetrieblichen Raumüberbrückungen unterschieden. Der eigentliche

Zustand des Guts bleibt unverändert [Höm-07]. Neben einer örtlichen ist das Bewegen auch mit einer zeitlichen Veränderung verbunden [Jün-00], die als Prozesszeit bei den Attributen (siehe Kapitel 5.1.3) berücksichtigt wird.

Die Tatsache, dass das Gut nicht nur ruhend, sondern auch während einer Bewegung mit AutoID-Techniken erfasst werden kann, muss bei der Beschreibung eines Bewegungsvorgangs berücksichtigt werden.

Die häufigsten Ausprägungen des Bewegens sind das Transportieren und Fördern. Weitere Beispiele für Vorgänge, die unter dem Bewegen zusammengefasst werden, sind das Heben und Senken, Tragen, Schieben oder Ziehen.

Liegen

Das Liegen bezeichnet in Anlehnung an [VDI3300] jede Unterbrechung des Materialflusses, wobei es jedoch keine Rolle spielt, ob diese Unterbrechung kurz- oder langfristig bzw. bewusst oder unbewusst geschieht. Entscheidend ist, dass das Gut ruht ohne mittel- oder unmittelbare Veränderung daran [Höm-07]. In der Regel geht es dabei in einen definierten Bereich oder auf eine definierte Fläche über. Mögliche Ausprägungen sind das Lagern, Puffern und Speichern sowie das Warten, Bunkern oder der Aufenthalt.

Das Liegen ist ein Schnittstellenprozess und in vielen Fällen, insbesondere bei kurzfristigeren Liegezeiten, ein mögliches Optimierungspotenzial, das zumindest genauer in Augenschein genommen werden muss. Typische Ursachen sind bspw. das Warten während der Durchführung von Kontrollen oder Prüfvorgängen, der Ausgleich unterschiedlicher Taktzeiten zweier aufeinanderfolgender Bearbeitungsschritte, der Wechsel des Fördermittels bei der Übergabe zwischen Bereichen oder der Wechsel der Ladeinheit zur Gewährleistung der Transport- oder Lagerfähigkeit. Des Weiteren kann ein Abgleich zwischen dem physischen und informationellen Status der Ware weitere Prozessschwachstellen offenbaren.

Bearbeiten

Zur Festlegung des Bearbeitens kann die abstrakte Definition nach [VDI3300] verwendet werden, wonach hierunter alle Vorgänge zu verstehen sind, die das Ergebnis dem Zustand, in dem es den Betrieb verlassen soll, näher bringen. Neben den klassischen Vorgängen der Fertigung und Montage beinhaltet das Bearbeiten im

vorliegenden Fall auch das Ver- und Entpacken, da bei allen genannten Vorgängen der Wert und die Gestalt des Guts verändert werden [Höm-05].

Das Ver- und Entpacken bezeichnet das Bilden der Packeinheit und schließt neben dem eigentlichen Aus- und Einpacken des Packguts auch das Sichern der Ladeinheit, bspw. durch Umreifen oder Stretchen, mit ein. Dabei kann eine definierte Änderung einer räumlichen Anordnung von Materialflussgütern, bspw. nach einem bestimmten Packschema oder zur Sicherung der Ware, das die VDI-Richtlinie 2860 eigentlich unter dem dort weit gefassten Handhaben sieht, deren Zusammensetzung und Gestalt erfolgen [VDI2860].

Abbildung 5-2 fasst die Grundfunktionen des Materialflusses zusammen und zeigt deren Symbole.





	Grundfunktion	Erläuterung
Materialfluss	Handhaben 	Bewegungsvorgänge beim Einleiten oder Beenden von Fertigungs-, Förder-, Lager-Vorgängen [VDI 3300] ohne explizite Veränderung des Guts oder Ortes z.B. Aufnehmen, Absetzen, Ab-, Ein-, Auflegen z.B. bei Ressourcenwechsel, Be-, Entladung
	Bewegen 	Bewusste, inner- oder außerbetriebliche Ortsveränderung von Gütern zwischen Bearbeitungsstufen und Lagerungen (in Anlehnung an [VDI3300]) ohne Veränderung des Guts z.B. Transportieren, Fördern, Heben, Senken, Tragen
	Liegen 	(Un-)bewusstes Unterbrechen des Materialflusses ohne mittel- oder unmittelbare Veränderung am Gut, das i.d.R. in definierten Bereich oder auf definierte Fläche übergeht z.B. Lagern, Puffern, Speichern, Aufbewahren, Warten, Bunkern
	Bearbeiten 	Jeder Vorgang, der ein Erzeugnis dem Zustand näher bringt, in dem es den Betrieb verlassen soll [VDI 3300] z.B. Ver-, Entpacken inkl. Ladungssicherung, Montieren, Fertigen

Abbildung 5-2: Grundfunktionen des Materialflusses

5.1.2 Intralogistische Grundfunktionen des Informationsflusses

Die Untergliederung des Informationsflusses in eindeutige, voneinander abgegrenzte Grundfunktionen gestaltet sich etwas komplexer als beim Materialfluss. Er ist im Allgemeinen deutlich abstrakter und schwieriger zu verstehen, da ein Großteil des Informationsflusses im Gegensatz zum Materialfluss nicht physisch greifbar oder sichtbar ist. Einen möglichen Ansatz nennt [Gün-11] mit den Aufgaben eines IT-Systems für den AutoID-Einsatz, das Daten filtern und bereinigen, für die jeweilige Betrachtungsebene aggregieren, transformieren und speichern muss. [Höm-07] unterscheidet in Anlehnung an den Materialfluss zwischen Liegen, Ortswechsel und Behandeln, wobei Letzterer das Eingeben, Verändern und Vergleichen zusammenfasst. Das Behandeln ähnelt somit dem Prüfen nach [VDI3300], das jeden Kontrollvorgang im Materialfluss bezeichnet. Als Beispiele werden das Zählen, Messen und

Wiegen aufgeführt, die jedoch zunächst eine reine Erfassung von Informationen sind, die anschließend verglichen und kontrolliert, also überprüft werden.

Für ein besseres Verständnis lehnt sich auch die neue Methode am Materialfluss an, wie die Einteilung der Grundfunktionen und deren Symbole (siehe Abbildung 5-3) belegen. Allerdings wird dabei explizit die Erfassung der Information im Hinblick auf den möglichen Einsatz von AutoID-Techniken als eigene Grundfunktion definiert, die den Input für die anderen Funktionen liefert und damit die Basis des Informationsflusses ist.

Erfassen

Analog zum Handhaben des Materialflusses bezeichnet das Erfassen alle Vorgänge, die die Übertragung, Ablage, Verarbeitung oder das Kennzeichnen einleiten oder beenden. Die Informationserfassung ist somit die Schnittstelle zwischen allen Grundfunktionen des Informationsflusses, wenn z.B. wie beim Handhaben ein Ressourcenwechsel stattfinden soll. Sie ist aber auch von grundlegender Bedeutung für verschiedene Materialflussvorgänge, da bspw. zu Beginn eines Bewegens die Zielinformation erfasst werden muss. Insbesondere für die Abschätzung eines möglichen Einsatzes von AutoID-Techniken, der die Effizienzsteigerung der Aufnahme und Kontrolle der Information im Fokus hat, ist eine eigene Grundfunktion zur Informationserfassung essentiell.

Das Erfassen schließt alle Vorgänge der Informationsaufnahme sowie deren Eingabe, aber auch Anzeige und die Objektidentifikation ein.

Übertragen

Das Übertragen ist in Anlehnung an [Höm-07] analog zum Bewegen des Materialflusses ein bewusster Ortswechsel in beliebiger Form (z.B. elektronisch, mündlich, fernmündlich). Die Informationen werden dabei zwischen Sender und Empfänger über bestimmte Übertragungsmedien oder Datenleitungen ausgetauscht.

Mögliche Ausprägungen der Übertragung sind das Senden und Empfangen sowie die Weitergabe der Information, aber auch in Abhängigkeit von der verwendeten Technik durchgeführte Tätigkeiten wie das Faxen, Mailen oder Telefonieren.

Ablegen

Das Ablegen bezeichnet das Bevorraten der Information unabhängig von der damit verbundenen Fristigkeit und Form der Information. Es ist somit vergleichbar mit dem Liegen des Materialflusses und stellt grundsätzlich eine Unterbrechung des Informationsflusses dar. Wie schon beim Liegen des Materialflusses beschrieben kann durch Gegenüberstellung des physischen und digitalen bzw. informationellen Status der Ware überprüft werden, ob diese zeitlich versetzt zueinander laufen und somit die Gefahr von Fehlerprozessen und aufwändige Korrekturen bedingen.

Beispiele der Grundfunktion sind das physische, papiergebundene Liegen einer Information bzw. deren Trägers im Postfach, ein Status im System, das Archivieren in schriftlicher oder elektronischer Form sowie das Speichern, aber auch das Wissen von Personen (siehe auch [Höm-05]).

Verarbeiten

Das Verarbeiten von Informationen meint deren Veränderung, Transformation und Interpretation sowie deren Erzeugung nach bestimmten Regeln. Die dafür nötigen Informationen müssen zuvor erfasst werden (siehe Grundfunktion Erfassen). Die erzielten Ergebnisse des Verarbeitens sind neue, veränderte oder in ihrer Form veränderte Informationen, die den Materialfluss steuern.

Typische Beispiele sind das Prüfen von Menge und Qualität im Sinne eines Kontrollierens durch den Vergleich von Ist- und Soll-Informationen (z.B. als Voraussetzung für Prozessverzweigungen oder das Sortieren), das Quittieren und Buchen oder der Druck eines Informationsträgers sowie das Erzeugen eines Auftrags.

Kennzeichnen

Die Grundfunktion des Kennzeichnens beschreibt die Verknüpfung zwischen Material- und Informationsfluss durch das feste Anbringen oder lose Beilegen eines Informationsträgers bzw. einer Information an der Ware. Ab diesem Zeitpunkt bewegt sich die Information mit der Ware, bis sie wieder voneinander getrennt werden. Für das Prozessverständnis ist dieser Vorgang wichtig, um insbesondere in komplexeren Prozessen, die sich über mehrere, miteinander verbundene Teilprozesse erstrecken, die Herkunft der Information jederzeit nachvollziehen zu können.

Als gleichbedeutende Bezeichnungen für das Kennzeichnen sind Etikettieren, Auszeichnen oder Bezetteln zu finden (siehe auch [Kle-10]). In der Praxis fallen auch das Beschriften, Beilegen eines Liefer- oder Warenbegleitscheins oder das Anbringen von Barcodes, Transpondern oder Etiketten darunter.

Abbildung 5-3 zeigt die Grundfunktionen des Informationsflusses und deren Symbole.

	Grundfunktion	Erläuterung
Informationsfluss	Erfassen	Vorgänge beim Einleiten oder Beenden von Übertragungs-, Ablage-, Verarbeitungs-, und Kennzeichnungsvorgängen (in Analogie zum Handhaben des Materialflusses) z.B. Aufnehmen, Eingeben, Identifizieren, Anzeigen
	Übertragen	Bewusste Ortsveränderung von Informationen bzw. Daten (in Anlehnung an das Bewegen des Materialflusses) z.B. Senden, Empfangen, Informations-/Datenaustausch, Weitergabe
	Ablegen	Bevorraten der Information unabhängig von der Fristigkeit und Form der Information (in Anlehnung an das Liegen des Materialflusses) z.B. Liegen im Postfach, Status im System, Archivieren, Speichern, Wissen
	Verarbeiten	Verändern, Transformieren und Interpretieren von Eingangsinformationen nach bestimmten Regeln zur Generierung von Ausgangsinformationen z.B. Prüfen, Kontrollieren, Vergleichen, neue Information erzeugen, Buchen
	Kennzeichnen	Verknüpfung zwischen Material- und Informationsfluss durch Anbringen eines Informationsträgers bzw. einer Information an der Ware z.B. Auszeichnen, Etikettieren, Bezetteln

Abbildung 5-3: Grundfunktionen des Informationsflusses

5.1.3 Attribute zur Beschreibung der Grundfunktionen

Jede Grundfunktion kann durch verschiedene Attribute umfassend beschrieben werden, die in der Fachliteratur zu finden sind (siehe Kapitel 3.1). Diese müssen im Hinblick auf die Anforderungen der Methode (siehe Kapitel 4.3) gefiltert, ergänzt und um Attribute, die der Fachliteratur nicht zu entnehmen sind, erweitert werden. Die Attribute gliedern sich in 5 Gruppen (Objekt der Grundfunktion, deren Durchführung, Restriktionen, verwendete Ressourcen, Bewertung), um bestimmte Zielsetzungen der Prozessaufnahme unterstützen zu können und lassen sich dem Material- und Informationsfluss zuordnen (siehe Abbildung 5-4).

Das jeweilige Objekt wird durch eine Grundfunktion verändert, bspw. in seinem Ort. Um ein Objekt bspw. transportieren zu können, sind mitunter Ladehilfsmittel erforderlich, das Objekt ist also hierarchisch aufgebaut. Die Attribute der Durchführung beschreiben die Veränderung. Dabei können bestimmte Restriktionen herrschen, die bspw. für die Auswahl der verwendeten Ressourcen von Interesse sind. Bewertende Attribute helfen bei der Beurteilung der Effizienz der Grundfunktion.

	Objekt	Durchführung	Restriktionen	Ressourcen	Bewertung
Informationsfluss	Informationsträger (IT) Ausrichtung IT Anbringung IT Information Kennzeichnungsobjekt (KO) Anzahl IO je KO		Verbindungsstrecke Übertragungsgeschwindigkeit	Sender Empfänger	
Material- und Informationsfluss	Identifikationsobjekt (IO) Anzahl KO je BtO	Ausprägung Auslösebedingung Auslöser Art der Durchführung Zugeordneter Funktionsbereich Ansprechpartner Weiterführende Dokumente Weitere Beschreibung	Vertikale Entfernung Horizontale Entfernung Zweck Weitere Einschränkungen	Ort Eingesetztes Personal Eingesetzte Technik	Prozesszeit Häufigkeit Kosten Kenngrößen Potenziale
Materialfluss	Betrachtungsobjekt (BtO) Packschema Anzahl IO je BtO		Wegstrecke Geschwindigkeit	Quelle Senke	

Abbildung 5-4: Einteilung und Zuordnung der Attribute der Grundfunktionen

Die einzelnen Gruppen und deren Attribute werden nachfolgend erläutert.

Objekt der Grundfunktion

Die Darstellung von Prozessketten setzt ein verbindliches Leistungsobjekt, bspw. einen Auftrag oder eine Ware, als Gegenstand des jeweiligen Vorgangs voraus (vgl. [Höm-07]). Im Materialfluss ist hierunter das physische Objekt zu verstehen, das dort gehandhabt, bewegt, gelagert oder bearbeitet wird. Das primäre Objekt des Informationsflusses ist die Information selbst, die für das physische Objekt erhoben, übertragen, erzeugt oder archiviert wird. Die hierfür erforderliche Verknüpfung zwischen Material und Information wird durch Informationsträger realisiert, die die Information beinhalten und mit dem physischen Objekt verbunden sind, und kann durch weitere Attribute näher spezifiziert werden. Das Objekt setzt sich für einen Prozess hierarchisch zusammen (siehe Abbildung 5-5). Dieser Bezug wird nachfolgend anhand verschiedener Attribute erläutert.

Die Basis des Informationsflusses ist die **Information**, die zur Durchführung logistischer Prozesse an verschiedenen Stellen benötigt wird. Sie liegt auf einem Informationsträger in unterschiedlicher Form vor. Dabei kann die Information auch abstrakt als Zustand oder Aussehen des jeweiligen Objekts verstanden werden.

Das dem Prozess zu Grunde liegende Bezugsobjekt ist die Ware bzw. der Artikel in der Form, wie er im Datenverwaltungssystem über eine eindeutige Sachnummer vorgehalten wird. Dieser Artikel ist über den Prozess unverändert zu verfolgen und

zu identifizieren und wird deshalb als **Identifikationsobjekt (IO)** bezeichnet. Es ist zugleich das verknüpfende Element zwischen Material- und Informationsfluss.

Das **Betrachtungsobjekt (BtO)** dient dazu, die Transport-, Lager- und Handhabungsfähigkeit des IO während des gesamten Prozesses zu ermöglichen. Dabei kann das Betrachtungsobjekt je nach hierarchischem Aufbau des Objekts und der gerade durchgeführten Grundfunktion wechseln. Im Beispiel in Abbildung 5-5 ist das IO in einem Behälter verpackt, der sich wiederum auf einer Palette befindet. Beim Handhaben und Bewegen im Zuge der Entladung ist die Palette jeweils das BtO. Werden die einzelnen Behälter später vereinzelt, ist für das dafür nötige Handhaben der Behälter das BtO. Diese Unterscheidung ist insofern wichtig, da sich viele Attribute, insbesondere die Prozesszeit, auf das BtO beziehen.

Eine weitere Objektebene gibt das **Kennzeichnungsobjekt (KO)** an. An ihm ist der Informationsträger angebracht (siehe Abbildung 5-5). Idealerweise sind im Falle der Kennzeichnung auf Artelebene das KO und das IO dasselbe Objekt. In der Praxis ist es jedoch auf Grund von Material, Geometrie und Abmessungen des IO sowie weiteren Randbedingungen (siehe Kapitel 2.4) oftmals nicht möglich, das IO selbst zu kennzeichnen. In diesem Fall wird das KO mit dem IO informatorisch verheiratet und das KO stellvertretend für das IO verfolgt.

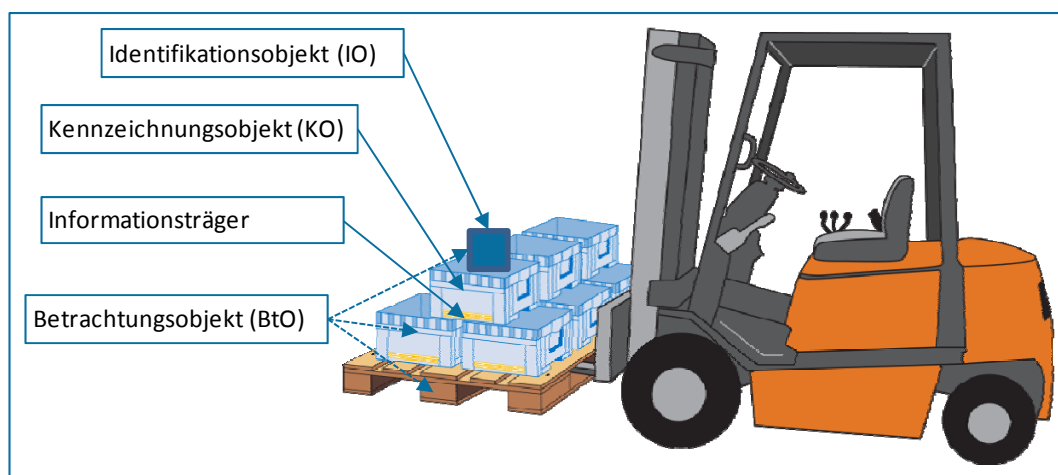


Abbildung 5-5: hierarchischer Bezug des Objekts der Grundfunktion

Die beschriebenen Hierarchieebenen können zueinander in Bezug gesetzt werden, um Anforderungen an die AutoID-Technik abzuleiten. Die Anzahl der **KO je BtO** gibt bspw. die Pulkgröße (siehe Kapitel 2.4) für die gerade betrachtete Grundfunktion an, die für den Fall der Einführung von AutoID eine wichtige Größe ist. Die **Anzahl der IO je BtO** nennt die maximale Pulkgröße einer Grundfunktion für den Fall, dass das

IO direkt gekennzeichnet werden kann. Die **Anzahl der IO je KO** ist demnach die minimale Pulkgröße, wenn sich KO und BtO entsprechen. Das zahlenmäßige Verhältnis zwischen den einzelnen Objekten ist eine wichtige Größe zur Ableitung von Optimierungspotenzialen (siehe Kapitel 5.1.4). Jedes der Objekte kann im Hinblick auf die Anwendung von RFID bspw. mit dem Materialmodell beschrieben werden (siehe Kapitel 2.4).

Auf dem **Informationsträger** werden die für die Durchführung der jeweiligen Grundfunktion benötigten Informationen hinterlegt. Er ist am KO fest angebracht oder liegt diesem lose bei (z.B. Barcode, Transponder, Etikett, Lieferschein). Ebenso kann das KO selbst der Informationsträger sein, bspw. wenn dessen Zustand im Rahmen einer Qualitätskontrolle beurteilt werden muss. Oft wird synonym der Begriff Datenträger verwendet, der nach [Jün-89] der „materielle Träger der Daten“ ist. Für die Erfassung ist die **Ausrichtung der Informationsträger** entscheidend, da ungünstig ausgerichtete oder verdeckte Informationsträger mit Auto-ID-Technologien wie Barcode oder RFID im Zweifelsfall nicht gelesen werden können. Sie ist auch von der Art der **Anbringung der Informationsträger** abhängig, da nur eine feste Verbindung zwischen Informationsträger und KO eine konstante Ausrichtung garantiert. Zudem beschreibt die Anbringung die genaue Position des Informationsträgers am KO.

Die Ausrichtung der Informationsträger, deren gegenseitige Verdeckung und damit sichere Erfassung ist auch vom abhängig vom **Packschema** der KO. Es bezeichnet die räumliche Anordnung der KO bzw. BtO auf oder in der Ladeeinheit und kann vom Anwender formlos beschrieben werden (vgl. [Gud-07]). Im Materialfluss spielt es eine wichtige Rolle für das sichere Bewegen, bspw. durch Verbundstapelung.

Tabelle 5-1: Zuordnung der Objekt-Attribute zu einzelnen Grundfunktionen

Objekt der Grundfunktion	Materialfluss				Informationsfluss				
	Handhaben	Bewegen	Bearbeiten	Liegen	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Betrachtungsobjekt (BtO)									
Identifikationsobjekt (IO)									
IO je BtO									
Packschema									
Kennzeichnungsobjekt (KO)									
KO je BtO									
IO je KO									
Informationsträger (IT)									
Ausrichtung IT									
Anbringung IT									
Information									

Tabelle 5-1 fasst die Attribute für die Beschreibung der Objekte der Grundfunktionen zusammen und stellt sie den einzelnen Grundfunktionen gegenüber. Ausgegraute Felder werden für die in der Regel Beschreibung nicht benötigt.

Durchführung der Grundfunktion

Um den Ablauf der Grundfunktionen eindeutig nachvollziehen zu können, existieren einige grundlegende Attribute, die deren Durchführung und Vernetzung mit vor- und nachgelagerten Grundfunktionen im Teilprozess definieren. Sie geben Auskunft über organisatorische und steuernde Eigenschaften, bspw. den zugeordneten Funktionsbereich, den Auslöser und die jeweilige Bedingung, ohne dabei eine Wertung der Grundfunktion vorzunehmen. Gegebenenfalls kann die Beschreibung durch weiterführende Dokumente ergänzt werden.

Für den Materialfluss wird in der Fachliteratur im Zuge der Beschreibung der verschiedenen Vorgänge eine Vielzahl an Eigenschaften aufgeführt (siehe Kapitel 3). Da diese jedoch oftmals nicht einheitlich verwendet oder detailliert beschrieben werden, gelten für die vorliegende Methode nachfolgend genannte Attribute, die auf der Fachliteratur aufbauen.

Da jede Grundfunktion eine mehr oder weniger abstrakte Zusammenfassung verschiedener, ähnlicher Vorgänge ist, spezifiziert die **Ausprägung** die Grundfunktion durch eine genauere Bezeichnung, um das Verständnis zu fördern. Mögliche Ausprägungen des Bewegens sind bspw. das Fördern oder Transportieren.

Auslösebedingungen beschreiben den Grund des Auslösens einer Grundfunktion in Form eines bedingten Ereignisses. Beispiele sind das Setzen eines Status im IT-System, eine erhaltene Information oder das Vorhandensein von Ware auf einer dafür vorgesehenen Fläche bei einer Go-and-See-Steuerung. Aus Gründen der Übersichtlichkeit soll die Auslösebedingung nur für Grundfunktionen angegeben werden, die auf ein konkretes Ereignis warten, ohne das der Prozess nicht fortgeführt werden kann. In jedem Fall ist sie unmittelbar nach einer Prozessverzweigung im Zusammenhang mit einer Prüfung oder Kontrolle anzugeben. Der **Auslöser**, der die Grundfunktion startet, kann dabei automatisch vom System oder manuell durch eigenverantwortliches Handeln eines Mitarbeiters sein.

Die **Art der Durchführung** einer Grundfunktion ist ein gutes Indiz für deren Effizienz. Es wird zwischen manueller, mechanisierter und automatischer Durchführung unter-

schieden, wobei insbesondere manuell durchgeführte Grundfunktionen großes Potenzial bieten (siehe Kapitel 5.1.4). Ein Beispiel ist die manuelle Eingabe oder Aufnahme von Informationen, da bei Tätigkeiten wie dem manuellen Ausfüllen eines Warenbegleitscheins oder der manuellen Eingabe von Informationen eines Lieferscheins vergleichsweise häufig fehlerhafte oder unvollständige Daten auftreten, die aufwändige Fehlerprozesse nach sich ziehen. Die Durchführung wird deshalb direkt in der jeweiligen Grundfunktion durch ein eigenes Symbol angegeben (siehe Abbildung 5-1).

Der **zugeordnete Funktionsbereich** kann angegeben werden, um bei Unklarheiten oder aus organisatorischen Gründen Verantwortlichkeiten klären zu können. Alternativ kann auch die betreffende Kostenstelle angegeben werden, um durch die Grundfunktion anfallende Kosten im Sinne einer Prozesskostenrechnung einfacher zuordnen zu können. Der **Ansprechpartner** kann genannt werden, um etwaige Rückfragen zu einzelnen Prozessschritten auch im Nachhinein beantworten zu können. Dieser kann sowohl eine konkrete Person als auch eine Abteilung sein, falls diese vom zugeordneten Funktionsbereich abweicht.

Um das Prozessverständnis zu erhöhen sind oftmals zusätzliche, **weiterführende Dokumente** wie Fotos, Layoutpläne oder Muster eines Informationsträgers hilfreich. Sofern diese vorhanden sind, können sie unter diesem Attribut angegeben werden. Unter der Eigenschaft der **weiteren Beschreibung** können nicht aufgeführte Charakteristika der Grundfunktion aufgenommen werden, bspw. Prüf- bzw. Verarbeitungskriterien bei der Be- oder Verarbeitung.

Tabelle 5-2: Zuordnung der Durchführungs-Attribute zu einzelnen Grundfunktionen

Durchführung der Grundfunktion	Materialfluss				Informationsfluss				
	Handhaben	Bewegen	Bearbeiten	Liegen	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Ausprägung									
Auslösebedingung									
Auslöser									
Art der Durchführung									
Zugeordneter Funktionsbereich									
Ansprechpartner									
Weiterführende Dokumente									
Weitere Beschreibung									

Tabelle 5-2 fasst die Attribute für die Beschreibung der Durchführung der Grundfunktionen zusammen und stellt sie den einzelnen Grundfunktionen gegenüber. Ausgegraute Felder werden für die in der Regel Beschreibung nicht benötigt.

Restriktionen der Grundfunktion

Bei der Durchführung jeder Grundfunktion sind spezifische Restriktionen zu beachten, die durch die Umgebung und den Ablauf des Prozesses, das Objekt selbst oder verfügbare bzw. eingesetzte Ressourcen vorgegeben sind. Die Restriktionen haben entscheidenden Einfluss auf die Ableitung möglicher Optimierungspotenziale und die Gestaltung des Soll-Prozesses. Im Rahmen der Prozessoptimierung ist dabei zu unterscheiden, ob die beschriebenen Restriktionen unabhängig von der Neugestaltung des Prozesses quasi verbindlich vorgegeben (z.B. Objekteigenschaften, bauliche Begebenheiten) oder grundsätzlich veränderbar sind. Bspw. kann die Kombination eines schweren Objekts in Verbindung mit variablen Aufnahme- und Abgabehöhen ein Förder- und Handhabungsmittel mit Hubfunktion vorschreiben. Eigenschaften, die restriktiv auf die Prozessgestaltung wirken können, werden nachfolgend für den Material- und Informationsfluss erläutert.

Die **horizontale Entfernung** bezeichnet die Streckenlänge, die während einer Bewegung in der Ebene zurückgelegt wird. Im Informationsfluss spielt sie hauptsächlich bei der manuellen, papiergestützten Übertragung eine Rolle. Bei der elektronischen Übermittlung ist die Angabe i.d.R. nicht von Belang. Im Hinblick auf den möglichen Einsatz von AutoID spielt sie jedoch für das Erfassen durch die Angabe der Lese- bzw. Schreibentfernung zwischen dem Schreib-/Lesegerät und dem Datenträger eine entscheidende Rolle. Wichtig ist sie für das Bewegen im Materialfluss, bei dem die Weglänge in Verbindung mit der Nutzung und Auslastung von Ressourcen, der Transportintensität und der darauf aufbauenden Layout-Gestaltung von großer Wichtigkeit ist. Die **vertikale Entfernung** bezeichnet analog den zu überbrückenden Höhenunterschied. Darüber hinaus meint das Attribut auch die Höhe, in der sich ein Objekt insbesondere für die Aufnahme oder Abgabe befindet.

Die Charakteristik der **Verbindungsstrecke** zwischen Quelle und Senke kann immanent für die benötigte Zeit, die eingesetzten Ressourcen sowie die Funktionssicherheit des Vorgangs sein. Bei der Informationsübertragung sind hierbei bspw. Details zu Bandbreiten, Frequenzen, Übertragungsstandards oder Protokollen zu verstehen. Für das Bewegen im Materialfluss muss die Beschaffenheit der Wegstrecke detailliert werden. Beispielhafte Details sind der Bodenbelag, Eben- bzw. Unebenheiten, Kurven oder Wegbreiten sowie Durchgangshöhen. Auf Basis dieser Angaben können Ressourcen zur Durchführung der Grundfunktion ausgewählt werden.

Ein weiteres Attribut ist in diesem Zusammenhang die **Geschwindigkeit** mit der ein Objekt zwischen Start- und Zielort wechselt. Im Informationsfluss hat die Geschwindigkeit zum Einen Einfluss auf die Prozesszeit bei der manuellen, papierbasierten Übertragung der Information zwischen Sender und Empfänger, während sie digital in der Regel zeitnah abläuft. Je nach Menge der über die Strecke ausgetauschten Informationen sind bestimmte Transferraten bzw. Übertragungsgeschwindigkeiten erforderlich. Zum Anderen spielt die relative Geschwindigkeit der Kennzeichnungsobjekte zum Erfassungspunkt zusammen mit der Datenmenge eine wichtige Rolle für die sichere Erfassung der Objekte mit Auto-ID-Technologien, da sie in ihrer Datenübertragungsrate begrenzt sind. Im Materialfluss meint sie die Geschwindigkeit, die eine Ressource für die Grundfunktion benötigt.

Der **Zweck** soll durch die Angabe des übergeordneten Ziels der Grundfunktion dabei helfen, die Effizienz eines Teilprozesses als Zusammenspiel mehrerer Grundfunktionen zu beurteilen. Sind mehrere Grundfunktionen für dasselbe Ziel durchzuführen, kann sich der Anwender die Frage stellen, ob nicht weniger, anders geartete oder verknüpfte Grundfunktionen diesen Zweck ebenso gut oder sogar besser erfüllen können. In diesem Sinne ist es wichtig, unter dem Zweck nicht nur eine bloße Wiederholung der Benennung oder Beschreibung der Grundfunktion zu verstehen.

Weitere Einschränkungen können individuell notwendig sein. Mögliche Beispiele sind die erforderliche Qualifikation des Personals oder der technischen Ressourcen, bspw. eine bestimmte, für die Aufgabe notwendige Hubhöhe oder Geschwindigkeit.

Tabelle 5-3: Zuordnung der restriktiven Attribute zu den Grundfunktionen

Restriktionen der Grundfunktion	Materialfluss				Informationsfluss				
	Handhaben	Bewegen	Bearbeiten	Liegen	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Weg- bzw. Verbindungsstrecke									
Geschwindigkeit									
Vertikale Entfernung (Höhe)									
Horizontale Entfernung									
Zweck									
Weitere Einschränkungen									

Tabelle 5-3 fasst die Attribute für die Beschreibung der Restriktionen der Grundfunktionen zusammen und stellt sie den einzelnen Grundfunktionen gegenüber. Ausgegraute Felder werden für die in der Regel Beschreibung nicht benötigt.

Ressourcen der Grundfunktion

Zur Durchführung müssen bei jeder Grundfunktion verschiedene Ressourcen eingesetzt werden. Grundsätzlich wird zwischen personellen, technischen und örtlichen Ressourcen unterschieden (siehe Kapitel 3.1). Auf Grund der hohen Varianz der möglichen Ressourcen und der Vielzahl der damit verbundenen Attribute werden die Ressourcen in den Grundfunktionen lediglich aufgeführt und bei Bedarf grundlegend (z.B. Typ, Anzahl, Qualifikation) beschrieben. Eine detaillierte Beschreibung kann bei Bedarf in Form weiterführender Dokumente vorgenommen werden. Ob die zum Einsatz kommenden Ressourcen für den jeweiligen Vorgang geeignet oder optimal sind, kann durch die Gegenüberstellung der Restriktionen mit den grundlegenden Eigenschaften der Ressourcen entschieden werden. Nachfolgend sind einige Attribute genannt, um die Ressourcen grundlegend angeben zu können.

Für den Materialfluss ist die Angabe des **Ortes** wichtig, um zu sehen, wo die Grundfunktion durchgeführt wird. In Verbindung mit einem Layout wird das logische und zeitliche Verständnis eines Prozesses um ein räumliches Verständnis erweitert. Zudem können Optimierungspotenziale identifiziert werden, wenn zusammengehörige Vorgänge an anderen Orten durchgeführt werden. Für den Informationsfluss ist der Ort durch mögliche Einflüsse der lokalen Umgebung (siehe Kapitel 2.4), die verfügbare Infrastruktur oder Platzverhältnissen von Bedeutung. Darüber hinaus sind für das Liegen einer Information analog zur Größe des physischen Ortes dessen Speicherkapazität und Speichereigenschaften zu verstehen. **Sender bzw. Quelle** sind wie **Empfänger bzw. Senke** ebenfalls als Orte zu verstehen, zwischen denen Güter oder Informationen ausgetauscht und die aus Verständnisgründen separat aufgeführt werden. Eine Ausnahme bilden Sender und Empfänger, die neben einem Ort nach [Kla-08] auch Personen, Personengruppen oder Sachmittel bezeichnen.

Die zur Realisierung einer Grundfunktion **eingesetzte Technik** kann wie das Personal hinsichtlich Typ, Qualifikation (z.B. Stapler-Hubhöhe, siehe auch Restriktionen) und Anzahl sowie Stundensatz näher beschrieben werden (siehe Kapitel 3.1.4).

Ein Großteil der Grundfunktionen wird rein manuell oder mechanisiert in Verbindung mit Technikunterstützung durchgeführt. Das **eingesetzte Personal** bietet dabei ein hohes Optimierungspotenzial auf Grund zumeist höherer Fehlerraten und kann durch die Qualifikation, Anzahl und Personalkostensätze detailliert werden. Im Materialfluss kann Personal beim Handhaben bspw. zum Palettieren und beim Bewegen zum Technik-unterstützten Fördern von Paletten mit Staplern bzw. Hubwägen sowie

zum rein manuellen Fördern von Behältern oder Kisten eingesetzt werden. Manuelle Vorgänge im Informationsfluss sind das Scannen von Etiketten oder das Überbringen von Lieferscheinen sowie die wissensbasierte Verarbeitung von Informationen.

Tabelle 5-4 fasst die Attribute für die Beschreibung der Ressourcen der Grundfunktionen zusammen und stellt sie den einzelnen Grundfunktionen gegenüber. Ausgegraute Felder werden für die in der Regel Beschreibung nicht benötigt.

Tabelle 5-4: Zuordnung der Ressourcen-Attribute zu den Grundfunktionen

Ressourcen der Grundfunktion	Materialfluss				Informationsfluss				
	Handhaben	Bewegen	Bearbeiten	Liegen	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Sender bzw. Quelle									
Empfänger bzw. Senke									
Ort									
Eingesetztes Personal									
Eingesetzte Technik									

Bewertung der Grundfunktion

Die Zielstellung einer Prozessdokumentation ist neben dem eindeutigen Prozessverständnis die Bewertung des Ist-Prozesses, um Schwachstellen sowie Ineffizienzen aufdecken und bei der Gestaltung des Soll-Prozesses berücksichtigen zu können. Die vorgestellte Methode versteht sich in diesem Zusammenhang als eine erste, grobe Bewertung, die einzelne Grundfunktionen und damit in Summe Teilprozesse grundlegend einzuschätzen hilft. Als Ergebnis kann der Anwender eigenständig entscheiden, ob sich an der jeweiligen Stelle im Prozess eine tiefere Betrachtung unter Zuhilfenahme weiterführender Methoden lohnt und der damit verbundene Aufwand gerechtfertigt ist. Hierfür stehen ihm grundlegende quantitative Messgrößen wie die Prozesszeit, evtl. verfügbare Kosten sowie Kenngrößen als Eingangsgrößen für Kennzahlen zur Verfügung. Zusätzlich können Potenziale für die jeweilige Grundfunktion, die ihm bei der Prozessaufnahme auffallen und die wiederum mit den genannten Größen grundlegend bewertet werden können, genannt werden.

Die **Prozesszeit** bezeichnet die Zeit, die bei der Durchführung einer Grundfunktion bezogen auf das Betrachtungsobjekt vergeht. Sie ist eine wesentliche Größe für die zahlenmäßige Bewertung von Prozessen, weil sie nicht nur die Grundlage für die Berechnung der Durchlaufzeit ist, sondern in Verbindung mit Stundensätzen für Personal- oder Technikeinsatz auch eine monetäre Bewertung des jeweiligen Vorgangs zulässt. Zudem können Auslastungen von Ressourcen bestimmt und die Prozesseff-

fizienz bewertet werden. Oftmals besteht eine direkte Abhängigkeit zwischen der Prozesszeit und der Art der Durchführung, da automatische Vorgänge im Gegensatz zu manuellen Vorgängen in der Regel deutlich effizienter sind.

Die **Häufigkeit** ist zusammen mit der Prozesszeit die zweite Eingangsgröße zur monetären Prozessbewertung. Sie gibt an, wie oft die Grundfunktion für das Betrachtungsobjekt im Bezug auf eine Bezugsgröße durchgeführt wird. Diese Bezugsgröße kann sowohl ein Objekt, bspw. eine Palette, oder ein Zeitraum sein. Die Auswahl der Bezugsgröße kann frei erfolgen, muss jedoch so geschehen, dass verschiedene Bezugsgrößen in verschiedenen Grundfunktionen jederzeit ineinander überführt werden können, indem deren zahlenmäßiger Bezug bekannt ist.

Meist werden die **Kosten** einer Grundfunktion über die Stundensätze der eingesetzten Ressourcen und deren Einsatzzeit, sprich Prozesszeit, berechnet. In Ausnahmefällen sind die Kosten für Teilschritte des Material- und Informationsflusses jedoch bekannt und können direkt bei der Prozessaufnahme eingetragen werden.

Mit **Kennzahlen** können einzelne Vorgänge oder ganzer Prozesse auf Basis von Vergleichszahlen bewertet werden. Sie setzen sich aus einer oder mehreren Kenngrößen zusammen, die miteinander verrechnet oder in Beziehung gesetzt werden. Es existiert eine Vielzahl von Kennzahlen, die zumeist spezifisch für bestimmte Vorgänge oder Bereiche angegeben werden. In der vorliegenden Methode werden dem Anwender deshalb keine Kennzahlen vorgegeben, sondern er kann für die einzelnen Vorgänge im Material- und Informationsfluss individuelle Kenngrößen nennen.

Ineffiziente Prozessabläufe im Material- und Informationsfluss sowie aufwändige und häufige Fehler- oder Alternativprozesse bieten zahlreiche **Optimierungspotenziale**. Ähnlich den Kenngrößen sind diese häufig spezifisch für die verschiedenen Vorgänge sowie von der jeweiligen Zielstellung abhängig und daher in einer großen Vielzahl vorhanden. Der Anwender kann Potenziale bereits während der Prozessaufnahme angeben. Näheres hierzu ist in Kapitel 5.1.4 zu finden.

Tabelle 5-5: Zuordnung der bewertenden Attribute zu den Grundfunktionen

Bewertung der Grundfunktion	Materialfluss				Informationsfluss				
	Handhaben	Bewegen	Bearbeiten	Liegen	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Prozesszeit									
Häufigkeit									
Kosten									
Kenngrößen									
Potenziale									

Tabelle 5-5 fasst die Attribute für die bewertenden Attribute der Grundfunktionen zusammen und stellt sie den einzelnen Grundfunktionen gegenüber.

5.1.4 Definition und Darstellung möglicher Optimierungspotenziale

In den vorangehenden Kapiteln 5.1.2 und 5.1.3 wurden bereits einige Optimierungspotenziale einzelner Grundfunktionen vorgestellt. Diese werden im vorliegenden Kapitel zusammengefasst und ergänzt, um eine grundlegende Hilfestellung für die Prozessbewertung zu geben. Zudem wird eine Möglichkeit gezeigt, wie Potenziale im Prozess kenntlich gemacht werden können.

Optimierungspotenziale des intralogistischen Materialflusses

Das **Handhaben** ist, wie bereits erwähnt, eine Schnittstelle im Materialfluss zwischen dem Bewegen und Liegen bzw. zwischen zwei direkt aufeinander folgenden Bewegungsvorgängen. Es ist keine direkte Wertschöpfung und stellt eine Unterbrechung des Materialflusses dar, weshalb es nach Möglichkeit zu vermeiden ist. Hinweise auf ein grundsätzliches Optimierungspotenzial beim Handhaben sind verschiedene verwendete Fördermittel und Fördereinheiten sowie verschiedene Aufnahme- und Abgabehöhen in einem Teilprozess.

Häufige Probleme beim **Bewegen** bestehen in Form langer oder schwieriger Wegstrecken sowie hohen Intensitäten auf einzelnen Strecken, die zu Staus oder Unfällen führen können. Oftmals sind die Ursache historisch gewachsene Prozesse mit ungünstig zueinander angeordneten, zusammengehörenden Bereichen bei beengten Platzverhältnissen. Die Folge können auch notwendige Pufferflächen sein, um Verzögerungen im Materialfluss ausgleichen zu können.

Das **Liegen** ist wie das Handhaben ein Schnittstellenprozess, der den Materialfluss unterbricht und zu vermeiden ist. Infolge schlecht abgestimmter Prozessstakte, notwendigen Ressourcenwechseln oder des Abfangens von Maschinenausfällen oder Anlieferproblemen sowie überflüssiger Fehlerprozesse sind eigene Flächen vorzusehen und zu bewirtschaften, wozu entsprechende Ressourcen bereitzustellen sind.

Beim **Bearbeiten** sind aus intralogistischer Sicht lediglich die Schnittstellen der Montage und Fertigung zum eigentlichen Logistikprozess in Form von Ver- und Entsorgung sowie das Verpacken von Interesse. Mögliche Optimierungspotenziale beim

Verpacken sind Packfehler, in deren Folge es zu Transportschäden kommen kann, sowie ineffiziente Packeinheiten, die u.a. die Transportintensität erhöhen.

Optimierungspotenziale des intralogistischen Informationsflusses

Beim **Erfassen** von Objekten bzw. deren Informationen treten insbesondere bei manuell durchgeführten Vorgängen Probleme durch Lese- und Schreibfehler und damit unvollständig oder falsch aufgenommene Informationen auf. Diese wiederum ziehen aufwändige Fehlerprozesse nach sich. Beispiele sind Pickfehler beim Kommissionieren, Schreibfehler oder falsch ausgefüllte Lieferscheine sowie Mess-, Wiege-, Zähl- und Eingabefehler. Gerade beim Erfassen bieten AutoID-Techniken deshalb ein enormes Verbesserungspotenzial, da sie eben diese Fehler vermeiden können. Entscheidend ist hierbei jedoch die Wahl der richtigen AutoID-Technik, da sonst auch hier Schreib- und Lesefehler auftreten können. Beispiele sind verschmutzte, beschädigte oder verdeckte Barcode-Etiketten sowie falsch angebrachte und damit unleserliche RFID-Transponder. Eine weitere Optimierung bei der Erfassung kann sich zudem aus der Pulklesung mehrerer Objekte auf einmal ergeben.

Das **Übertragen** von Informationen muss möglichst zeitnah erfolgen, um die nötige Prozesstransparenz zu gewährleisten. Ein Hinweis auf diesbezügliche Optimierungspotenziale ist deshalb die Prozesszeit insbesondere bei manueller Übertragung bspw. durch einen Lieferschein oder manuell gestützter Übermittlung, z.B. bei temporärer Zwischenspeicherung von Prozessdaten mit zyklischem Datentransfer.

Wie das Liegen des Materialflusses ist das **Ablegen** eine Unterbrechung des Informationsflusses, die möglichst zu reduzieren ist. Jedoch sind einige grundsätzliche Vorgänge wie das Speichern von Daten zur Angabe und Aktualisierung des Objektstatus absolut notwendig für die Prozesssteuerung. Probleme ergeben sich, wenn die Informationen vor ihrer eigentlichen Bevorratung im zentralen System zwischengespeichert werden, bspw. durch Lieferscheine in einem Postfach, Prozessdaten im Speicher eines lokalen Lesegeräts oder als individuelles Wissen eines Mitarbeiters. Weiterhin sind das Format und die Sicherheit des Speichers sowie dessen Kapazität mögliche Optimierungspotenziale.

Beim **Verarbeiten** von Informationen können sich Probleme durch ein falsches oder falsch angewendetes Regelwerk oder zu langsame Verarbeitungsgeschwindigkeiten ergeben, wodurch Ist- und Soll-Informationen nicht richtig zugeordnet werden. Be-

sonders groß ist die Gefahr hierfür bei manuellen Verarbeitungsprozessen auf Basis der intellektuellen Leistung des Mitarbeiters. Die Folge können falsche Prozessverzweigungen mit aufwändigen Fehlerprozessen sein.

Möglichkeiten zur Verbesserung des **Kennzeichnens** ergeben sich bspw. aus dem Verlust oder der Beschädigung der Informationsträger. Ursache hierfür ist in der Regel eine Anbringung, die nicht für die prozesstechnischen Einflussfaktoren (z.B. mechanische Belastungen) oder das Kennzeichnungsobjekt (z.B. verfügbarer Platz durch Objektmessungen und dessen Geometrie) geeignet ist. Des Weiteren bedeutet eine aufwändige Anbringung auch eine entsprechend lange Prozesszeit und erfordert entsprechendes Werkzeug.

Übergeordnete intralogistische Optimierungspotenziale

Des Weiteren gibt es übergeordnete Optimierungspotenziale, die nicht explizit einer Grundfunktion zugeordnet werden können, sondern sich aus der Betrachtung mehrerer Vorgänge ergeben. Zudem werden hierunter Potenziale zusammengefasst, die für alle Grundfunktionen gleichermaßen gültig sind.

Eine prinzipielle Verbesserungsmöglichkeit besteht, wenn Identifikationsobjekt (IO) und Kennzeichnungsobjekt (KO) nicht dasselbe Objekt bezeichnen, der zu verfolgende Artikel also nicht direkt gekennzeichnet ist. In diesem Fall kann die Prozesstransparenz gefährdet sein, wenn es zu Fehlern in der Zuordnung zwischen KO und IO kommt oder diese unvorhergesehen aufgelöst wird. In jedem Fall sind zudem Prozessschritte erforderlich, die diese Zuordnung vornehmen.

Wenn das KO nicht dem jeweiligen Betrachtungsobjekt entspricht, sind im Prozess zusätzliche Vorgänge notwendig, um diese voneinander zu entkoppeln. Es müssen mindestens einmal Transportmittel oder Transporteinheiten gewechselt werden.

Ein häufiges Problem intralogistischer Prozesse ist das zeitliche Delta zwischen dem physischen und informationellen Status des IO. Dieses kann zu aufwändigen, zusätzlichen Prozessen führen, wenn die Abweichung eine gewisse Größe aufweist und nicht in der Prozessdefinition berücksichtigt ist. Bspw. hat die Buchung der Ware auf einen Lagerplatz bereits im vom Lager räumlich entkoppelten Wareneingang falsche Lagerbestände zur Folge, wenn die Ware erst einige Zeit später dort tatsächlich eintrifft. Vom korrekten Warenbestand abhängige Prozesse wie das Kommissionieren werden dadurch deutlich erschwert.

Eine grundlegende Frage der Datenbevorratung betrifft die zentrale oder dezentrale Datenhaltung. Ist eine sichere, zeitnahe Datenübertragung zum zentralen System an den Erfassungspunkten nicht jederzeit gewährleistet, ist die dezentrale Vorhaltung der Objektdaten direkt am Objekt in Erwägung zu ziehen. Hiervon abhängig sind unter Anderem die Auswahl geeigneter Datenträger, die sich beliebig oft beschreiben lassen und eine entsprechende Speicherkapazität aufweisen müssen.

Ein Problem, das alle Grundfunktionen betrifft, ist der Einsatz ungeeigneter oder falsch dimensionierter Betriebsmittel. Bspw. müssen Fördermittel auf die Wegstrecke, zu überwindende Entfernungen und, wie auch das Handhabungsmittel, auf die zu bewegenden bzw. handhabenden Objekte abgestimmt sein. Falsche Verpackungsmittel können zu Schäden an der Ware und ungeeignete Erfassungstechnik zu Lesefehlern führen. Auch bei der Übertragung können sich Datenverluste durch die Überschneidung von Frequenzen oder unterdimensionierte Datenleitungen ergeben. Grundsätzlich gilt deshalb, dass die für die jeweilige Aufgabe eingesetzten Betriebsmittel sowie das Personal daran angepasst sein müssen, da eine falsche Dimensionierung in jedem Fall höhere Kosten verursacht.

Hervorhebung von Optimierungspotenzialen in der Prozessdarstellung

Die Methode zeigt einfache Möglichkeiten auf, um identifizierte Optimierungspotenziale bereits während der Prozessaufnahme hervorzuheben und zu beschreiben. In Anlehnung an die Wertstromanalyse greift die Methode hierzu die Idee des Kaizen-Blitzes auf, der das Potenzial kenntlich macht. Jeder Blitz kann textuell beschrieben werden (siehe Abbildung 5-6).

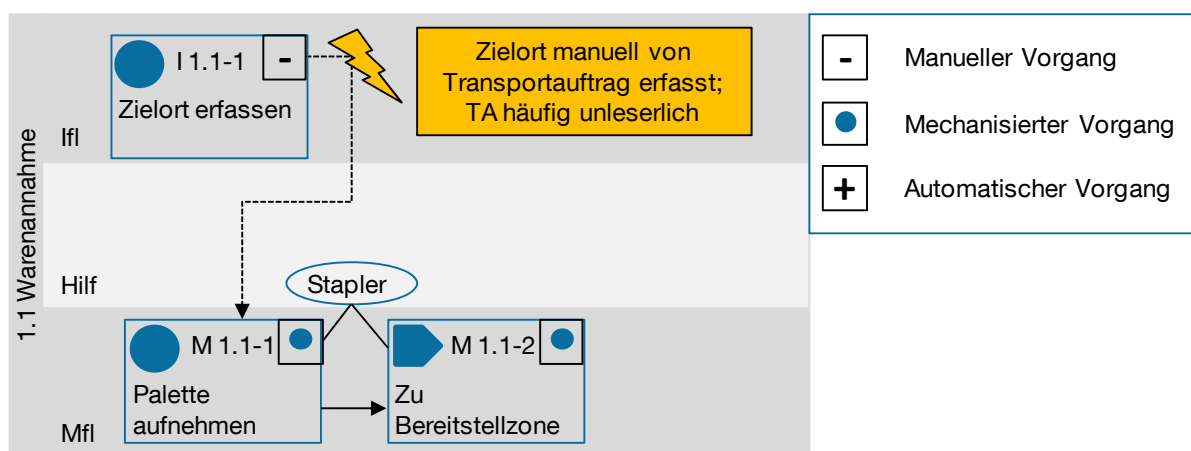


Abbildung 5-6: Hervorhebung und Beschreibung von Optimierungspotenzialen

In vielen Fällen haben automatisierte Vorgänge deutliche Vorteile gegenüber manuellen oder mechanisierten Vorgängen. Diese Eigenschaft ist zudem leicht festzustellen, weshalb sie als Hinweis auf ein mögliches Optimierungspotenzial direkt in die grafische Darstellung der Grundfunktion integriert ist (siehe Abbildung 5-6).

5.1.5 Weitere Bausteine

Zusätzlich zu den Grundfunktionen sind weitere Bausteine notwendig, um intralogistische Prozess ganzheitlich unter der Berücksichtigung eines möglichen AutoID-Einsatzes beschreiben zu können. Die Methode nutzt hierzu wenige, intuitive und eindeutige grafische Symbole, die ein einfaches Prozessverständnis unterstützen. Sie werden zudem benötigt, um die Prozesslogik in Form von Verzweigungen und Bedingungen darstellen zu können. Nachfolgende Tabelle 5-6 zeigt die weiteren Bausteine.

Tabelle 5-6: Weitere Bausteine der Methode

Symbol	Beschreibung
	Auflösen einer Verknüpfung zwischen Objekten des Material- oder Informationsflusses
	Verheiraten von Objekten des Material- oder Informationsflusses
	Logisches UND (alle Inputs bzw. Outputs müssen vorliegen)
	Logisches exklusives ODER (genau ein Input bzw. Output muss vorliegen)
	Logisches ODER (mindestens ein Input bzw. Output muss vorliegen)
	Verknüpfung zu Teilprozess 2.1 bzw. zur Stelle 2.1 im Prozess
	Verknüpfung mit Alternativprozess (A) bzw. Unterstützungsprozess (U)
	Freie Angabe der eingesetzten Ressource in der Hilfsebene
	Verbindungen des Materialflusses bzw. Input des Materialflusses für den Informationsfluss
	Verbindungen des Informationsflusses bzw. Input des Informationsflusses für den Materialfluss

In innerbetrieblichen Logistikprozessen kommt es sowohl im Material- als auch im Informationsfluss häufig zur Verknüpfung verschiedener Objekte. Beim Handhaben müssen bspw. Artikel (Identifikationsobjekt) in Behälter oder auf Paletten (Betrachtungsobjekt) gestellt werden, um sie transportieren oder lagern zu können. Die Arti-

kel werden fortan im Prozess durch das Betrachtungsobjekt gehandhabt, bewegt, gelagert oder bearbeitet, bis diese Verknüpfung wieder aufgelöst wird, um bspw. die Artikel einzeln einzulagern. Im Informationsfluss können ebenfalls verschiedene Objekte informatorisch miteinander verheiratet werden. So wird bspw. nur das Kennzeichnungsobjekt erfasst (z.B. Behälter, Palette) erfasst, um den eigentlich darin oder darauf befindlichen Artikel verfolgen zu können. Hierfür ist an einer bestimmten Stelle im Prozess eine Verheiratung notwendig, die über das entsprechende Symbol kenntlich gemacht werden kann.

Die Methode sieht des Weiteren die Darstellung von Prozessverzweigungen zwischen verschiedenen Teilprozessen vor. Diese werden über die in Tabelle 5-6 abgebildeten Verknüpfungssymbole berücksichtigt. Nicht näher definierte Alternativ- oder Unterstützungsprozesse werden mit einem entsprechenden Kürzel in einem Kreis (A bzw. U) angegeben, um zu zeigen, dass sich der Prozess an dieser Stelle in einen nicht weiter verfolgten Pfad verzweigt oder damit vereinigt. Soll ein expliziter Teilprozess oder eine Stelle im Teilprozess verbunden werden, wird der Kreis nummeriert. Die Nummer nennt eindeutig den jeweiligen Prozess.

In der grafischen Darstellung werden zur vollständigen Darstellung der Prozesslogik logische Operatoren (UND, ODER, exklusives ODER) verwendet, die einer Verzweigung bzw. Vereinigung voran gehen. Darüber hinaus kann die jeweilige Bedingung durch die Attribute der Durchführung einer Grundfunktion detailliert werden (siehe Kapitel 5.1.3).

Die klare Unterscheidung zwischen Material- und Informationsfluss wird über differenzierbare Kanten gewährleistet. Verbindungen des Informationsflusses werden mit gestrichelten Kanten, die des Materialflusses mit durchgezogenen Kanten dargestellt.

5.2 Vorgehensmodell zur Anwendung der Methode

Die Methode basiert in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3300, die das Benchmark insbesondere im Hinblick auf die Prozessgestaltung bildet (siehe Kapitel 4.4.3), auf einem papierbasiertem, zweistufigem Vorgehen. Die erste Stufe ist die grafische Darstellung des Prozesses in der Prozessskizze mit Papier und Bleistift. In der zweiten Stufe, dem Prozessaufnahmebogen, können die einzelnen Prozessschritte an-

hand der in Kapitel 5.1.3 dargelegten Attribute detailliert werden. Die beiden Stufen hängen über eine Nomenklatur zusammen, die Teil des Regelwerks ist.

5.2.1 Prozessskizze

Die Prozessskizze ist die eigentliche Abbildung des Prozesses, da sie diesen mittels der in Kapitel 5.1 beschriebenen Grundfunktionen und weiteren Bausteine gemäß seiner Logik grafisch darstellt. Die Prozessskizze baut auf einem hierarchischen Prozessebenenmodell auf (siehe Abbildung 5-7), das dem Anwender eine mögliche Strukturierung intralogistischer Prozesse aufzeigt. Es basiert auf dem in Kapitel 3.2 vorgestellten Prozessebenenmodell, das es um die Grundfunktionen erweitert. Es ist als Hilfestellung und Empfehlung zu verstehen, nicht als verbindliche Vorgabe.

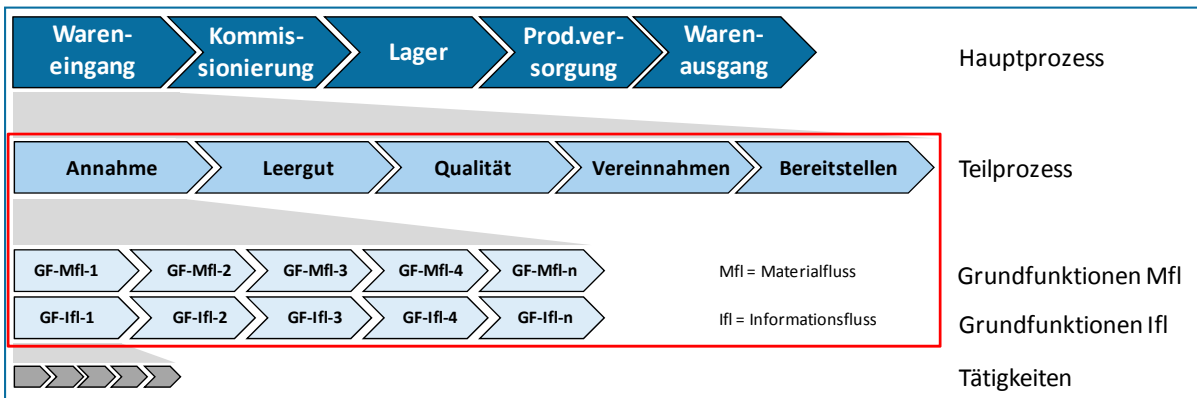


Abbildung 5-7: Hierarchisches Prozessebenenmodell

Das Prozessebenenmodell legt die Nummerierung der Teilprozesse und Grundfunktionen und deren Verknüpfungsoperatoren fest. Die erste der beiden Ziffern ist die des Hauptprozesses, die zweite Ziffer steht für den jeweiligen Teilprozess und wird fortlaufend gezählt. Die Grundfunktionen besitzen eine zusätzliche dritte Ziffer, die innerhalb eines Teilprozesses ebenfalls fortlaufend nummeriert ist (siehe Abbildung 5-1 in Kapitel 5.1).

Die Grundidee der Prozessskizze sind Swimlanes (siehe Kapitel 2.2) für jeweils den Material- und Informationsfluss sowie eine dritte Ebene, die Hilfsebene, in der die verwendeten Ressourcen sowie unterstützende Prozesse aufgeführt werden können. Drei Swimlanes sowie deren Verknüpfung entsprechend der Prozesslogik ergeben einen Teilprozess und sind dem entsprechend nummeriert und benannt (siehe Abbildung 5-8). Sie können als DIN A4-Vordruck für die Prozessskizze verwendet werden und erleichtern somit die Aufnahme.

Material- und Informationsfluss werden mittels der jeweiligen Grundfunktionen und deren verbindender Kanten entsprechend des Prozessablaufs abgebildet. Dabei ist nur der Materialfluss ein zusammenhängender Fluss. Der Informationsfluss bedingt den Materialfluss durch das zur Verfügung stellen von notwendigen Informationen, ohne die der Materialfluss nicht weiter laufen kann, bspw. bei Verzweigungen oder nötigen Inputs wie der Zielinformation für einen Transportvorgang. Auch wird dabei in der Regel dargestellt, woher die Information kommt und wie sie generiert wird. Der Informationsfluss ist folglich im eigentlichen Sinn kein Fluss.

Anders herum kann auch der Materialfluss Informationen hervorrufen, bspw. wenn die Ankunft einer Ware einen bestimmten Status im System erzeugt oder Ware auf einer Bereitstellfläche für einen Staplerfahrer das Zeichen ist, die Ware weiter zu bewegen. Material- und Informationsfluss bedingen sich somit gegenseitig.

Die Hilfsebene kann dazu verwendet werden, grundlegende Ressourcen der einzelnen Grundfunktionen anzugeben. Des Weiteren können unterstützende Prozesse, die nicht die eigentliche Ware als Objekt zum Gegenstand haben, eingetragen werden, um auch deren Prozesszeiten zu berücksichtigen. Ein Beispiel ist der Gang zum Stapler, das Holen einer Palette oder eine Leerfahrt, während die eigentliche Ware liegt. Die Hilfsebene ist nur für überschaubare Unterstützungsprozesse sinnvoll nutzbar. Komplexere unterstützende Prozesse sind in einem eigenen Teilprozess darzustellen und können über die Verzweigungsoperatoren eingebunden werden.

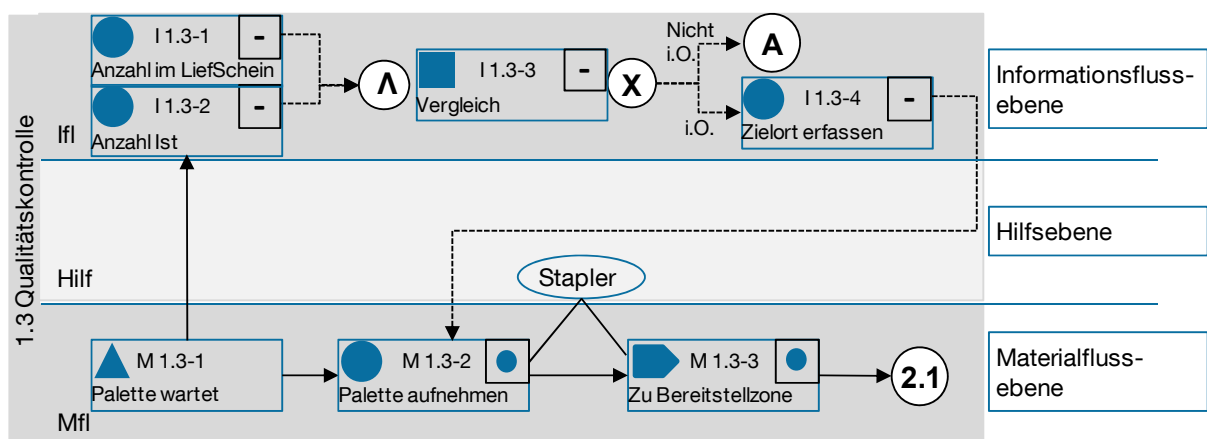


Abbildung 5-8: Beispiel einer Vollständigkeitskontrolle

Ein wichtiges Element für das Verständnis der Prozesslogik sind die in Kapitel 5.1.5 vorgestellten Bausteine zur Beschreibung von Prozessverzweigungen. Diese können als Ergebnis von Prüf- und Kontrollvorgängen (Bearbeiten) auf Basis des Vergleichs von Ist- und Sollinformationen erfolgen. Beispiele hierfür sind Qualitäts- und Vollstän-

digkeitskontrollen sowie das Sortieren von Ware nach bestimmten Kriterien. Das Prinzip wird anhand des in Abbildung 5-8 gezeigten Beispiels erläutert.

Für die Kontrolle der Vollständigkeit einer Palette (I1.3-3) sind die vorgegebene Menge aus dem Lieferschein (I1.3-1) und die tatsächlich vorhandene Ware als Ist-Information (I1.3-2) beide aufzunehmen (Verknüpfung UND). Die Ist-Information kommt dabei von der liegenden Ware selbst. Ist die Ware vollständig (i.O.) wird der Zielort erfasst (I1.3-4), die Palette aufgenommen (M1.3-2) und zur Bereitstellungszone gefördert (M1.3-3). Der Verweis zeigt, dass der weitere Prozess im Teilprozess 2.1 dargestellt ist. Ist die Palette nicht vollständig, tritt ein nicht näher detaillierter Alternativprozess A in Kraft. Das exklusive ODER zeigt, dass nur genau eine der beiden Verzweigungen ablaufen kann. Die Verknüpfung kann über Freitext auch noch weiter durch Wahrscheinlichkeiten beschrieben werden.

Analog zu Verzweigungen können auch Prozessschleifen innerhalb eines Teilprozesses dargestellt werden. Ein Beispiel ist die Entladung eines mit Paletten beladenen LKW. Da der Materialfluss auf der Darstellung von Tätigkeiten (Grundfunktionen) beruht, wird der Prozess für eine Palette beschrieben. Um die Gesamtzeit des Prozesses bestimmen zu können muss dieser Prozess für alle Paletten durchlaufen werden. Das Kriterium hierfür ist die Kontrolle der vollständigen Entladung. Erst wenn diese bejaht werden kann, geht der Prozess weiter.

5.2.2 Prozessaufnahmebogen

Die zweite Stufe der entwickelten Methode ist der Prozessaufnahmebogen. Auch er ist papierbasiert, tabellarisch aufgebaut und setzt sich aus den Attributen der Grundfunktionen zusammen (siehe Kapitel 5.1.3). Er ist über die eindeutige Nummerierung der Grundfunktionen mit der Prozessskizze verknüpft, um die Grundfunktionen im Detail zu beschreiben.

Grundsätzlich gibt es keinen idealen Prozessaufnahmebogen, was in Anbetracht der Vielzahl an Attributen und deren Verschiedenartigkeit nachvollziehbar ist. Viele Attribute werden demzufolge für die Grundfunktionen bestimmter Teilprozesse gar nicht benötigt, während sie für einen anderen Teilprozess wiederum essentiell sind. Die Gestaltung des Prozessaufnahmebogens ist also vielmehr von der Zielstellung der jeweiligen Prozessaufnahme abhängig. Dieser Gedanke wurde bei der Einteilung der Attribute in Kapitel 5.1.3 zu Grunde gelegt. Für die genauere Beurteilung eines effizienten Betriebsmitteleinsatzes im Materialfluss ist bspw. neben der Angabe des Be-

trachtungs- und Identifikationsobjekts und deren zahlenmäßigen Bezugs die genaue Beschreibung der Restriktionen und Ressourcen sowie grundlegender bewertender Attribute entscheidend. Um hingegen einen Prozess hinsichtlich des möglichen Einsatzes von AutoID zu bewerten, müssen das Objekt und die örtlichen Umgebungsbedingungen eines Erfassungspunktes deutlich genauer beschrieben werden.

Nachfolgende Tabelle 5-7 zeigt einen möglichen Prozessaufnahmebogen für einen einfachen Prozess ohne AutoID-Unterstützung mit dem Ziel, diesen besser nachvollziehen zu können. Hierfür ist insbesondere die Durchführung detailliert zu beschreiben. Er ist quer auf DIN A3-Format abgedruckt und ausklappbar, um möglichst viele Angaben aufnehmen zu können.

Tabelle 5-7: Beispielhafter Prozessaufnahmebogen

Attribute		Grundfunktionen				
		M1.1-1	M1.1-2	I1.1-1	I1.1-2	I1.1-3
Objekt	Betrachtungsobjekt (BtO)					
	Identifikationsobjekt (IO)					
	Information					
	Informationsträger					
Durchführung	Durchführung					
	Art der Ausprägung					
	Auslöser					
	Auslösebedingung					
	Ansprechpartner					
	Weiterführende Dokumente					
Restriktionen	Zweck					
	Entfernung					
Ressourcen	Sender bzw. Quelle					
	Empfänger bzw. Senke					
	Eingesetztes Personal					
	Eingesetzte Technik					
Bewertung	Prozesszeit					
	Häufigkeit					

5.3 Darstellung intralogistischer Prozesse

Um die Methode besser verstehen zu können werden die in Kapitel 5.1 definierten Grundfunktionen den in Kapitel 2.3 aufgeführten Vorgängen der Intralogistik in Tabelle 5-8 gegenübergestellt. Dabei zeigt sich der unterschiedliche Detaillierungsgrad

scheinbar artverwandter oder ähnlich benannter Vorgänge nach verschiedenen Definitionen. Auch wird klar, aus welchen Grundfunktionen sich typische Vorgänge der Intralogistik zusammensetzen. Die eingeklammerten Zuordnungen bedeuten, dass die jeweiligen Vorgänge nach den Aussagen der Fachliteratur (siehe hierzu Kapitel 2.3) nicht zweifelsfrei genannt werden, zur Durchführung jedoch nötig sind. Das ist im Besonderen für die Grundfunktionen des Informationsflusses der Fall.

Tabelle 5-8: Zuordnung von Grundfunktionen zu intralogistischen Vorgängen

	Materialfluss				Informationsfluss				
	Hand haben	Bewegen	Liegen	Bearbeiten	Erfassen	Übertragen	Ablegen	Verarbeiten	Kennzeichnen
Fördern		X							
Transportieren		X							
Bewegen		X							
Lagern			X						
Warten			X						
Bedienen			X						
Kommissionieren	X	X	X		X	X	(X)	X	(X)
Verzweigen	(X)	X			(X)	(X)		(X)	
Verteilen	(X)	X			(X)	(X)		(X)	
Sammeln	(X)	X			(X)	(X)		(X)	
Zusammenführen	(X)	X			(X)	(X)		(X)	
Sortieren	(X)	X			X	X		X	
Handhaben (nach VDI 2860)	X	(X)	(X)		(X)			(X)	
Bilden von Ladeeinheiten	X	(X)		(X)					
Umschlagen	X	X	X		(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Be- und Entladen	X	(X)			(X)	(X)		(X)	
Bearbeiten				X					
Verpacken (als Prozess)	X	(X)		X	(X)	(X)		(X)	X
Fertigen				X					
Montieren				X					
Prüfen					X			X	
Aus- und Einlagern	X	X	X		(X)	(X)	(X)	(X)	

Eine eindeutige Zuordnung ist dadurch gekennzeichnet, dass sich in der jeweiligen Zeile der Tabelle genau eine Übereinstimmung mit den Grundfunktionen ergibt. Dies gilt demnach für das Fördern, Transportieren und Bewegen ebenso wie für das Bearbeiten, Fertigen und Montieren. Neben dem Lagern und Warten kann auch das Bedienen, bei dem es u.a. um die Beschreibung von Zwischenankunftszeiten geht, eindeutig dem Liegen zugewiesen werden. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang das Handhaben nach der VDI-Richtlinie 2860, das sich deutlich komplexer darstellt, als der gleichnamige Vorgang im Rahmen der Methode.

Aus Sicht der Ganzheitlichkeit benötigen auch die in einigen Quellen als Standardvorgänge aufgeführten Vorgänge rund um das Sortieren bzw. Verteilen und Zusammenführen zur Durchführung Informationen, die erfasst und mitunter zu einem über-

geordneten System übertragen werden müssen, um dort abgeglichen zu werden, um den Zielort festzulegen.

Sehr komplexe Vorgänge wie das Umschlagen oder Kommissionieren benötigen nahezu alle Grundfunktionen des Informations- und Materialflusses, um dargestellt werden zu können. Das Umschlagen ist nach [DIN30781] als Gesamtheit der Förder- und Lagervorgänge beim Über- oder Abgang der Güter auf ein bzw. von einem Transportmittel sowie beim Wechsel des Transportmittels definiert. Auch wenn hierbei Informationsflussvorgänge nicht explizit erwähnt werden, müssen sie zur Realisierung vorkommen. Ein Hinweis hierauf findet sich bei [Pfo-04], der das Umschlagen als Kombination aus dem Handhaben und Sortieren bezeichnet. Letzteres beinhaltet wie bereits erwähnt Informationsflussoperationen. Beim Kommissionieren ist diese Tatsache eindeutig nachvollziehbar, da es nach [VDI3590] das Zusammenstellen von Teilmengen (Artikeln) aus einer bereitgestellten Gesamtmenge (Sortiment) auf Grund von Bedarfsinformationen (Aufträgen) bezeichnet.

Nachfolgend sind in Kapitel 5.3.1 einige in der Tabelle 5-8 aufgeführten Vorgänge dargestellt. In Kapitel 5.3.2 zeigen des Weiteren beispielhafte Prozesse aus der industriellen Praxis die Anwendung der Methode.

5.3.1 Darstellung intralogistischer Standardvorgänge

Ein typischer Vorgang der Intralogistik ist das Verteilen, Verzweigen oder Sortieren von Gütern nach bestimmten Kriterien (siehe Beispiel in Abbildung 5-9).

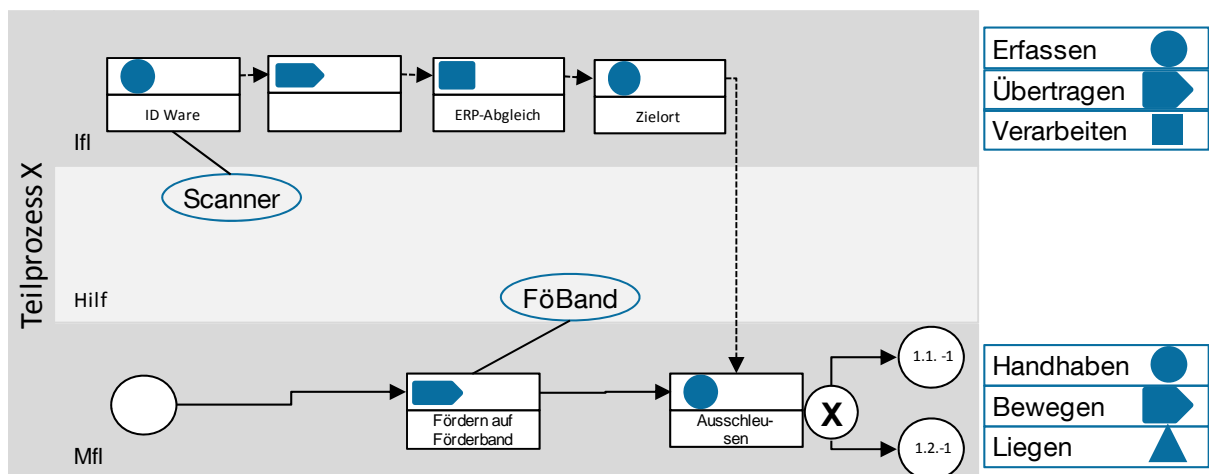


Abbildung 5-9: Vorgang des Verteilens, Verzweigen oder Sortierens

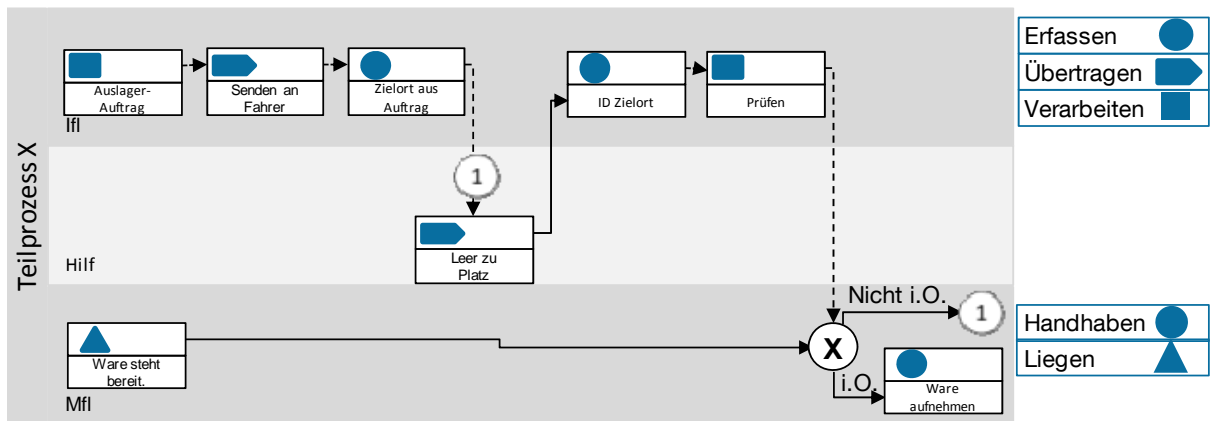


Abbildung 5-11: Vorgang des Aus- und Einlagerns

5.3.2 Intralogistischer Prozess aus der Praxis

Nachfolgend wird in Abbildung 5-12 ein Auslagerungsprozess eines Projektpartners dargestellt, bei dem ein Optimierungspotenzial für eine Pulkerfassung festgestellt wurde. Der dementsprechend optimierte Soll-Prozess ist in Abbildung 5-13 dargestellt.

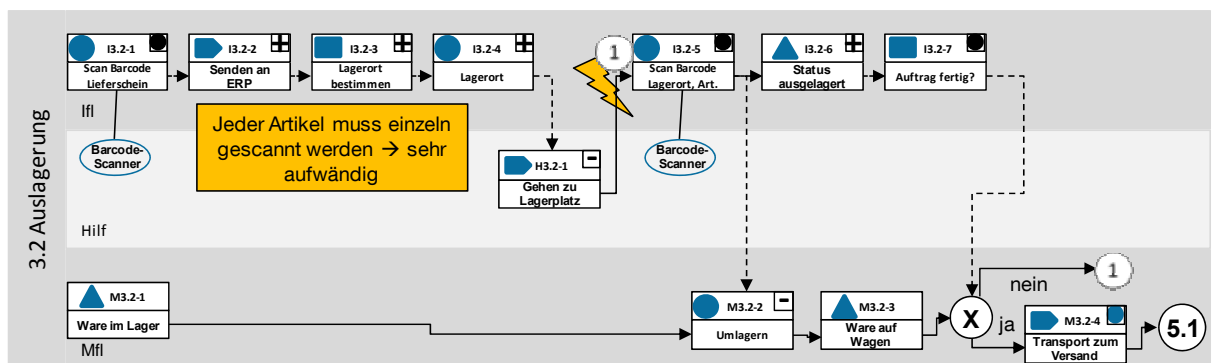


Abbildung 5-12: Prozessskizze eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis (Ist-Zustand)

Im Ist-Prozess scannt der Lagermitarbeiter den Barcode des Auslagerauftrags, der in einem Postfach liegt, mit einem Barcode-Scanner. Der Scanner verfügt über eine WLAN-Schnittstelle, über die er die Auftrags-ID an das ERP-System übermittelt, das ihm daraufhin den Lagerort der auszulagernden Artikel mitteilt (Artikel sind schon für einen Auftrag vorsortiert an einem gemeinsamen Lagerplatz). Dort angekommen scannt er wiederum mit dem Barcode-Scanner zunächst den Lagerort ab sowie jeden einzelnen dort gelagerten Artikel, die er wiederum einzeln auf einen Wagen legt. Zugleich werden die Artikel dabei automatisch ausgebucht und für jeden Artikel ein entsprechender Status im ERP-System hinterlegt. Wenn alle Artikel ausgelagert sind, werden diese vom Mitarbeiter mit dem Wagen zum Versand gebracht.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass bei der Prozessdarstellung mit der Methode in der Praxis einzelne selbstverständliche Grundfunktionen aus Gründen der Vereinfachung weggelassen bzw. nur als Symbol aufgeführt werden können. Ein Beispiel hierfür ist die automatische Übertragung der gescannten Informationen zum ERP-System und der daraus generierten Information des Lagerplatzes.

Für den Soll-Prozess kommt beim Erfassen der Ware statt dem Barcode-Scanner ein mobiler RFID-Scanner zum Einsatz. Statt der Einzelerfassung jedes einzelnen Artikels werden damit alle Artikel am Lagerort auf einmal gescannt (Pulkerfassung) und zu mehreren auf einmal umgehängt. Abbildung 5-13 zeigt dabei die deutliche Vereinfachung der Prozessdarstellung durch den Wegfall der Schleife für die Einzelerfassung sowie des Liegens der Artikel auf dem Wagen, während die restlichen Positionen gescannt und ausgelagert werden müssen.

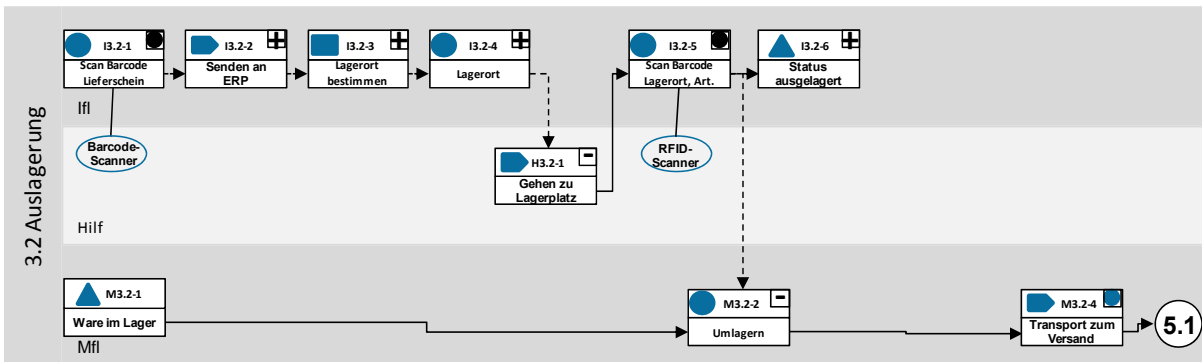


Abbildung 5-13: Prozessskizze eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis (Soll-Zustand)

Das resultierende Optimierungspotenzial lässt sich auch quantifizieren durch die jeweilige Berechnung der Prozesszeit und deren Vergleich zwischen Ist- und Soll-Prozess. Die Prozesszeit kann mit den verknüpften Personalressourcen bzw. deren Stundensatz verrechnet werden, um einen kostenmäßige Bewertung der Prozessoptimierung zu erzielen. Im vorliegenden Beispiel werden dabei Hilfskräfte eingesetzt, deren Stundensatz bei grob 20,- € liegt (Arbeitgeberkosten). Nachfolgend ist in Tabelle 5-9 der Prozessaufnahmebogen des Ist-Prozesses dargestellt. Die Änderungen durch den Einsatz eines RFID-Barcode-Kombi-Handhelds sind hervorgehoben.

Tabelle 5-9: Prozessaufnahmebogen eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis

Attribute		Grundfunktionen								
		I3.2-1	I3.2-2	I3.2-3	I3.2-4	H3.2-1	I3.2-5	I3.2-6	I3.2-7	M3.2-2
		Erfassen	Übertragen	Verarbeiten	Anzeige	Bewegen	Erfassen	Status	Kontrolle	Umlagern
Objekt	Betrachtungsobjekt (BtO)	Auftrag	Auftrag	Auftrag	Auftrag	Wagen	Artikel Auftrag	Artikel	Auftrag	Artikel Griffeinheit
	Identifikationsobjekt (IO)	Lagerort, Artikel	Lagerort, Artikel	Lagerort, Artikel	Lagerort	Wagen	Artikel	Artikel	Artikel	Artikel
	Anzahl IO je BtO	ca. 100	ca. 100	ca. 100	1	1	1 ca. 100	1	1	1 ca. 5
	Information	Auftrags-ID	Auftrags-ID	Auftrags-ID	Lagerort-ID		ID Lagerort, Artikel	ausgelagert	Fertig?	
	Informationsträger	Barcode	Funkstrecke	ERP-System	Display		Barcode Transponder	ERP-System	Display	
Durchführung	Art der Durchführung	mechanisiert	automatisch	automatisch	automatisch	mechanisiert	mechanisiert	automatisch	automatisch	manuell
	Auslösebedingung	Auftrag in Postfach	Auftrags-ID gescannt	ID gefunden	ID zugeordnet	Lagerort angezeigt	am richtigen Lagerort	Artikel-ID gescannt	Artikel-ID gescannt	Artikel-ID gescannt
	Art des Auslösers	manuell	manuell	automatisch	automatisch	manuell	manuell	manuell	manuell	manuell
Restriktionen	Entfernung, Verbindung	0,1 m				ca. 200 m	0,1 m 0,3 m			ca. 0,5 m
Ressourcen	Sender bzw. Quelle		MA am Postfach			Postfach				
	Empfänger bzw. Senke		ERP-System			Lagerort				
	Ort	Postfach		ERP-System	Postfach		Lagerort	ERP-System	Lagerort	Lagerort
	Eingesetztes Personal	Hilfskraft			Hilfskraft	Hilfskraft	Hilfskraft			Hilfskraft
	Eingesetzte Technik	Barcode-Handheld Kombi-Handheld	Handheld mit WLAN	DV	Barcode-Handheld Kombi-Handheld	Wagen	Barcode-Handheld Kombi-Handheld	DV	Barcode-Handheld Kombi-Handheld	
Bewertung	Prozesszeit	3 s	Echtzeit	Echtzeit	2 s	50 s	2 s	Echtzeit	Echtzeit	5 s
	Häufigkeit (BtO je Auftrag)	1	1	1	1	1	100 1	100	1	100 20

Im vorliegenden Fall benötigt der Mitarbeiter für einen Auftrag etwa 12,6 Minuten (3s + 2s + 50s + 200s + 500s), was pro Auftrag etwa 4,20 € an Personalkosten verursacht. Durch den Einsatz des RFID-Barcode-Kombi-Handhelds kann ein Mitarbeiter einen Auftrag in ca. 2,6 Minuten erledigen, wobei lediglich Personalkosten in Höhe von 0,87 € für den Auftrag anfallen. Berücksichtigt man den Rückweg zum Postfach, wo die Auftragspapiere abgegeben und vom Mitarbeiter einsortiert werden, mit etwa zwei Minuten, schafft ein Mitarbeiter beim optimierten Prozess etwa drei Aufträge in derselben Zeit.

Durch die Prozessaufnahme zeigt sich, dass im dargestellten Beispiel das identifizierte Optimierungspotenzial einen direkten monetären Nutzen bedeutet. Allerdings ist die Funktionssicherheit der RFID-Lösung von einigen Randbedingungen, die der Prozess und die dortigen Objekte mit sich bringen, abhängig (siehe Kapitel 2.4). Der nächste Schritt ist deshalb die Untersuchung der technischen Machbarkeit einer

RFID-Lösung für den vorliegenden Fall. Dazu müssen diese Randbedingungen detailliert beschrieben werden, die in erster Linie die Prozessumgebung am Ort der Erfassung, die Beschaffenheit der Artikel (z.B. Materialien) und die erforderliche Lesentfernung betreffen, um sie anschließend in Versuchsreihen prüfen zu können. Die Methode unterstützt den Anwender auch bei der Aufnahme der für eine technische Machbarkeit grundsätzlich erforderlichen Informationen durch die Gliederung der Attribute. Muss bspw. der Einfluss der Prozessumgebung auf die Erfassung genauer überprüft werden, hilft die Angabe des Ortes, wo diese Erfassung stattfindet sowie die Angabe weiterführender Dokumente wie Fotos oder Skizzen, um zumindest in einer ersten Stufe die Machbarkeit qualitativ bewerten zu können. Weitere Informationen werden jedoch nicht aufgeführt und müssen individuell vom Anwender aufgenommen werden.

6 Evaluierung der Prozessdarstellungsmethode

Am Ende des Projekts findet eine Evaluierung der Methode durch die Projektpartner statt. Die Grundlage der Evaluation sind an die Projektpartner ausgegebene Fragebögen, in denen sie die Darstellung intralogistischer Standardvorgänge (siehe Kapitel 5.3.1) sowie von Prozessen der jeweiligen Unternehmen durch die Methode bewerten. Die einzelnen Aussagen sind in Kapitel 6.1 aufgeführt und werden durch ein kurzes Fazit in Kapitel 6.2 abgerundet.

6.1 Bewertung der Methode

Die Methode wird anhand der ausgefüllten Fragebögen von sechs Projektpartnern bewertet. Dem Fragebogen liegen die Bewertungskriterien des hierarchischen, gewichteten Zielkriterienkatalogs aus Kapitel 4.3.5 zu Grunde. Die Aussagen der Projektpartner sind nachfolgend nach den vier übergeordneten Zielkriterien Prozessgestaltung, Prozessverständnis, Prozessleistung und Prozesslogik gegliedert.

Erfüllung der Prozessgestaltung

Die Ganzheitlichkeit der Methode wird sehr gut bewertet (siehe Abbildung 6-1). Als Stärke werden insbesondere die Darstellung der Vorgänge des Material- und Informationsflusses durch die Grundfunktionen sowie des Förderwegs, der Information, deren Informationsträger und Schnittstellen durch die Attribute gesehen. Für eine bessere Berücksichtigung der Ladeeinheiten und Ladehilfsmittel sollen diese stärker in die grafische Prozessskizze einfließen. Auch mögliche Medienbrüche sowie der Anstoß von Vorgängen durch Trigger könnten bereits in der Prozessskizze hervorgehoben werden, statt nur als Attribut beschreibbar zu sein. Das Gleiche gilt für die Flussart, die nur durchschnittlich bewertet wird. Die dabei angegebene fehlende grafische Darstellung als möglicher Hinweis auf Optimierungspotenziale ist in der finalen Version der Methode deshalb implementiert (siehe Abbildung 5-1 in Kapitel 5.1).

Die im Prozess eingesetzten Ressourcen in Form von Betriebsmitteln und Personal können nach Auffassung der Projektpartner generell gut berücksichtigt werden (siehe Abbildung 6-1). Bemängelt wird die fehlende grafische Einbindung, weshalb in der finalen Version der Methode die unterstützende Hilfsebene eingeführt wurde, die

auch zur groben Darstellung von Ressourcen genutzt werden kann und durch den Prozessaufnahmebogen ergänzt wird.

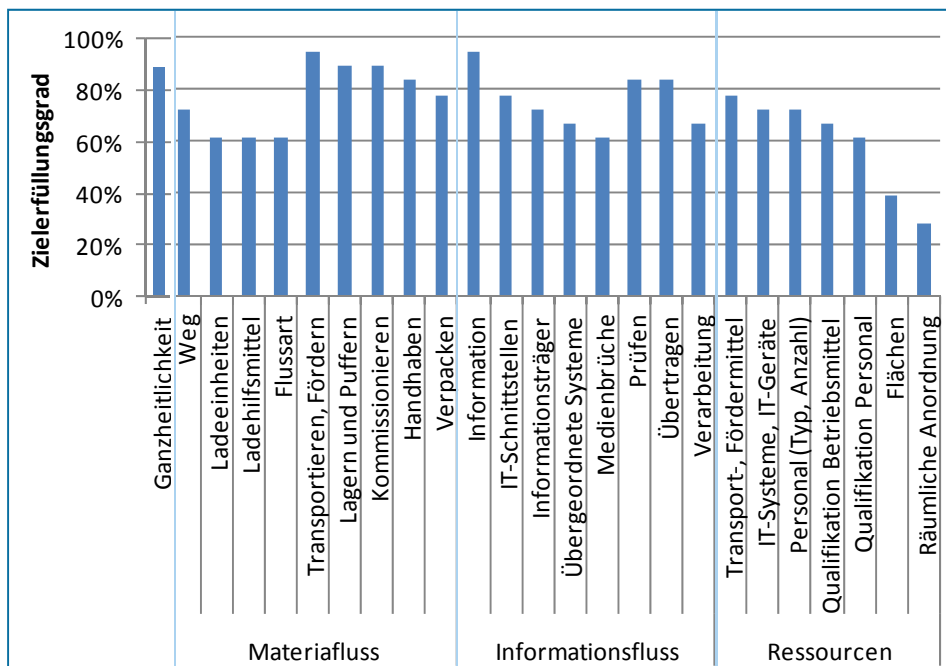


Abbildung 6-1: Bewertung der Prozessgestaltung der Methode

Unterdurchschnittlich werden die Darstellung von Flächen und deren räumliche Anordnung bewertet, der eine grafische Verknüpfung mit den Grundfunktionen fehlt. Abhilfe könnte hier eine nicht umgesetzte Verbindung zwischen Prozessskizze und einem Bereichslayout schaffen. Die einzelnen Grundfunktionen können darin mit ihrer eindeutigen Nummer und ihrem Symbol angeordnet und gemäß dem Prozessablauf verbunden werden. Diese Sicht kann eng an die Materialflussskizze der VDI-Richtlinie 3300 angelehnt werden. Sie stellt zudem eine Hilfestellung hinsichtlich des AutoID-Einsatzes dar, der mitunter sehr stark von lokalen Prozessrandbedingungen abhängig ist.

Erfüllung des Prozessverständnisses

Die Kombination aus einfacher symbolischer und textueller Beschreibung zusammen mit einer eindeutigen Nummerierung zur Spezifikation der Grundfunktionen wird von den Projektpartnern für gut befunden. Es unterstützt die einfache Anwendung der Methode und die Eindeutigkeit der mit ihr dargestellten Prozesse. Als ebenfalls positiv werden die hohe mögliche Prozessdetaillierung, Unterstützung verschiedener Prozesssichten in Abhängigkeit von der Zielsetzung der Prozessdarstellung sowie die einfache Vor-Ort-Prozessaufnahme bewertet (siehe Abbildung 6-2).

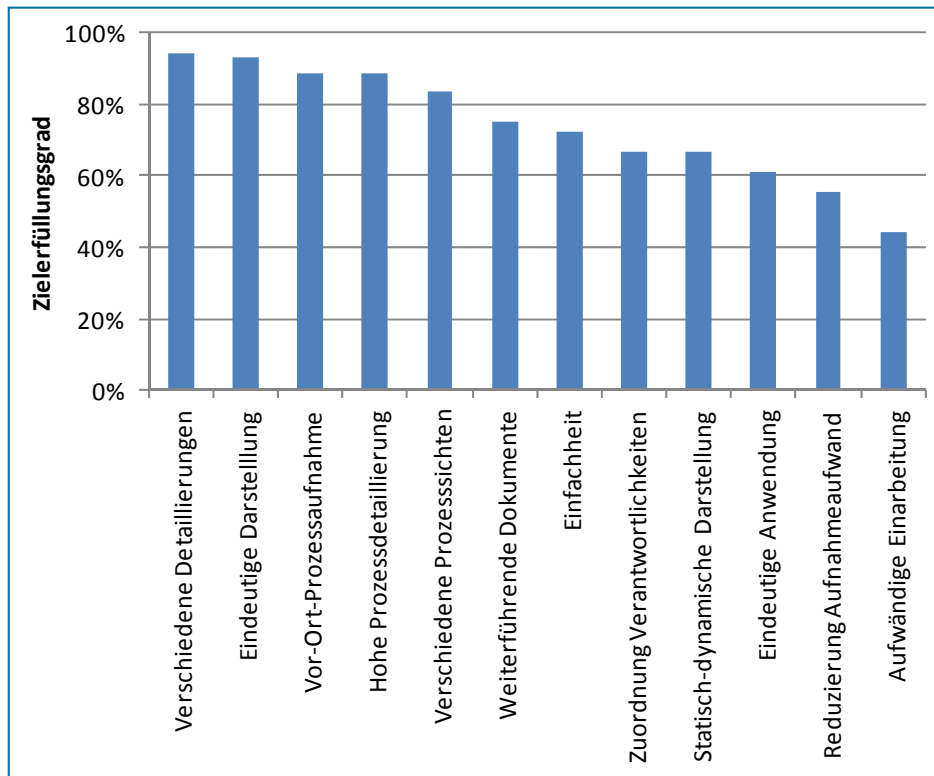


Abbildung 6-2: Bewertung des Prozessverständnisses der Methode

Der Informationsfluss kann nach Ansicht der Projektpartner mit den genannten Grundfunktionen auch aus IT-Sicht ausreichend genau dargestellt werden. Allerdings ist diese Detaillierung für logistische Prozesse mitunter zu genau, wenn Informationen bspw. automatisch ausgetauscht und ausgewertet werden und erfordert viel Platz in der Prozessskizze. Diese Einschätzung spiegelt sich in der Bewertung des Aufnahmeaufwands wider (siehe Abbildung 6-2). Trotzdem wird eine Zusammenfassung von häufig miteinander verwendeten Grundfunktionen zu Prozessmodulen auf einer höheren Ebene als nicht sinnvoll erachtet, da zu viele Attribute für deren Beschreibung notwendig wären und die Module nicht sinnvoll standardisierbar sind. Die Zuordnung von Verantwortlichkeiten bzw. Organisationseinheiten und weiterführenden Dokumenten auf Ebene der Attribute wird als gut empfunden.

Grundsätzlich angemerkt wird die stärkere Integration wichtiger Prozessdaten in die Prozessskizze bspw. in Form von Symbolen, da diese die erste Ebene der Prozessaufnahme darstellt. Diesem Punkt wird in der aktuell vorliegenden Form der Methode durch die Integration der Flussart und der Ressourcen bereits teilweise nachgekommen. Eine weitere Aufnahme von Prozessinformationen erfordert hingegen eine

genaue Abwägung, da die Prozessabbildung sonst unübersichtlich wird und damit im Widerspruch zur geforderten Einfachheit und Eindeutigkeit steht.

Mehrfach als Verbesserung genannt wird eine Prozesslandkarte zur übersichtlichen Darstellung der einzelnen Haupt- und Teilprozesse, da diese Übersicht bei komplexen Prozessen sonst unter Umständen verloren geht. Weiterhin wird in diesem Zusammenhang auch die Definition einer vorgegebenen Hierarchie der Prozessobjekte angeführt.

Erfüllung der Prozessleistung

Die Methode soll eine erste grobe Einschätzung des Prozesses anhand gängiger Prozesskennzahlen ermöglichen und eventuelle Optimierungspotenziale hervorheben können. Die Erfüllung beider Anforderungen wird von den Projektpartnern als gut bis sehr gut wahrgenommen (siehe Abbildung 6-3). Nach deren Meinung ist das Erkennen von Optimierungspotenzialen stark individuell und erfahrungsabhängig, weshalb eine standardisierte Einschätzung als kaum möglich gesehen wird. Es ist daher ausreichend dem Anwender Möglichkeiten zu bieten, Verbesserungsvorschläge bei der Prozessaufnahme zu notieren, bspw. anhand von Symbolen in Ergänzung zu Attributen. Hilfreich können dabei Checklisten sein, die sich mit den Grundfunktionen in Abhängigkeit von der Zielstellung verknüpfen lassen.

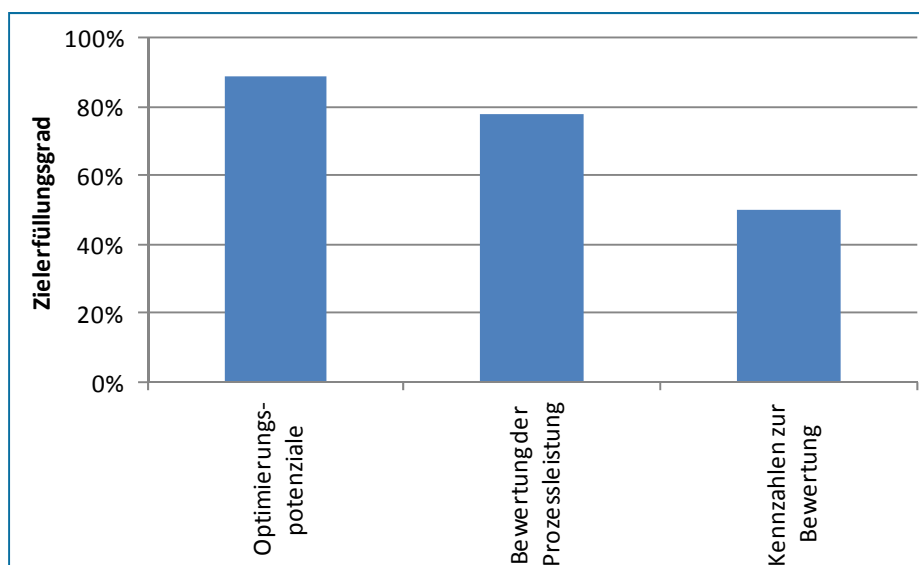


Abbildung 6-3: Bewertung der Prozessleistung der Methode

Verbesserungspotenziale bietet die Methode nach Meinung einiger Projektpartner hinsichtlich einer stärkeren Berücksichtigung und grafischen Integration von bewer-

tenden Attributen. Aus diesem Grund wurde im Nachlauf der Bewertung die Flussart zur Unterscheidung einer manuellen, mechanisierten und automatischen Durchführung in die grafische Darstellung der Grundfunktion integriert. Weitere, in diesem Zusammenhang genannte Möglichkeiten sind unterschiedlich farbige, dicke oder große Symbole sowie Grundfunktionen für eine qualitative Bewertung. Auch hier besteht jedoch wieder die Gefahr einer Überladung der Prozessskizze, unter der das Prozessverständnis leidet. Zudem ist die Methode papierbasiert, was farbige Unterscheidungen ausschließt. Prinzipiell können die Anmerkungen jedoch Eingang in eine eventuelle Adaption der Methode finden.

Erfüllung der Prozesslogik

Die Projektpartner bewerten die Prozesslogik als gut bis sehr gut (siehe Abbildung 6-4). Als mögliche Verbesserungsvorschläge werden die Integration der individuellen Beschreibung der Bedingungen und der Prozessauslöser in die Prozessskizze genannt. Der erste Punkt ist in der finalen Version der Methode umgesetzt. Des Weiteren sollen die Bedingungen und Verzweigungen in die zuvor bereits genannte Prozesslandkarte für eine bessere Übersicht integriert werden. Eine mögliche, nicht realisierte Umsetzung kann sich am Flussdiagramm anlehnen.

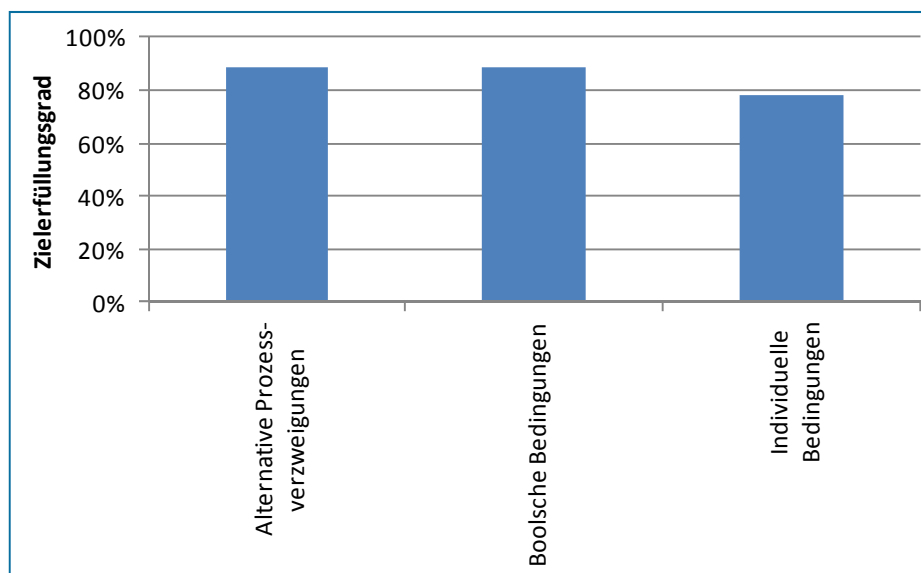


Abbildung 6-4: Bewertung der Prozesslogik der Methode

6.2 Fazit der Bewertung

Die Erfüllung der einzelnen Zielkriterien wird von Projektpartnern durchgehend als gut bis sehr gut bewertet. Insbesondere die Ganzheitlichkeit der Prozessdarstellung, die die Basis der Methode darstellt, wird von zwei Dritteln der Befragten als sehr gut und von einem Drittel als gut (siehe Abbildung 6-1) empfunden. Damit kommt die Methode der grundsätzlichen Anforderung, Material- und Informationsflüsse zusammen mit den eingesetzten Ressourcen abzubilden und diese gemäß der Prozesslogik miteinander zu verknüpfen, sehr gut nach. Das dafür entwickelte zweistufige Konzept aus Prozessskizze und Prozessaufnahmebogen kommt nach Auffassung der Projektpartner der ganzheitlichen Prozessdarstellung entgegen und unterstützt ein einfaches sowie eindeutiges Prozessverständnis. Die Basis hierfür bilden die Grundfunktionen, deren Gliederung und Abstraktionsgrad als sinnvoll angesehen werden. Sie werden mit einfachen, eingängigen Symbolen zu Prozessen verkettet, wovon die klare Darstellung der Prozesslogik profitiert. Die Beschreibung der Grundfunktionen durch die verschiedenen gruppierten Attribute im Prozessaufnahmebogen wird positiv bewertet. Sie sind eine gute Ergänzung zur Prozessskizze und können bedarfsweise ausgeführt werden. Auch die Möglichkeit, die Prozessleistung grundsätzlich einschätzen und Optimierungspotenziale bereits bei der Prozessaufnahme hervorheben zu können, wird von den Projektpartnern für gut bis sehr gut empfunden. In diesem Zusammenhang ist auch die grafische Berücksichtigung der Art der Durchführung in der Prozessskizze eine direkte Hilfestellung, um Rückschlüsse auf etwaige Verbesserungsmöglichkeiten zu erhalten.

Die meisten der genannten Schwächen liegen in der Ausrichtung der Methode auf eine papierbasierte Prozessaufnahme. Eine mögliche Weiterentwicklung besteht deshalb in einer softwaretechnischen Implementierung für eine Tablet-Anwendung, um die Prozessaufnahme vor Ort zu erleichtern. Kapitel 7.2 geht auf die damit verbundenen Vorteile näher ein.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Kapitel werden die durchgeführten Arbeiten und erzielten Ergebnisse kurz zusammengefasst und ein abschließender Ausblick gegeben.

7.1 Zusammenfassung

Die Zielstellung des Forschungsprojekts besteht in der Entwicklung einer Methode, die die ganzheitliche Prozessaufnahme unter Berücksichtigung von Material-, Informationsfluss und eingesetzten Ressourcen berücksichtigt. Die Methode soll sich dabei sowohl durch ein eindeutiges, möglichst standardisierbares sowie einfaches Vorgehen auszeichnen, das als Empfehlung für eine VDI-Richtlinie zu sehen ist. Die Forschungslücke bisheriger Methoden und Werkzeuge wird in Kapitel 2 erläutert.

Zur ganzheitlichen Prozessdarstellung sind zahlreiche verschiedene Prozessdaten zu erheben. Kapitel 3 beschreibt auf Grundlage einer umfassenden Literaturrecherche sowie Expertenbefragung prinzipiell relevante Prozessdaten für den Material- und Informationsfluss sowie die eingesetzten Ressourcen. Wegen der Bedeutung von AutoID-Techniken für die Verknüpfung zwischen Material- und Informationsfluss werden in Kapitel 2 Hintergrundinformationen der Techniken gegeben und in Kapitel 3 notwendige beschreibende Informationen genannt. Des Weiteren wird eine Gliederungsmöglichkeit für intralogistische Prozesse aufgezeigt. Dadurch bietet die Methode dem Anwender einen guten Überblick über den etwaigen Umfang einer Prozessaufnahme in Abhängigkeit vom gewählten Gegenstand.

In Kapitel 4 werden aus den in Kapitel 2 dargestellten Methoden und Werkzeugen für eine Prozessdarstellung grundsätzlich für intralogistische Prozesse geeignete Methoden ausgewählt. Die Basis für die Auswahl ist eine diesbezügliche Befragung der Projektpartner. Aufbauend auf den Prozessdaten aus Kapitel 3 wird ein gewichteter hierarchischer Zielkriterienkatalog definiert, anhand dessen die Methoden durch ein geeignetes Bewertungsverfahren bewertet werden. Das Ergebnis ist ein Benchmark für die Ausarbeitung der neuen Methode. Es ist eine gute Hilfestellung insbesondere für KMU, die über keine eigene, durchgängig angewendete Methode zur Prozessaufnahme verfügen. Der Anwender sieht die grundsätzlichen Stärken

und Schwächen der Methoden sowie deren Anwendungsgebiete, wovon er bei der Auswahl einer geeigneten Methode für eine bestimmte Problemstellung profitiert.

Die neue Methode wird in Kapitel 5 vorgestellt. Sie stellt einen zweistufigen Prozessdarstellungsansatz dar. Der eigentliche Prozess wird in der Prozessskizze durch die Verkettung kleinskaliger, eindeutig nummerierter Grundfunktionen und weiterer einfacher Operatoren grafisch logisch dargestellt. Für jeden Teilprozess eines Hauptprozesses gibt es eine eigene Prozessskizze, in der mit Swimlanes zwischen Material-, Informationsfluss- und Hilfeebene unterschieden wird. Die drei Ebenen werden durch die bereits erwähnte Verkettung verknüpft. In dieser ersten Stufe können auch Optimierungspotenziale hervorgehoben und erste Bewertungen des Prozesses abgegeben werden. In der zweiten Stufe, dem Prozessaufnahmebogen, werden die Grundfunktionen durch in fünf Gruppen gegliederte Attribute detailliert. Prozessskizze und Prozessaufnahmebogen werden über eine eindeutige Nummerierung der Grundfunktionen miteinander verknüpft. Die Methode reduziert den Zeitaufwand für die Prozessaufnahme, wovon insbesondere KMU profitieren. Diese können sich teure Werkzeuge oder zeitintensive Prozessdokumentationen ebenso wenig leisten, wie nachträgliche Iterationen durch unvollständige Prozessdaten. Gerade Logistikberatungs- und -planungsunternehmen profitieren hiervon, da sie für die Prozessaufnahme, die die nötige Basis für die Erstellung von Angeboten darstellt, in Vorleistung gehen müssen, die im Zweifelsfall nicht vergütet wird.

In Kapitel 6 wird die Methode durch die Projektpartner hinsichtlich der Erfüllung der Zielkriterien bewertet. Darauf aufbauend werden Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt, wie die Methode im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten optimiert werden kann.

7.2 Ausblick

Die Methode definiert ein einfaches, frei zugängliches Vorgehen zur ganzheitlichen Aufnahme innerbetrieblicher Logistikprozesse vor Ort mit Papier und Bleistift. Sie wurde bereits beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI) im Rahmen einer Fachauschusssitzung vorgestellt. Nach Meinung der Ausschussmitglieder eignet sie sich demnach sehr gut für eine neue Richtlinie, die auf Grund der Verknüpfung von Material-, Informationsfluss und Ressourcen Logistikprozesse ganzheitlich darstellt. Gerade vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung von AutoID-Techniken wie

bspw. RFID regt der Fachausschuss die Übersetzung der Methode in eine VDI-Richtlinie an.

Des Weiteren bietet die Methode eine gute Grundlage für eine softwaretechnische Umsetzung. Die einzelnen Bausteine und die Grundfunktionen können in einer Bibliothek zur Verfügung gestellt, per drag and drop in den Swimlanes platziert und miteinander verknüpft werden. Selbstverständliche Vorgänge, die nicht explizit beschrieben werden müssen, werden als solche gekennzeichnet und nur symbolhaft mit in die Darstellung übernommen. Erforderliche Details der Grundfunktionen lassen sich hingegen direkt in der Anwendung eingeben.

Ein möglicher Vorteil einer Software-Lösung liegt in der einfacheren und verstärkten Darstellung von Symbolen in der Prozessskizze zur weiteren Verbesserung des Prozessverständnisses. Bspw. können Ressourcen, deren bildhafte Darstellung in der papierbasierten Form zu aufwändig ist, dadurch eingängiger berücksichtigt werden. In Abhängigkeit von der vom Anwender einzuschätzenden Effizienz bestimmter Leistungsattribute können die Grundfunktionen durch die Software in der Prozessskizze automatisch bspw. verschiedenfarbig dargestellt werden.

Eine sinnvolle Erweiterung ist die Zuordnung zwischen Attributen und möglichen Zielstellungen einer Prozessaufnahme, die in einer Software hinterlegt werden kann. Unter Angabe der Zielstellung der Prozessaufnahme kann die Software die notwendigen Attribute filtern und den Aufwand für die Prozessaufnahmeaufwand reduzieren. Um zu klären, welche Zielstellungen existieren, wie diese auf welcher Detaillierungsebene gegliedert werden müssen und welche Attribute sinnvoll mit Mehrwert für die Praxis zugeordnet werden können ist weiterer Forschungsbedarf nötig

Eine Software-Lösung kann darüber hinaus auch hilfreich bei der Identifizierung von Optimierungspotenzialen sein, indem bspw. Checklisten eingebunden, kontextabhängig angezeigt und bewertet werden. Auch hierfür ist weitere Forschungsarbeit nötig, um Checklisten möglicher Potenziale auf einer geeigneten Detaillierungsebene in Abhängigkeit der Zielstellung zu erarbeiten und zu quantifizieren. Sie müssen sowohl spezifisch für die Grundfunktionen als auch übergeordnet für bestimmte Konstellationen von Grundfunktionen bzw. deren Ausprägungen definiert werden. Diese Definitionen müssen allgemeingültig sein und trotzdem einen Mehrwert für die jeweilige individuelle Prozessaufnahme liefern. Das Gleiche gilt für die Dokumentation zyklischer Teilprozesse oder Vorgänge sowie Prozessschleifen innerhalb und zwischen Teilprozessen und deren Einbinden in den Gesamtprozess. Zur Realisierung

eines derartigen, für alle Prozessvarianten verbindlichen Vorgehens ist weiterer Forschungsaufwand zu betreiben.

Die von den Projektpartnern für die Methode angemerkte Prozesslandkarte kann ebenfalls in eine Software-Lösung integriert werden. Indem einleitend die einzelnen Haupt- und Teilprozesse sowie deren Verknüpfung angegeben werden, können in der Prozessskizze bereits die jeweiligen Swimlanes angelegt und die Prozessschnittstellen eingefügt werden.

Literaturverzeichnis

- [Agg-90] Aggteleky, B.: Fabrikplanung; Hanser, München, Band 2: Betriebsanalyse und Feasibility-Studie, 1990
- [Alo-07] Alonso, G.; Dadam, P.; Rosemann, M.: Business process management; Springer, Berlin, BPM, 2007
- [Arn-95] Arnold, D.: Materialflußlehre; Vieweg, Braunschweig, Wiesbaden, 1995
- [Arn-04] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.: Handbuch Logistik, Berlin, 2004
- [Arn-07] Arnold, D.; Furmans, K.: Materialfluss in Logistiksystemen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2007
- [Arn-08] Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H.; Furmans, K.: Handbuch Logistik; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2008
- [Bec-05] Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M.: Prozessmanagement; Springer, Berlin, 2005
- [Ber-03] Bernhard, J.; Dragan, M.; Wenzel, S.: Klassifizierung von Visualisierungsverfahren für GNL, 2003
- [Ber-07] Bernhard, J.; Jodin, D.; Hömberg, K.; Kuhnt, S.; Schürmann, C.; Wenzel, S.: Vorgehensmodell zur Informationsgewinnung - Prozessschritte und Methodenunterstützung, 2007
- [Bin-11] Binner IMS GmbH: Die Swimlane-Darstellung (OPD); <http://www.swimlane.de/>; Aufruf am 20.09.2011
- [Boo-01] Booker, G.: Process Definition Overview; http://users.snip.net/~gbooker/ISYS205/process_definition.pdf; Aufruf am 20.09.2011
- [Dat-07] Datalogic GmbH: Strichcode-Fibel; <http://www.servopack.de/support/DL/strichcode-fibel.pdf>; Aufruf am 20.09.2011

- [DIN30781] DIN 30781:1989: Transportkette, Deutsches Institut für Normung
- [DIN55405] DIN 55405:2006: Verpackung - Terminologie - Begriffe, Deutsches Institut für Normung
- [Dic-09] Dickmann, P.: Schlanker Materialfluss; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2009
- [Dub-04] Dubray, J.-J.: Business Process Modeling Notation (BPMN); <http://www.ebpmi.org/bpmn.htm>; Aufruf am 20.09.2011
- [Elg-93] Elgass, P.; Krcmar, H.: Computergestützte Geschäftsprozessplanung; In: Information Management (1993) 1, S. 42–49
- [Eng-03] Engel, S.; Slapnicar, K.: Die Diplomarbeit; Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2003
- [Erl-07] Erlach, K.: Wertstromdesign; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2007
- [Fig-08] Figgenger, O.: Beitrag zur Prozessstandardisierung in der Intralogistik; Verl. Praxiswissen, Dortmund, 2008
- [Fin-02] Finkenzeller, K.: RFID-Handbuch; Hanser, München, 2002
- [Fml-11] Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München: Barcode; <http://kompendium-int.fml.mw.tu-muenchen.de/Logistikkompendium/index.html>; Aufruf am 20.09.2011
- [Fre-08] Freund, J.; Götzer, K.: Vom Geschäftsprozess zum Workflow; Hanser, München, 2008
- [Gai-07] Gaitanides, M.: Prozessorganisation; Vahlen, München, 2007
- [Gha-85] Ghandforoush, P.; Huang, P.; Taylor, B.: A multi-criteria decision model for the selection of a computerized manufacturing control system; In: International Journal of Production Research, Jahrgang 23 (1985) 1, S. 117–128
- [Gro-83] Grochla, E.: Erfolgsorientierte Materialwirtschaft durch Kennzahlen; FBO-Verl., Baden-Baden, 1983

- [Grü-07] Grün, O.: Klare Wachstumserwartung für den RFID-Markt; http://www.bitmi.de/custom/download/PM63VDEB03_2007.pdf; Aufruf am 20.09.2011
- [Gud-07] Gudehus, T.: Grundlagen, Verfahren und Strategien; Springer, Berlin, 2007
- [Gün-07] Günthner, W. A.: Materialflusstechnik; Vorlesungsskript, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2007
- [Gün-07b] Günthner, W. A.: Abschlussbericht 2007, Bayerischer Forschungsverbund Supra-Adaptive Logistiksysteme; ForLog, München, Bayerische Forschungsförderung, 2007
- [Gün-09] Günthner, W. A.: Materialfluss und Logistik; Vorlesungsskript, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2009
- [Gün-09b] Günthner, W. A.; Fischer, R.; Salfer, M.: RFID in der Logistik, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2009
- [Gün-10] Günthner, W. A.: Planung technischer Logistiksysteme; Vorlesungsskript, Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München, München, 2010
- [Gün-11] Günthner, W. A.; Fruth, A.: Technikleitfaden für RFID-Projekte, bayme vbm, 2011
- [Höm-05] Hömberg, K.; Jodin, D.; Kellner, C.; Langenbach, M.: Konzept einer logistischen Informationsbedarfsanalyse mit Hilfe von Basisprozessen und standardisierten Logistikdaten, Universität Dortmund, 2005
- [Höm-07] Hömberg, K.; Hustadt, J.; Jodin, D.; Kochsiek, J.; Nagel, L.; Riha, I.: Basisprozesse für die Modellierung in großen Netzen der Logistik, Universität Dortmund, 2007
- [IBM-11] IBM: Verantwortlichkeitslayout; <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/dmndhelp/v6rxmx/index.jsp?t>

opic=/com.ibm.btools.help.modeler.basic.doc/doc/concepts/modelements/swimlanelayout.html; Aufruf am 20.09.2011

- [Jor-89] Jorichs, H.; Peter, P.; Schiffers, B.: Datenmanagement für rechnergestützte Planungen in der Logistik; Verl. TÜV Rheinland, Köln, 1989
- [Jün-89] Jünemann, R.: Materialfluß und Logistik; Springer, Berlin, 1989
- [Jün-00] Jünemann, R.; Schmidt, T.: Materialflußsysteme; Springer, Berlin, 2000 erschienen 1999
- [Käp-02] Käppner, M.; Laakmann, F.; Stracke, N.: Dortmunder Prozesskettenparadigma - Grundlagen, 2002
- [Kat-09] Katzenbach, A.: Informationstechnik und Wissensverarbeitung; Vorlesungsskript, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2009
- [Kel-92] Keller, G.; Nüttgens, M.; Scheer, A.-W.: Semantische Prozessmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK)"; In: Veröffentlichungen des Instituts für Wirtschaftsinformatik (IWi), Universität des Saarlandes, 1992
- [Ker-07] Kern, C.: Anwendung von RFID-Systemen; Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2007
- [Kie-04] Kieß, A.: Tom DeMarco Strukturierte Analyse und System Spezifikation; <http://ebus.informatik.uni-leipzig.de/www/media/lehre/seminarpioniere04/kiess-ausarbeitung-demarco.pdf>; Aufruf am 20.09.2011
- [Kle-07] Klevers, T.: Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design; mi Wirtschaftsbuch, Landsberg am Lech, 2007
- [Kle-10] Klenk, E.; Knössl, T.: Wertstromdesign für die Logistik, Coburg, 2010
- [Kom-08] Kompetenzzentrum EC-Ruhr: RFID - ein Thema für den Mittelstand; <http://www.aim-d.de/images/stories/pdfs/studie%20rfid%20ftk-neg%202812.pdf>; Aufruf am 20.09.2011
- [Kos-07] Koschmider, A.: Ähnlichkeitsbasierte Modellierungsunterstützung für Geschäftsprozesse; Univ.-Verl. Karlsruhe; Univ., Karlsruhe, 2007

- [Kra-07] Krallmann, H.; Schönherr, M.; Trier, M.: Systemanalyse im Unternehmen Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik; Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH, s.l., 2007
- [Mey-05] Meyer, U. B.; Creux, S. E. M.; Weber Marin Silva, A. K.: Grafische Methoden der Prozessanalyse; Hanser, München, 2005
- [Mül-04] Müller, E.: Integration der Transpondertechnologie zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der operativen Produktionssteuerung, Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme, Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, 2004
- [OMG-05] OMG Object Management Group: Core Set of BPMN Elements; http://www.bpmn.org/Samples/Elements/Core_BPMN_Elements.htm; Aufruf am 20.09.2011
- [OMG-08] OMG Object Management Group: Business Process Model and Notation, V1.1; <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>; Aufruf am 20.09.2011
- [Oss-96] Ossadnik, W.: Controlling; Oldenbourg, München, 1996
- [Pfo-04] Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme; Springer, Berlin, 2004
- [Rec-06] Recker, J.; Indulska, M.; Rosemann, M.; Green, P.: How good is BPMN Really? Insights from Theory and Practice; <http://eprints.qut.edu.au/4636/1/4636.pdf>; Aufruf am 20.09.2011
- [Rei-10] Reif, R.: Safelog GmbH, 16.04.2010, Garching
- [Rot-00] Rother, M.; Shook, J.: Sehen lernen; LOGöX, Stuttgart, 2000
- [Rup-07] Rupp, C.; Queins, S.; Zengler, B.; Rupp-Queins-Zengler: UML 2 glas-klar; Hanser, München, 2007
- [Saa-08] Saaty, T.: Relative Measurement and Its Generalization in Decision Making; The Analytic Hierachy/Network Process; In: RACSAM (2008)10, S. 251–318
- [Sch-94] Scheer, A.-W.: Prozeßorientierte Unternehmensmodellierung; Gabler, Wiesbaden, 1994

- [Sch-94b] Schulte, J.: Praxis des Kommissionierens, Köln, 1994
- [Sch-01] Schönsleben, P.: Integrales Informationsmanagement; Springer, Berlin, 2001
- [Sch-05] Schmitt, P.; Michahelles, F.: RFID in der Logistik; In: Management und Qualität (2005)11, S. 8–10
- [Sch-06] Schmidt, M.: Der Einsatz von Sankey-Diagrammen im Stoffstrommanagement; In: Beiträge der Hochschule Pforzheim, Hochschule Pforzheim, 2006
- [Sch-09] Schuh, G.: Produktionsmanagement I; Vorlesungsskript, WZL, RWTH Aachen, Aachen, 2009
- [Sch-11] Schneider, O.; Hohenstein, F.; Günthner, W. A.: Bewertung von Methoden hinsichtlich einer ganzheitlichen Prozessdarstellung; In: logistics journal (2011); http://www.fml.mw.tum.de/fml/images/Publikationen/WGTL%20Bewertung%20Methoden_WGTL-Homepage.pdf
- [Sem-11] Semtalk: Petrinetz; http://www.semtalk.com/pub/tools_files/PPetri_Netz.htm; Aufruf am 20.09.2011
- [Spi-06] Spitta, T.: Grafische Modellierung; Vorlesungsskript, Fakultät für Wirtschaftswissenschaften, Universität Bielefeld, Bielefeld, 2006
- [Str-88] Striening, H.-D.: Prozess-Management; Lang, Frankfurt am Main, 1988
- [Str-05] Straube, F.: Trends und Strategien in der Logistik; Dt. Verkehrs-Verl., Hamburg, Bundesvereinigung Logistik, 2005
- [Str-08] Strüker, J.; Gille, D.; Faupel, T.: RFID Report 2008, Institut für Informatik und Gesellschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2008
- [Sup-08] Supply-Chain Council: SCOR; <http://supply-chain.org/f/SCOR%209.0%20Metrics.pdf>; Aufruf am 20.09.2011
- [Sys-90] Syska, A.: Kennzahlen für die Logistik; Springer, Berlin, 1990

- [VDI2411] VDI-Richtlinie 2411:1970: Begriffe und Erläuterungen im Förderwesen, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI2689] VDI-Richtlinie 2689:2010: Leitfaden für Materialflussuntersuchungen, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI2860] VDI-Richtlinie 2860:1990: Montage- und Handhabungstechnik, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI3300] VDI-Richtlinie 3300:1973: Materialfluß-Untersuchungen, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI3590] VDI-Richtlinie 3590:1994: Kommissioniersysteme, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI3633] VDI-Richtlinie 3633:1996: Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI4405] VDI-Richtlinie 4405:2003: Prozessorientierte Kostenanalyse in der innerbetrieblichen Logistik, Verein Deutscher Ingenieure
- [VDI4490] VDI-Richtlinie 4490:2007: Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand, Verein Deutscher Ingenieure
- [Mil-06] Vilkov, L.: Optimierung von Logistikprozessen mit Hilfer der Radiofrequenzidentifikation (RFID); http://www.memotagung.de/imperia/md/content/wi-informati-on_systems/lehrveranstaltungen/lehrveranstaltungen/fis/ws0405/rfid.pdf
- [Weh-07] Wehrmaker, T.: Konzept und Implementierung von Swimlanes in Ereignisgesteuerten Prozessketten; Bachelorarbeit, Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Universität Hannover, Hannover, 2007
- [Wei-06] Weilkiens, T.: Systems engineering mit SysML/UML; dpunkt.verl., Heidelberg, 2006
- [Wil-05] Wildemann, H.: Die Quantifizierung des logistischen Nutzens; In: Zukunft im Brennpunkt (2005)4, S. 19–24

- [Wil-05b] Wildemann, H.: Logistik Prozeßmanagement; TCW Transfer-Centrum
Verl, München, 2005

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Bestandteile einer ganzheitlichen Prozessaufnahme	3
Abbildung 2-1: Einteilung der Methoden zur Prozessdarstellung	9
Abbildung 2-2: Überblick über AutoID-Techniken (in Anlehnung an [Gün-11], [Fin-02])	19
Abbildung 3-1: Vorgänge des Materialflusses	26
Abbildung 3-2: Vorgänge des Informationsflusses	33
Abbildung 4-1: Auswahl der Prozessdarstellungsmethoden gemäß deren Nutzungshäufigkeit [Sch-11]	44
Abbildung 4-2: Zusammenhang zwischen Anwenderexpertise und Nutzungshäufigkeit der Methoden [Sch-11]	45
Abbildung 4-3 : Anforderungen an eine Prozessaufnahme [Sch-11]	48
Abbildung 4-4: Gewichteter hierarchischer Zielkriterienkatalog [Sch-11]	52
Abbildung 4-5: Darstellung des Musterprozesses	54
Abbildung 4-6: Aussagen der Anwender zur Prozessgestaltung der WSA	55
Abbildung 4-7: Aussagen der Anwender zur Prozessverständnis der WSA	56
Abbildung 4-8: Aussagen der Anwender zur Prozessleistung und Prozesslogik der WSA	57
Abbildung 4-9: Aussagen der Anwender zur Prozessgestaltung der EPK	58
Abbildung 4-10: Aussagen der Anwender zur Prozessverständnis der EPK	59
Abbildung 4-11: Aussagen der Anwender zur Prozessleistung und Prozesslogik der EPK	59
Abbildung 4-12: Quantifizierte Gesamt- und Einzelnutzwerte der Methoden [Sch- 11]	68
Abbildung 5-1: exemplarische Darstellung einer Bewegungen-Grundfunktion	73
Abbildung 5-2: Grundfunktionen des Materialflusses	76
Abbildung 5-3: Grundfunktionen des Informationsflusses	79
Abbildung 5-4: Einteilung und Zuordnung der Attribute der Grundfunktionen	80
Abbildung 5-5: hierarchischer Bezug des Objekts der Grundfunktion	81
Abbildung 5-6: Hervorhebung und Beschreibung von Optimierungspotenzialen	93
Abbildung 5-7: Hierarchisches Prozessebenenmodell	96
Abbildung 5-8: Beispiel einer Vollständigkeitskontrolle	97
Abbildung 5-9: Vorgang des Verteilens, Verzweigens oder Sortierens	101
	125

Abbildung 5-10: Vorgang des Bildens von Ladeeinheiten	102
Abbildung 5-11: Vorgang des Aus- und Einlagerns	103
Abbildung 5-12: Prozessskizze eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis (Ist-Zustand)	103
Abbildung 5-13: Prozessskizze eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis (Soll-Zustand)	104
Abbildung 6-1: Bewertung der Prozessgestaltung der Methode	108
Abbildung 6-2: Bewertung des Prozessverständnisses der Methode	109
Abbildung 6-3: Bewertung der Prozessleistung der Methode	110
Abbildung 6-4: Bewertung der Prozesslogik der Methode	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Klassifizierung der Prozessdaten eines ganzheitlichen Intralogistikprozesses	24
Tabelle 3-2: Prozessebenenmodell für die Intralogistik (in Anlehnung an [Gün-09])	41
Tabelle 4-1: Stärken-Schwächen-Profil der WSA	57
Tabelle 4-2: Stärken-Schwächen-Profil der EPK	60
Tabelle 4-3: Stärken-Schwächen-Profil des Sankey-Diagramms	61
Tabelle 4-4: Stärken-Schwächen-Profil der SysML	62
Tabelle 4-5: Stärken-Schwächen-Profil der VDI 3300	63
Tabelle 4-6: Stärken-Schwächen-Profil der BPMN	65
Tabelle 4-7: Stärken-Schwächen-Profil der POA	66
Tabelle 4-8: Stärken-Schwächen-Profil des SCOR-Modells	67
Tabelle 4-9: Benchmark der Prozessaufnahmemethoden [Sch-11]	69
Tabelle 5-1: Zuordnung der Objekt-Attribute zu einzelnen Grundfunktionen	82
Tabelle 5-2: Zuordnung der Durchführungs-Attribute zu einzelnen Grundfunktionen	84
Tabelle 5-3: Zuordnung der restriktiven Attribute zu den Grundfunktionen	86
Tabelle 5-4: Zuordnung der Ressourcen-Attribute zu den Grundfunktionen	88
Tabelle 5-5: Zuordnung der bewertenden Attribute zu den Grundfunktionen	89
Tabelle 5-6: Weitere Bausteine der Methode	94
Tabelle 5-7: Beispielhafter Prozessaufnahmebogen	99
Tabelle 5-8: Zuordnung von Grundfunktionen zu intralogistischen Vorgängen	100
Tabelle 5-9: Prozessaufnahmebogen eines Auslagerungsprozesses aus der Praxis	105