



ERSTELLUNG EINES KONZEPTS ZUR ENTWICKLUNG  
EINES SOFTWARE-TOOLS FÜR DEN VERTRIEB VON  
IT-DIENSTLEISTERN IM BEREICH VON ERP ZUR  
VERANSCHAULICHUNG VON KUNDENINDIVIDUELLEN  
SZENARIEN

Fakultät Maschinenbau  
Fachgebiet IT in Produktion und Logistik

**Abschlussarbeit**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Master of Science

vorgelegt von

**Christoph Lüders**

geboren am 04.09.1989 in Salzgitter

am 18. März 2019

**Erstprüfer:** Prof. Dr.-Ing. Markus Rabe  
**Zweitprüfer:** Dipl.-Ing. Jörg Kemper

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>ERP-Systeme und ihre Funktionsweise</b>	<b>4</b>
2.1	Der Datenbegriff in der Informatik . . . . .	4
2.2	Standard- und Individualsoftware . . . . .	5
2.3	Entwicklung von ERP-Systemen . . . . .	6
2.3.1	Material Requirement Planning . . . . .	6
2.3.2	Manufacturing Ressource Planning . . . . .	7
2.3.3	Produktionsplanung und -steuerung . . . . .	7
2.3.4	ERP-Systeme . . . . .	8
2.4	Die Funktionsweise von SAP . . . . .	17
2.4.1	SAP ERP . . . . .	19
2.4.2	SAP Extended Warehouse Management . . . . .	21
2.5	Prozesse in SAP EWM . . . . .	27
2.5.1	Standard Wareneingangsprozess in SAP EWM . . . . .	27
2.5.2	Standard Warenausgangsprozess in SAP EWM . . . . .	29
2.5.3	Logistische Zusatzleistungen . . . . .	30
2.5.4	Umsetzung der Prozesse in Beispielfirmen . . . . .	31
2.6	Vertrieb von ERP-Systemen durch IT-Dienstleister . . . . .	31
2.6.1	Netzeffekte am Softwaremarkt im Bezug auf ERP-Systeme . . . . .	31
2.6.2	Vertriebswege von Softwareherstellern . . . . .	33
2.6.3	Der Vertriebsprozess . . . . .	33
<b>3</b>	<b>Grundlagen der Simulation</b>	<b>36</b>
3.1	Modelle im Kontext der Simulation . . . . .	36
3.1.1	Arten und Klassifikation von Modellen . . . . .	38
3.1.2	Modellierung . . . . .	39
3.2	Simulation . . . . .	41
3.2.1	Simulationswerkzeug . . . . .	43
3.2.2	Visualisierung . . . . .	45
3.2.3	Animation . . . . .	47
3.2.4	Emulation . . . . .	48

<b>4 Grundlagen der Software-Entwicklung</b>	<b>50</b>
4.1 Abgrenzung der Begriffe Software und Programm . . . . .	50
4.2 Vorgehensmodelle in der Software-Entwicklung . . . . .	50
4.3 Bestandteile der Anforderungsanalyse . . . . .	52
4.3.1 Relevante Stakeholder innerhalb der Anforderungsanalyse . . . . .	53
4.3.2 Hauptfunktionalitäten und Abläufe der Software . . . . .	55
4.3.3 Ableiten funktionaler Anforderungen . . . . .	56
4.3.4 Ableiten nicht funktionaler Anforderungen . . . . .	58
4.4 Bestandteile des Grobdesigns . . . . .	60
4.4.1 Systemarchitektur . . . . .	61
4.4.2 Ableitung der Klassen, Attribute und Operationen . . . . .	61
4.4.3 Überlegungen zur Oberflächenentwicklung . . . . .	62
<b>5 Anforderungsanalyse für das Software-Konzept</b>	<b>63</b>
5.1 Problemstellung . . . . .	63
5.2 Ermittlung der Benutzergruppen . . . . .	63
5.2.1 Die Stakeholder Endanwender, Management und die beratene Organisation . . . . .	64
5.2.2 Ziele im Bezug auf die Benutzergruppen . . . . .	65
5.2.3 Anforderungen der Benutzergruppen . . . . .	67
5.3 Bestimmung der Hauptfunktionalitäten und Abläufe . . . . .	68
5.3.1 Hauptfunktionalitäten des zu entwickelnden Software-Tools . . . . .	68
5.3.2 Typische Abläufe innerhalb des Software-Tools . . . . .	69
5.4 Ableitung funktionaler Anforderungen . . . . .	74
5.4.1 Anforderungen aus den Hauptfunktionalitäten . . . . .	74
5.4.2 Anforderungen hinsichtlich der Vorkonfiguration von SAP EWM . . . . .	77
5.5 Ableitung nicht funktionaler Anforderungen . . . . .	77
<b>6 Konzeptionierung des Software-Tools anhand der Anforderungsanalyse</b>	<b>79</b>
6.1 Grundlegende Systemarchitektur . . . . .	79
6.2 Ableiten von Klassen, Attributen und Operationen aus der Anforderungsanalyse	81
6.3 Überlegungen zur Oberflächenentwicklung . . . . .	85
6.4 Vorkonfiguration von SAP EWM für die Verwendung mit dem Software-Tool	88
<b>7 Darstellung der Funktionsweise des Software-Tools anhand eines Praxisbeispiels</b>	<b>91</b>
7.1 Vorstellung der Beispielfirma . . . . .	91
7.1.1 Anlegen der Daten für die Beispielfirma . . . . .	91
7.1.2 Erstellung des Modells der Beispielfirma . . . . .	95

7.1.3	Durchführung der kundenindividuellen Szenarien . . . . .	96
7.2	Zusammenfassung und Fazit . . . . .	97
<b>8</b>	<b>Würdigung der Ergebnisse und Ausblick</b>	<b>100</b>
8.1	Kritische Würdigung . . . . .	100
8.2	Ausblick . . . . .	101
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>IX</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>XI</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>XII</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>XIII</b>
	<b>Anhang</b>	<b>XV</b>
	<b>Eidesstattliche Versicherung (Affidavit)</b>	<b>XLI</b>

# 1 Einleitung

Der Markt für betriebswirtschaftliche Standardsoftware unterliegt einem hohen Wettbewerbsdruck. Dabei gehört die Branche der Enterprise Resource Planning (ERP)-Software zu einem der am stärksten wachsenden Segmente auf dem Softwaremarkt [vgl. Ley11, S. 63]. Alleine in dem Bereich der ERP-Systeme lassen sich über 100 verschiedene Hersteller identifizieren [vgl. Kur16, S. 241]. Allerdings ist in der Praxis zu erwarten, dass die Systeme der drei größten Hersteller bereits 95 % der Anforderungen erfüllen [vgl. Kur16, S. 242 f.]. Im Vergleich mit anderen Branchen lassen sich im Softwaremarkt jedoch folgende Besonderheiten feststellen. Die Anfertigung der ersten Version ist kostenintensiv, danach lassen sich jedoch Vervielfältigungen ohne Qualitätsverluste anfertigen, sodass die variablen Kosten der Produktion gegen null tendieren. Zudem können, basierend auf der ersten Kopie, einfacher Versionen für verschiedene Kundengruppen erstellt werden. Darüber hinaus lässt sich die Software „global verteilt entwickeln“ [BDH15, S. 169] und mithilfe des Internets, unmittelbar nach der Fertigstellung, weltweit vertreiben. Diese Eigenschaft des Softwaremarktes führt in vielen Fällen dazu, dass ein Anbieter den Hauptanteil eines Marktsegments, national wie international, beherrscht. Beispielhaft hierfür lassen sich Microsoft und SAP nennen [vgl. BDH15, S. 4]. Sowohl das Betriebssystem und die Office-Programme von Microsoft, als auch die ERP-Lösungen von SAP sind weltweit stark verbreitet.

Insbesondere bei den ERP-Produkten handelt es sich um erklärungsbedürftige Produkte, die zur Implementierung eine Beratung benötigen. Diese Unterstützung erfolgt entweder durch den Softwarehersteller (bei Großunternehmen) oder aber IT-Dienstleister. Dieser Beratungsbedarf ergibt sich aus der Konsolidierung des ERP-Marktes, der immer größeren Ähnlichkeit der Produkte und des Kundenwunsches, Software für sein Unternehmen zu verwenden, die seine Prozesse „richtig“ abbildet.

Für die vorliegende Arbeit wird beispielsweise das aus dem Unternehmen SAP SE stammende System SAP ERP herangezogen. Dieses ist das umsatzstärkste und, nach eigenen Aussagen, marktführend auf dem Gebiet der ERP-Systeme. Die Software des Unternehmens findet laut SAP-Informationen in 87 % der Forbes-Global-2000-Unternehmen sowie in 98 % der 100 wertvollsten Marken Verwendung [vgl. oV18a, S. 118]. Zur Gewährleistung des flächendeckenden Supports und des Vertriebs der Software werden bei der SAP SE, wie in dieser Branche üblich, auch IT-Dienstleister, wie das Partnerunternehmen Salt Solutions, hinzugezogen. Diese sind von SAP lizenziert die Software und Module zu vertreiben sowie den Support durchzuführen. Sie sind darüber hinaus der Ansprechpartner für den Kunden bei

der Lösung von Problemen. Somit ist es für die IT-Dienstleister schon während des Vertriebsprozesses wichtig eine Vertrauensbasis gegenüber dem Kunden zu bilden, „denn während ein Anwender die Möglichkeit hat die Software eines Standardsoftwareherstellers zu testen, ist dies im Beratungsgeschäft nicht möglich“ [BDH15, S. 9].

Trotz der Bestrebungen eines Unternehmens, bei der Einführung oder Erweiterung eines ERP-Systems, seine Prozesse möglichst präzise von dem jeweiligen System abbilden zu lassen, wird hauptsächlich betriebswirtschaftliche Standardsoftware eingesetzt. Diese kann zum einen durch Customizing angepasst und zum anderen durch passende Module ergänzt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, dass das jeweilige Unternehmen seine Prozesse an die Software anpasst. Aufgrund der Vielzahl an Modulen und der verschiedenen Funktionsweisen wird beispielhaft nur auf SAP EWM eingegangen. Dieses wird insbesondere in Produktions- und Logistikunternehmen eingesetzt, welche im Fokus des Unternehmens SimPlan Integrations GmbH liegen. Für SAP Kunden die bisher das Warehouse Management (WM) nutzen, spielt das Extended Warehouse Management (EWM) eine besondere Rolle, da das WM ab 2026 nicht mehr von SAP unterstützt wird. Spätestens dann ist der Wechsel auf ein anderes System notwendig. Es ist Aufgabe des Vertriebs von IT-Dienstleistern die individuellen Geschäftsprozesse des Kunden zu verstehen, diesem aussagekräftige Demonstrationen der Software zu präsentieren und dessen spezifische Gegebenheiten widerzuspiegeln. Daraus ergibt sich die Fragestellung, wie eine Software aussehen könnte, die, den Vertrieb von IT-Dienstleistern unterstützt, individuelle Demonstrationen des Kundenunternehmens bezüglich der Funktionsweise eines ERP-Systems bzw. eines zugehörigen Moduls anzufertigen und welche Daten hierzu benötigt werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist es ein Konzept für eine Software zu erstellen, die, im Bereich von ERP-Systemen, den Vertrieb von IT-Dienstleistern unterstützt. Mithilfe der Software sollen für einen potenziellen Kunden individuelle Demonstrationen, basierend auf dessen Daten, angefertigt werden. Auf dieser Grundlage sollen die Key-User der jeweiligen Organisation „ihre“ Daten in der Software wiedererkennen. Dadurch soll dem Kunden ein besseres Verständnis, über die Datenverarbeitung, zu, der für ihn neuen, Software ermöglicht werden. Somit muss sich der potenzielle Kunde nicht mehr nur noch auf das Produktversprechen des Anbieters verlassen oder an den Erfahrungen anderer Kunden orientieren, sondern kann die Funktion der Software in seinem Unternehmen sehen. Da kein Vergleich verschiedener Hersteller vorgenommen wird und nur die Software SAP im Fokus steht, wird eine Betrachtung der Kosten für die Inbetriebnahme und Instandhaltung nicht durchgeführt.

Den Einsteig in die Arbeit bildet in Kapitel 2 die Abgrenzung der Begriffe Daten, Informationen und Wissen, sowie der Datenbegriff in der IT. Weiterhin werden in diesem Kapitel die Begriffe Standard- und Individualsoftware erläutert und in Bezug zu ERP-Systemen gesetzt. Anschließend erfolgt eine Übersicht über die Entwicklungsstufen von betrieblichen Planungs-

systemen, angefangen bei den MRP-Systemen, über MRPII- und PPS-Systeme bis hin zu den modernen ERP-Systemen. Im Speziellen wird hierzu das SAP ERP herangezogen. Im Verlaufe dessen wird auf die verschiedenen Versionen eingegangen und ein Überblick über das Modul SAP EWM gegeben. Die Funktionsweise von SAP EWM wird weiterhin in Prozessbeispielen aufgezeigt. Abschließen wird in diesem Kapitel der Vertrieb von ERP-Systemen betrachtet.

Aufgrund der weiteren Verwendung werden die Begrifflichkeiten, wie z. B. Modell, Simulation und Visualisierung, in Kapitel 3 definiert. Ebenfalls wird die Funktionsweise von Simulationswerkzeugen dargestellt. Kapitel 4 erläutert weiterhin Grundlagen zur Entwicklung von Software. Hierin werden die Phasen des Vorgehensmodells für die Erstellung des Konzeptes des Software-Tools vorgestellt.

Die erste Phase der Anforderungsanalyse wird in Kapitel 5 durchgeführt. Die daraus resultierenden Anforderungen werden in Kapitel 6 für die Konzeptionierung der Software verwendet. Im Anschluss werden in Kapitel 7 die Ergebnisse der Arbeit anhand eines Beispiels validiert und im Rahmen eines Fazits zusammengefasst. Abschließend erfolgt in Kapitel 8 eine kritische Würdigung und ein Ausblick.

# 2 ERP-Systeme und ihre Funktionsweise

## 2.1 Der Datenbegriff in der Informatik

Im Verlaufe der Arbeit wird sich häufig auf den Begriff der Daten bezogen. Im allgemeinen Sprachgebrauch wird dieser oftmals in Zusammenhang mit Informationen und Wissen genutzt und zum Teil auch miteinander vermischt. Im Folgenden sollen daher die Begriffe Daten, Wissen und Informationen in Beziehung zueinander gesetzt und voneinander abgegrenzt werden. Die Unterscheidung der Begriffe erfolgt in Anlehnung an Aamodt und Nygård [AN95] und Fuchs-Kittowski [Fuc01]. Sie sind in Abbildung 2.1 aufgezeigt. Dort

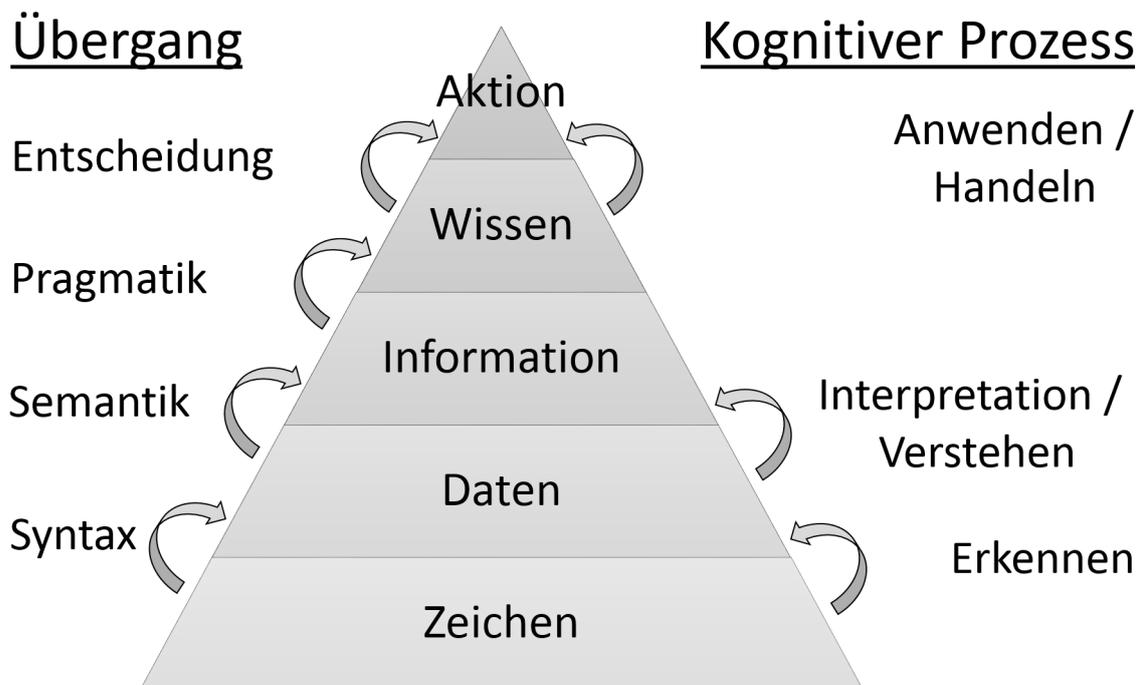


Abbildung 2.1: Wissenspyramide nach Fuchs-Kittowski [vgl. Fuc01, S. 21 f.]

wird beschrieben, dass sich Daten aus einem oder einer Abfolge von Zeichen ergeben. Diese bezeichnen Strukturen, ohne eine Bedeutung, und leiten einen Interpretationsprozess ein, welcher als Beginn für eine Entscheidung dienen kann. Die Interpretation von Daten setzt jedoch Wissen voraus. Informationen sind Daten mit einer Bedeutung sowie das Ergebnis der Dateninterpretation. Damit dienen Informationen als Eingabe für den wissensbasierten Entscheidungsprozess. Aus der Betriebswirtschaftslehre folgt, dass Informationen zielgerichtet sind und einem bestimmten Zweck dienen. Aus verarbeiteten und miteinander verknüpften

Informationen ergibt sich Wissen. Dieses dient als Argumentationsgrundlage und wird in der aktiven Entscheidungsfindung verwendet. Darüber hinaus ist Wissen das Ergebnis eines Lernprozesses und kann das Auslösen einer Aktion bewirken [vgl. AN95, S. 197].

Aus Sicht der Informatik werden Daten als „eine Folge maschinell verarbeitbarer Zeichen (Grundelement der Datendarstellung) verstanden“ [Mer+17, S. 36]. Anhand von Merkmalen (Informationen) werden Objekte und ihre Beziehungen von Daten beschrieben und repräsentiert. Die Repräsentation muss so gewählt sein, dass die Informationen jederzeit wieder aus den Daten abstrahiert werden können. Daten lassen sich in die Klassifikationskriterien Zeichenart bzw. Datentyp (z. B. Ziffern, Buchstaben oder alphanumerisch), Erscheinungsform (akustisch, bildlich oder schriftlich) und Formatierung (z.B. formgebunden oder formfrei) einordnen [vgl. Mer+17, S. 36].

## 2.2 Standard- und Individualsoftware

So unterschiedlich wie jedes Unternehmen ist, so unterschiedlich ist auch jede Software. Jedes einzelne Unternehmen hat spezifische Prozesse und seine eigene Struktur. Zu Beginn des Einsatzes von Anwendungssystemen wurden diese maßgeschneidert für das jeweilige Unternehmen erstellt und waren nicht ohne Weiteres auf eine andere Organisation übertragbar. So bezeichnet auch Schneider [Sch98, S. 402] Individualsoftware als „Anwendungssoftware, die für eine betriebliche Anwendung individuell entwickelt wird“.

Im Gegensatz dazu wird betriebswirtschaftliche Standardsoftware von vornherein darauf ausgelegt, dass ein großer Anwenderkreis „dieselben oder ähnliche Programme benutzen kann“ [Sch98, S. 820]. Dabei kann diese Software auch ein Paket an Einzelprogrammen umfassen. Der Anwenderkreis bezieht sich in diesem Zusammenhang nicht mehr ausschließlich auf ein Unternehmen, sondern ist auf eine möglichst große Gruppe an Nutzern ausgerichtet. Jedoch bedeutet der Begriff Standardsoftware nicht, dass alle Anwender eine identische Software benutzen [vgl. Sch98, S. 820]. Über Customizing kann und muss die Standardsoftware an die spezifischen Bedingungen und Prozesse eines Unternehmens angepasst werden. Ohne Anpassungen ließe sich die Software für eine Organisation nicht sinnvoll einsetzen [vgl. Mor14, S. 148]. Das Customizing wird in Abschnitt 2.3.4 im Rahmen der Betrachtung von ERP-Systemen näher beschrieben. Trotz der Anpassungsmöglichkeiten lassen sich ERP-Systeme heutzutage eindeutig der Standardsoftware zuordnen [vgl. Gro12, S. 15].

## 2.3 Entwicklung von ERP-Systemen

In nahezu allen Industrieunternehmen werden heutzutage ein oder mehrere Informationssysteme verwendet, zu denen auch ERP-Systeme gehören. Diese unterstützen „existente oder zu entwickelnde Prozesse in einem Unternehmen“ [Ost14, S. 5]. Dabei werden insbesondere die Faktoren: Verfügbarkeit, Liefertreue, Flexibilität und Verringerung der Durchlaufzeiten beachtet und sollen durch die Software optimiert werden [vgl. Ost14, S. 5]. Obwohl der Fokus auf Software im Bereich der ERP-Systeme liegt, werden zunächst die Vorgänger betrachtet. Hierfür wird auf die Systeme Material Requirement Planning (MRP) und Manufacturing Resource Planning (MRPII) Bezug genommen, sowie deren Gründe für die (Weiter-)Entwicklung erläutert. Da sich im deutschsprachigen Raum Produktionsplanung und -steuerung (PPS)-Systeme sowohl für MRP und MRPII als auch für ERP-Systeme entwickelt haben, werden diese ebenfalls betrachtet. Eine tiefer gehende Beschreibung der Funktionsweisen und Berechnungsmethoden der einzelnen Programme würde jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit übersteigen. Diese lassen sich ausführlich z. B. bei Kurbel [Kur16] nachlesen.

### 2.3.1 Material Requirement Planning

Die Entstehung von ERP-Systemen lässt sich zurückführen auf die Einführung von MRP-Systemen in den 1960er-Jahren in den USA. Hauptsächlich wurden diese Programme zur Materialbedarfsplanung für alle Bereiche vom Einkauf bis zur Produktion eines Unternehmens eingesetzt. Die Basis der Planung bildete dafür der Produktionsplan [vgl. Kur16, S. 41 ff.]. Ausgehend von dem Bedarf an Endprodukten wird die Menge aller „benötigten Baugruppen, Einzelteile, Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe - der Sekundärbedarf - berechnet“ [Kur16, S. 74]. Geringwertige Teile werden dabei aufgrund von vergangenen Verbrauchswerten prognostiziert und höherwertige Güter durch Stücklistenauflösung ermittelt [vgl. Kur16, S. 96]. Vornehmlich werden von den Unternehmen dabei Güter nach dem Push-Prinzip hergestellt, d. h. die Abnehmer lösen nicht die Produktion aus, vielmehr werden die Güter auf Lager produziert. Diese Produktionsweise eignet sich besonders für Unternehmen deren Produktionsmengen (in gewisser Weise) vorhersehbar und ein gleichförmiger Absatz vorhanden ist. Reine MRP-Systeme befinden sich heutzutage nicht mehr im Einsatz. Die Funktionalitäten wurden von den MRPII-Systemen übernommen und finden sich auch in modernen ERP-Systemen wieder [vgl. Kur16, S. 41 ff.].

### 2.3.2 Manufacturing Ressource Planning

Durch die Materialbedarfsplanung wurden die Mengen der benötigten Teile berechnet. Allerdings wurde nicht beachtet, ob die vorhandenen Kapazitäten überhaupt ausreichten. Somit wurde zwar geplant wie viel Materialbedarf für die Produktion besteht, aber nicht, ob die Planung überhaupt realisierbar war. Eines der grundlegenden Probleme bei der Produktionsplanung stellte sich in dem Einbezug von Parametern, die auf späteren Entscheidungen beruhten. So war es im Regelfall nicht möglich vorherzusagen, welche Betriebsmittel im weiteren Verlauf durch das Produkt belegt wurden [Kur16, S. 70 f.].

Dieser Schwachstelle sollte ein Jahrzehnt später durch die Entwicklung des MRPII entgegen gewirkt werden. In diesem Fall wird die Planung der betrachteten Produktionsmaterialien um die Komponenten Maschinen und Materialien erweitert. Das Hauptziel bei der Entwicklung von MRPII war die Einbindung des Topmanagements in die Planungsprozesse. Diese Forderung stellte sich aus den grundlegenden Planungsunterschieden in der Produktion (mengen orientiert) und im Topmanagement (monetär orientiert). Durch die neuen Systeme wurde diese Einbeziehung sowohl in den USA als auch in Deutschland mit den PPS-Systemen, unzureichend realisiert. Erst im Rahmen des ERP-Ansatzes findet eine Integration dieser Funktionen statt [Kur16, S. 97 ff.].

Wie MRP geht auch MRPII davon aus, dass Durchlaufzeiten, Produktionszeiten und Kapazitäten prognostizierbar sind. Ebenso muss das Produktionsprogramm vorhersagbar sein. Diese Bedingungen lassen sich vornehmlich bei Massen- oder Großserienproduktionen vorfinden. Ebenso orientieren sich MRPII-Programmen an den Produktionsbedarfen und ermitteln daraus die Materialbedarfe. Diese gleichen sie darüber hinaus im Rahmen der Kapazitätsbedarfsplanung (Capacity Requirement Planning) mit den vorhandenen und erforderlichen Kapazitäten ab [Kur16, S. 101]. Zuletzt folgt die Ausführungsstufe, die heutzutage als Werkstattsteuerung (Shop Floor Control) bezeichnet wird. Bei diesem Vorgang erfolgt die Freigabe und Ausführung des jeweiligen Fertigungsauftrags kurz vor dem geplanten Produktionsstart des Produktes [vgl. Kur16, S. 101]. Dieses umfasst auch die „Erzeugung eines auftragsspezifischen Arbeitsplans, die Entnahme der benötigten Materialien aus dem Lager und die Einplanung der Fertigungsarbeitsgänge auf den Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen“ [Kur16, S. 101].

### 2.3.3 Produktionsplanung und -steuerung

Wie bereits erwähnt wurden die beiden Stufen MRP und MRPII in den USA entwickelt und haben vor allem auch dort Verbreitung gefunden. Hierauf aufbauend wurde in Deutschland der Begriff PPS für Systeme mit einer ähnlichen Funktionsweise verwendet. In den 1980er Jahren prägte Hackstein [Hac84] in seinem gleichnamigen Buch „Produktionsplanung und

-steuerung“ den PPS-Begriff und traf sowohl in der Theorie als auch in der Praxis auf Zustimmung [vgl. SG07, S. 4]. Dabei lag der Schwerpunkt zunächst, ähnlich wie bei MRP und MRPII, auf der Rationalisierung von organisatorischen Arbeitsabläufen und wurde kontinuierlich weiterentwickelt. Am Anfang wurden vor allem die der Produktion angeschlossenen Bereiche in die Planung, einschließlich der Konstruktion, mit einbezogen. Darunter fielen insbesondere die Funktionsbereiche Produktionsprogrammplanung, Mengenplanung, Termin- und Kapazitätsplanung, Auftragsveranlassung und Auftragsüberwachung [vgl. Hac84, S. 5].

Somit hat ein PPS-System laut Schmidt, Meier und Kompa [SMK14, S. 283] die Aufgabe „den Prozess der betrieblichen Leistungserstellung mengen-, termin- und kapazitätsmäßig zu planen und zu steuern und übernimmt somit die Administration und Disposition des Material- und Werteflusses in einem Produktionsunternehmen“. Durch die kontinuierliche Erweiterung von PPS-Systemen umfassen diese mittlerweile den gesamten innerbetrieblichen Materialfluss und angeschlossene Bereiche vom Einkauf über die Produktion bis hin zum Versand. Zusätzlich sind weitere Funktionsbereiche hinzugefügt worden, z. B. Controlling oder Personalwesen [vgl. SMK14, S. 282]. Durch die immer weiter fassenden Funktionsbereiche und unter Berücksichtigung der verfügbaren Kapazitäten übersteigen modernere PPS-Systeme die ursprüngliche Aufgabenstellung der mengen- und zeitmäßigen Produktionsablaufplanung. Für diese Systeme hat sich der Begriff ERP-System durchgesetzt. Somit können ERP-Systeme und moderne PPS-Systeme gleichgesetzt werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird sich auf den Begriff ERP-Systeme beschränkt, welche im Folgenden erklärt werden.

### 2.3.4 ERP-Systeme

Die Entwicklung der ERP-Systeme ist laut Schuh und Gierth [SG07, S. 21] insgesamt „ein logischer Schritt auf dem Evolutionspfad von der Mengen- und Kapazitätsplanung in der Fertigung über die Einbeziehung der vor- und nachgelagerten Bereiche wie Beschaffung oder Vertrieb bis hin zur Darstellung und Unterstützung der kompletten Auftragsabwicklung entlang der gesamten Lieferkette“. Durch die Abbildung aller Geschäftsprozesse eines Industrieunternehmens bilden die ERP-Systeme dabei das „technologische Rückgrat“ [Kur16, S. 5]. Auf der Grundlage einer gemeinsam genutzten zentralen Datenbank werden die betriebswirtschaftlichen Prozesse eines Unternehmens unterstützt. Typische abgebildete Prozesse umfassen heutzutage nicht nur die Planung von Produktionssystemen, sondern auch die vor- und nachgelagerten Bereiche eines Unternehmens vom Finanzwesen, über die Logistik bis hin zum Personalwesen [vgl. Ost14, S. 3 f.]. Durch die Auswahl eines geeigneten ERP-Systems und die korrekte Implementierung innerhalb des Unternehmens lassen sich verschiedene Zielaspekte erreichen. Diese lauten nach Osterhage [vgl. Ost14, S. 5]:

- Erhöhung der Ressourcenverfügbarkeit,
- Erhöhung der Liefertreue intern wie extern,
- Optimierung der Durchlaufzeiten,
- Flexibilität bei der Bedienung des Marktes,
- Kostenreduktion.

Ein wesentlicher Faktor für die Zielerreichung bildet dabei die Standardisierung und Automatisierung von Prozessen, welche der Einsatz von betriebswirtschaftlicher Standardsoftware ermöglicht. Diese steigert die Produktivität durch die Rationalisierung von Prozessen und einer verbesserten Planung von Ressourcen. Kompetenzen lassen sich klarer voneinander abgrenzen und somit können Redundanzen vermieden werden. Die Koordination wird somit vereinfacht. Die Automatisierung von Abläufen reduziert den zeitlichen Aufwand von Führungskräften in der Planung und Steuerung. Die Trennung des Ablaufs von Prozessen und beteiligten Personen erhöht zudem die Stabilität der Organisation [vgl. Gro10, S. 13]. Somit lässt sich, trotz der zum Teil hohen Komplexität innerhalb eines Unternehmens, eine Transparenz über die Prozesse, Bestände und verfügbaren Ressourcen herstellen.

### **Integration von ERP-Systemen**

Wie bereits erwähnt besteht ein ERP-System aus einem Anwendungssystem, mit einer Datenbank sowie einer einheitlichen Benutzeroberfläche. Somit stellt eines der wichtigsten Merkmale von ERP-Systemen die Integration dar. Durch die Integration werden häufige Probleme früherer Einzelsysteme behoben [vgl. Kur16, S. 203 f.]:

**Redundanz:** eine Mehrfachspeicherung der gleichen Informationen, sowie deren Erfassung, Pflege und Löschung.

**Inkonsistenz:** verschiedene Systeme enthalten gleiche Information mit unterschiedlichem Inhalt.

**Mangelnde Integrität:** Informationen werden in nicht korrekte Datenbanken abgelegt.

Im Hinblick auf integrierte Datenbanken müssen alle Daten bei der Eingabe auf Plausibilität geprüft werden [vgl. FGS08, S. 2]. Dabei können Erkenntnisse der Wirtschaftsinformatik für die verschiedenen Ebenen und Aspekte der Integration auf die ERP-Systeme angewendet werden. Hierfür lassen sich die Ebenen nach Mertens [vgl. Mer13, S. 14 ff.] in Integrationsgegenstand, -richtung, -reichweite und Automatisierungsgrad gliedern (siehe Abbildung 2.2).

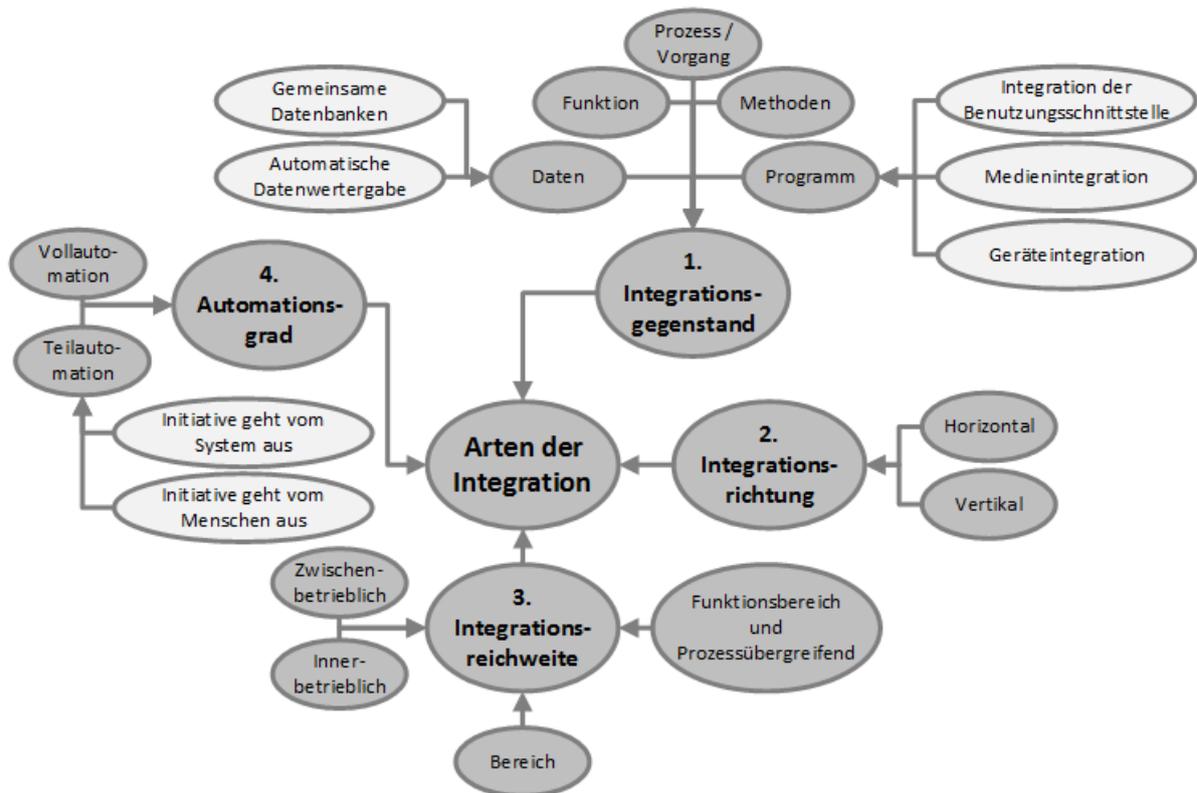


Abbildung 2.2: Arten der Integration nach Mertens [vgl. Mer13, S. 14]

Datenintegration bedeutet in diesem Zusammenhang die logische Zusammenführung von Daten durch die automatische Übergabe innerhalb von Teilsystemen oder aber der Zugriff der Programme informationstechnisch miteinander verknüpft, z. B. die Verbindung computergestützter Konstruktion und Kalkulation. Durch die semantische Abstimmung logisch zusammengehöriger Vorgänge können Prozesse durch den Abschluss anderer ausgelöst und unterschiedliche Geschäftsprozesse miteinander verbunden werden. Mithilfe der Abstimmung von betrieblichen Methoden können z. B. Bestellmengen angepasst werden, um hohe Lagerbestände zu vermeiden [vgl. Mer13, S. 13].

Die horizontale Integration bezeichnet die bereichsübergreifende Darstellung in einer betriebswirtschaftlichen Standardsoftware. In vertikaler Richtung ist diese gegeben, wenn zu den abteilungsübergreifenden Abbildungen noch analytische Funktionen hinzugefügt werden (vgl. hierzu Anhang A). Die Integrationsreichweite bezieht sich auf den Umfang des Zugriffs auf eine gemeinsame Datenbank, innerhalb eines Unternehmens oder zwischen Unternehmen. Bei ERP-Systemen ist häufig eine innerbetriebliche Integration gegeben. Weiterhin wird bei der Integration der Grad der Automatisierung unterschieden. Bei vollautomatischen Systemen liegt eine Verkettung verschiedener Module vor, bei der z. B. Daten durch ein Programm

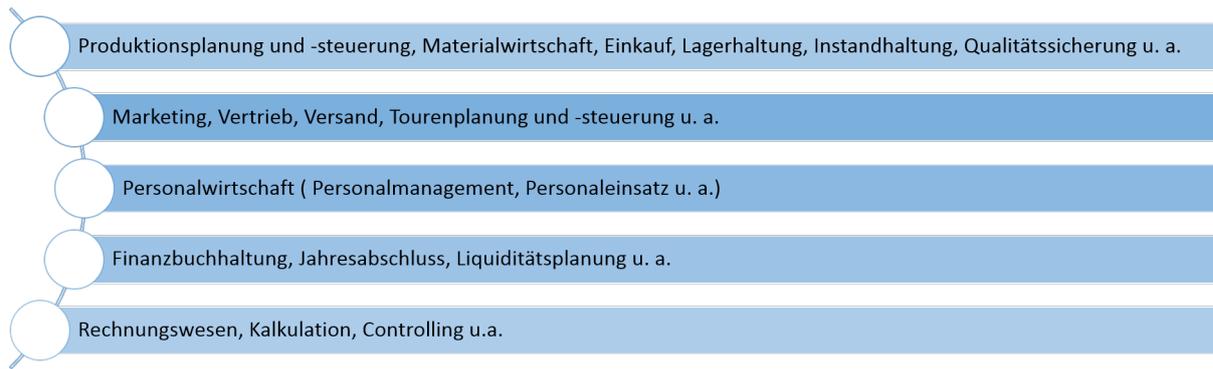


Abbildung 2.3: ERP Funktionskreise nach [vgl. Kur16, S. 209]

erfasst werden und damit ein weiteres Programm anstoßen. Bei teilautomatischen Systemen liegt eine Verkettung von Mensch und Computerprogramm vor, wobei entweder der Mensch eine Aktion auslöst und das Programm dieses ausführt oder konträr dazu das Programm den Anstoß (z. B. eine Fehlermeldung) gibt und der Mensch darauf reagiert.

ERP-Systeme sind Teil der betriebswirtschaftlichen Standardsoftware und können in einzelnen Softwarepaketen für Büro-, Business-, Kommunikations- und Branchen-Applikationen, oder aber in integrierten Komplettpaketen angeboten werden. Derweil sind ERP-Systeme keine Einplatz-Systeme, vielmehr können unterschiedliche Mitarbeiter aus verschiedenen Bereichen auf gleiche betriebswirtschaftliche Funktionen zugreifen [vgl. FGS08, S. 1]. Dabei basieren ERP-Systeme auf Transaktionen, welche die Geschäftsprozesse unterstützen und vom System zur Verfügung gestellt werden. Diese Transaktionen dienen dazu eine Veränderung der Daten herbeizuführen. Laut Frick, Gadatsch und Schäffer-Külz [vgl. FGS08, S. 3] sind „Transaktionen logisch abgeschlossene Vorgänge, die aus einzelnen Aktionen bestehen. Diese Aktionen sind stets vollständig oder gar nicht durchzuführen“. Hierdurch kann sichergestellt werden, dass eine korrekte Durchführung eines konsistenten Zustands in einen anderen vollzogen werden kann.

Je nach Anbieter variiert der Funktionsumfang der ERP-Systeme und ergibt sich aus der Geschichte des jeweiligen Programms. Viele Programme sind aus PPS-Software hervorgegangen und beinhalten dementsprechend den besonderen Fokus auf Produktionsplanung und -steuerung. Die Grundfunktionalitäten lassen sich aus Abbildung 2.3 ablesen und den Funktionskreisen zuordnen. Diese beschreiben nahezu alle betriebswirtschaftlichen Bereiche wie z. B. Produktionsplanung, Marketing, Personalwirtschaft, Finanzbuchhaltung und Rechnungswesen. Abweichungen zu diesen Modulen bzw. Teilsystemen können in den einzelnen Programmen vorkommen. Grundsätzlich beziehen sich diese jedoch auf dieselben Prozesse und können aus Marketingzwecken andere Namen tragen. Außerdem ist die Funktionalität auch von der jeweiligen Zielgruppe abhängig. Diese unterscheidet sich bei Anwendungen für

große bzw. mittlere und kleine Unternehmen. Bei letzteren werden Funktionalitäten für das obere Management zumeist reduziert angeboten [Kur16, S. 208 f.].

### **Aufbau von ERP-Systemen**

Unabhängig von der konkreten Ausgestaltung und des Herstellers besitzen ERP-Systeme einen strukturell ähnlichen Aufbau. Dieser lässt sich der Abbildung 2.4 entnehmen. Die unterste Ebene bildet die Datenbank bzw. das Datenbankmanagementsystem (DBMS). Ebenso können sich auf dieser Datenhaltungsebene Schnittstellen zu anderen Datenbanken befinden. Die Ebene oberhalb der Datenbank beinhaltet die Applikationsschicht. Dort befinden sich die entsprechenden Programmierumgebungen der ERP-Programme (z.B. bei SAP die Programmiersprache Advanced Business Application Programming (ABAP)). Darüber hinaus besteht ein datenbankabhängiger und ein datenbankunabhängiger Teil. Ersterer ermöglicht einen Zugriff der Applikationen auf die Datenbank und letzterer leitet die Daten an den Applikationskern weiter. Darüber hinaus befindet sich auf dieser Ebene, die ERP-eigene Middleware, welche die Einbindung anderer Programme ermöglicht. Diese Programme werden entweder über einen Remote Procedure Call aufgerufen oder es werden über sogenannte User Exits Programme mit anderen Programmiersprachen integriert. Remote Procedure Calls ermöglichen das Aufrufen von Funktionen, die durch andere Prozesse verfügbar gemacht werden. Diese können auf lokalen oder dezentralen Ressourcen liegen. In der Adaptionsschicht ist es möglich die Funktionalität des ERP-Systems an das Unternehmen über Customizing anzupassen (siehe hierzu Abschnitt 2.3.4). An oberster Stelle steht die Benutzerschicht. Diese kann entweder über eine eigene Benutzungsoberfläche oder aber über einen Web-Client bedient werden. Im letzteren Fall muss keine eigenständige Software auf dem Rechner installiert werden, sondern die ERP-Software ist über einen WEB-Browser zu erreichen [vgl. Gro10, S. 9 ff.].

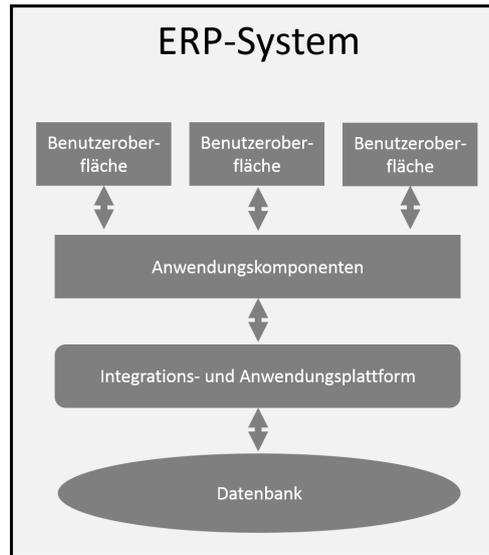


Abbildung 2.4: Struktureller Aufbau von ERP-Systemen [vgl. Wag12, S. 152]

### Customizing

Die Anpassung der Standardsoftware an ein Unternehmen wurde im Vorfeld schon mehrfach erwähnt und soll im Weiteren erläutert werden. Es gibt nicht nur eine Form, sondern vielfältige Arten des Customizing. Diese bestehen laut Mormann [Mor14, S. 183 f.] beispielsweise aus der Anpassung der jeweiligen Bildschirmmasken zur Ein- und Ausgabe von Daten, der Erweiterung oder Einschränkung von Reportingfunktionen der Software, der Einbindung von Altprogrammen oder neu entwickelten Modulen über Schnittstellen. Die verschiedenen Arten werden von Kurbel [Kur16, S. 317] in die folgenden sieben Kategorien eingeteilt:

1. Parametrisierung (Customizing im engeren Sinne)
2. User Exits (Program Exits)
3. Application Programming Interface (API)
4. Änderung des Programmcodes
5. Individualentwicklung
6. Modellbasierte Generierung
7. Componentware

Bezogen auf den Kontext der Arbeit sind hierbei insbesondere die ersten drei Stichpunkte interessant und werden im Weiteren erklärt. Die übrigen vier Punkte erfordern jeweils einen höheren Programmieraufwand und reichen hin bis zur Neuentwicklung von Funktionen oder

kleinen Programmen. Diese sollen in dieser Arbeit jedoch nicht betrachtet werden und können für den interessierten Leser ebenda nachgelesen werden.

Die Parametrisierung ist der beim Customizing vorzuziehende Weg, da die Änderungen am System durch den Hersteller selbst vorgenommen werden. Hierbei werden vom Hersteller Werte für vorgegebene Parameter implementiert und somit das System individualisiert. Allerdings muss der Softwarehersteller bzw. IT-Dienstleister alle infrage kommenden Möglichkeiten der Systemeinstellung bereits vor der Inbetriebnahme wissen und diese mit implementieren [vgl. Kur16, S. 317 f.]. Der zweite Punkt bezeichnet die Schaffung von vordefinierten Positionen im Programmcode, an denen es dem Nutzer erlaubt ist externe Programme aufzurufen. Dieses wird oft zur Lösung spezifischer Probleme des Unternehmens integriert. Häufig sind diese Probleme schon bei Projektstart bekannt. Jedoch sind sie nicht umzusetzen oder aber das Unternehmen, welches das ERP-System implementiert, war nicht gewillt diese in das ERP-System hinzuzufügen [vgl. Kur16, S. 318]. Des Weiteren können durch die Verwendung von APIs externe Systemhersteller ihre individuellen Programme aufrufen. Diese Technik ist insbesondere, aber nicht ausschließlich, im Rahmen von Java-Anwendungen eine gängige Praxis. Darüber hinaus können Softwarebausteine über diese Schnittstellen und Modulbibliotheken wiederverwendet und in das System eingebunden werden [vgl. Kur16, S. 318]. Als bekanntes Beispiel lässt sich die Einbindung der Google Maps API oder YouTube API auf anderen Websites benennen.

Diese drei Formen des Customizing zeigen auch bei Updates der Software durch den Hersteller eine hohe Stabilität auf. Obwohl schon bei den Arten 2 und 3 Programmierungen durchgeführt werden, befinden sich diese außerhalb des eigentlichen Programmcodes und sind nicht direkt von Änderungen betroffen, die bei Updates am Hauptprogramm durchgeführt werden. Bei der Parametrisierung werden die Änderungen im Regelfall in die neue Version übernommen und müssen nicht angepasst werden. Die User Exits sind vom Hersteller programmierte Schnittstellen und diesem daher bekannt. Bei einer neuen Version ist davon auszugehen das er die Schnittstellen beachtet, es sollte nach einem Update jedoch ein Funktionstest der angeschlossenen Programme durchgeführt werden. Nutzt der Anwender APIs des Herstellers, ist auch hier davon auszugehen, dass diese weiterhin unterstützt werden und voll funktionsfähig bleiben [vgl. Kur16, S. 320 f.].

Trotz aller Möglichkeiten der Anpassung von ERP-Systemen an das Unternehmen, sollte nicht nur ein gegenwärtiger maximaler Erfüllungsgrad angestrebt, sondern auch darauf geachtet werden, dass zukünftige Änderungen an dem System (welche unvermeidlich sein werden) unkompliziert und schnell durchführbar sind. Daher sollte die Anpassungsfreundlichkeit der Software einen hohen Rang bei der Auswahl eines Systems besitzen [vgl. Kur16, S. 245].

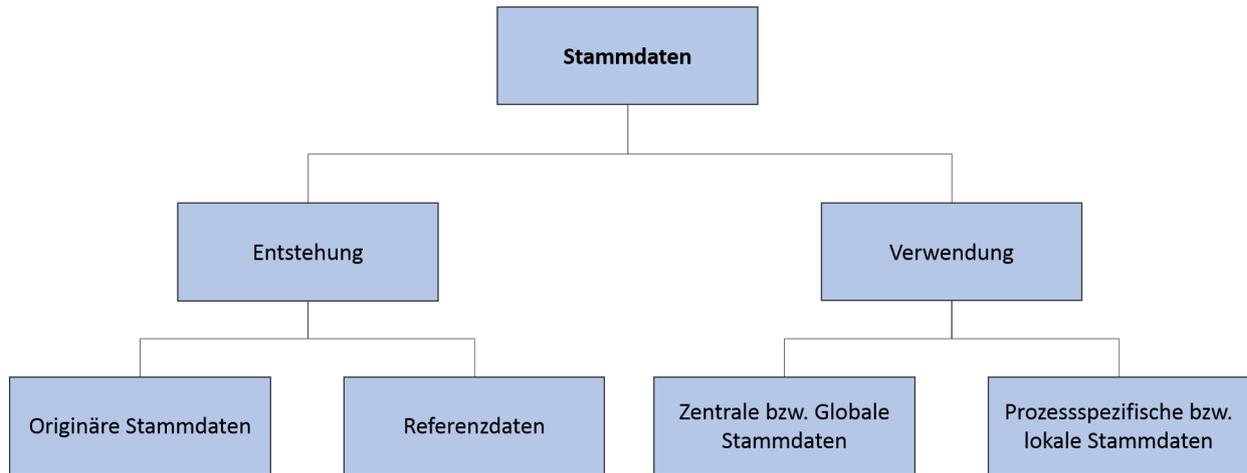


Abbildung 2.5: Unterschiedliche Arten von Stammdaten nach Hildebrand [vgl. Hil18b, S. 77]

### Stammdaten innerhalb von ERP-Systemen

Stammdaten bilden die Basis zu den Geschäftsprozessen eines Unternehmens und kommen sowohl bei Produkten und Artikeln, als auch bei Kunden und Lieferanten vor. Stammdaten ermöglichen erst die korrekte Funktionsweise von Informationssystemen. Zudem sind sie Teil von Stücklisten, Arbeitsplätzen, Arbeitsplänen und Bewegungsdaten [vgl. Ost14, S. 85]. Als Bewegungsdaten (vorgangsbezogene Daten) werden diejenigen Daten bezeichnet, die im Geschäftsbereich entstehen, z. B. bei der Planung und Abwicklung von Kundenaufträgen oder der Ermittlung und Durchführung von Produktionsplänen. Auf Grundlage von Stammdaten werden Bewegungsdaten für Prozesse neu erzeugt oder angelegt [vgl. Kna17, S. 121]. Laut Otto und Österle [vgl. OÖ16, S. 29 f.] sind Stammdaten unabhängige und fundamentale Informationsobjekte für eine Organisation. Diese sind für einen längeren Zeitraum gültig und können andere Objekte beschreiben. Zur Durchführung von Transaktionen müssen sie jedoch referenziert werden und unterliegen währenddessen keiner Veränderung. Dabei ist es wichtig, dass diese Daten innerhalb eines Unternehmens und über mehrere Organisationseinheiten hinweg eindeutig identifizierbar sind und inhaltlich interpretiert werden können. Weiterführend werden Stammdaten von Wegener [Weg08, S.201] als „Daten, die in verschiedenen Kontexten wieder verwendet werden, um automatisiert Veränderungen im fachlichen Umfeld vornehmen zu können“ definiert. Dabei lassen sich Stammdaten auf zwei unterschiedliche Arten differenzieren (vgl. Abbildung 2.5).

Die grundsätzliche Unterscheidungsart besteht zwischen der Art der Entstehung und der Art der Verwendung. Bei Ersterem erfolgt die Einteilung zusätzlich in:

**Originäre Stammdaten:** selbst angelegte Daten, wie z. B. Materialien, die eigenständig gepflegt und falls notwendig auch gelöscht werden müssen.

**Referenzdaten:** Daten, die aus übergeordneten Systemen (z. B. Behörde oder Konzernmutter ) entnommen werden. Diese sind dort als originäre Stammdaten hinterlegt und bedürfen eines Systems zur regelmäßigen Synchronisierung.

Die Art der Verwendung wird ebenfalls in zwei Punkte untergliedert. Zum einen werden zentrale bzw. globale Stammdaten eingesetzt, die in einer Vielzahl von Prozessen im Unternehmen bzw. Konzern verwendet werden. Diese werden aus einer zentralen Stammdatenbank bezogen, wodurch Redundanzen vermieden werden können. Im Gegensatz dazu werden noch prozessspezifische bzw. lokale Stammdaten verwendet, welche bestimmten Prozessen zugeordnet sind oder aber z. B. die Zahlungskonditionen einer Gesellschaft beinhalten. Diese Stammdaten werden von dem jeweiligen Bereich angelegt und verwaltet [vgl. Hil18b, S. 77].

Trotz allem sind Stammdaten nicht unveränderlich. Die Veränderungshäufigkeit ist jedoch deutlich geringer als bei Bewegungsdaten. Durch die Unterschiede zwischen den verschiedenen Branchen, ist eine allgemeingültige Stammdatendefinition nicht möglich [vgl. OÖ16, S. 30]. Die Stammdaten bestehen dabei aus einem „Header“, welcher grundlegende Informationen beinhaltet, und des Weiteren aus Informationen, die die Stammdaten sehr genau beschreiben können [vgl. Ost14, S. 85]. In Produktion und Logistik ähneln sich die Stammdatentypen und lassen sich nach Schemm [vgl. Sch13, S. 30 ff.] wie folgt kategorisieren:

- Artikelstammdaten (in SAP ERP Materialstammdaten),
- Geschäftspartnerstamm und
- Konditionen.

Artikelstammdaten bilden den Kern der Stammdaten in den Unternehmen, insbesondere beim Datenaustausch von Industrie- und Handelsunternehmen. Im Hinblick auf die Verwendungsbereiche lassen sich Artikelstammdaten in drei Kategorien einordnen (vgl. Abbildung 2.6). Zusätzlich zu der Unterscheidung in Handels- und Industriedaten lassen sich letztere zum einen in betriebswirtschaftlich-planerische Daten einteilen, die „auftragsbezogene Prozesse [...] vom Vertrieb über Fertigungsplanung, Materialbeschaffung, Produktion und Versand bis zum Service“ [Sch13, S. 31 f.] unterstützen. Zum anderen in produktorientiert-technische Daten, welche „den Entwicklungs- und Herstellungsprozess [...] in Bereichen wie Marketing, Forschung und Produktentwicklung“ [Sch13, S. 31 f.] unterstützen. Die einzelnen Kategorien weisen auch Überschneidungen auf, sodass sich daraus die Bereiche Grunddaten des Artikels, Bestell- und Logistikdaten, Spezifikationsdaten, Handelsdaten und industrieinterne Daten (betriebswirtschaftliche, übergreifende, technische) ergeben [vgl. Sch13, S. 33].

Die typischen Stammdaten von Geschäftspartnern eines Unternehmens sind vor allem der Name, die Adresse und Kontaktdaten des Unternehmens, sowie Informationen zu Zahlungs-

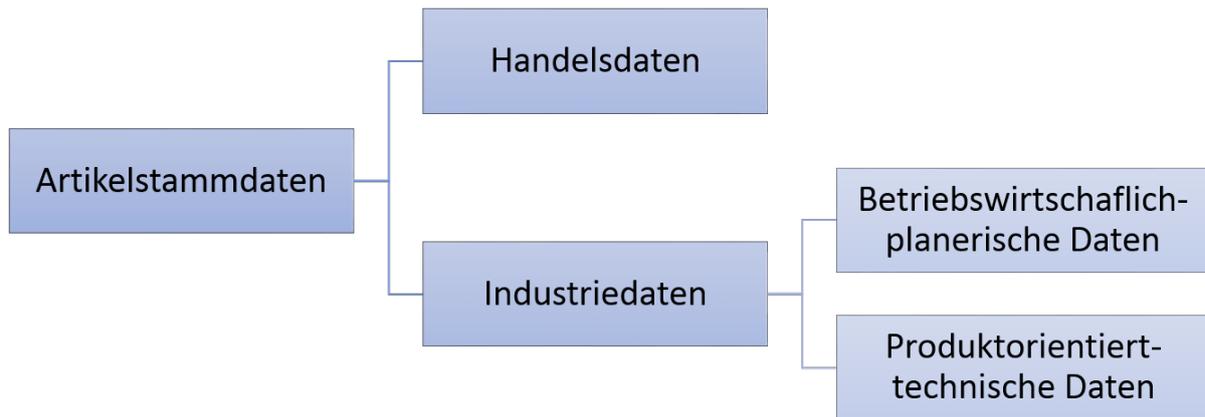


Abbildung 2.6: Kategorien der Artikelstammdaten

weisen und Steuerdaten. Die letzten beiden können zwar unter Umständen nützlich sein, haben jedoch keinen direkten Einfluss auf das Lagergeschehen. Ebenso sind Kontaktdaten der Gesprächspartner innerhalb der Software nicht notwendig [vgl. Lan+17, S. 158 ff.]. Geschäftspartner können im Prozess unterschiedliche Positionen einnehmen. Diese sind typischerweise „Bestellempfänger, Warenlieferant, Rechnungssteller, Konditionsgewährer, Zahlungsempfänger und Bonuskreditor“ [Sch13, S. 35]. Die für die Geschäftsprozesse wichtigen Belege und Rechnungsnachweise, nehmen die Informationen aus den Geschäftspartnerstammdaten und beziehen zusätzliche Informationen aus den Artikelstammdaten [vgl. Sch13, S. 35]. Den letzten Punkt bilden die Konditionen. Diese stellen ebenso wichtige Stammdaten innerhalb von Unternehmen dar. Hierunter werden die Vereinbarungen zu Handelsbedingungen zwischen Unternehmen verstanden, die von Standardtarifen abweichen. Konditionen sind abhängig von der Beziehung und Art der Geschäftspartner, die Art des Artikels, Bestellmengen oder terminbezogener Einflüsse [vgl. Sch13, S. 35]. Dabei hat sich eine Vielzahl von Konditionen auf dem Markt gebildet, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll.

## 2.4 Die Funktionsweise von SAP

Systemseitig funktioniert das SAP System über das 3-Ebenen-Modell, bestehend aus der Darstellungs-, Anwendungs- und Datenbankebene (vgl. Abbildung 2.7). Diese 3-stufige Client-Server-Architektur ermöglicht die Einbindung von Hardware, Datenbanken und Betriebssystemen von verschiedensten Herstellern [vgl. Hil18a, S. 210 f.].

Gekennzeichnet ist das SAP ERP durch die fünf Charakteristika Integration, Internationalität, Branchenneutralität, Customizing und die Benutzeroberfläche. Auf diese Merkmale legt

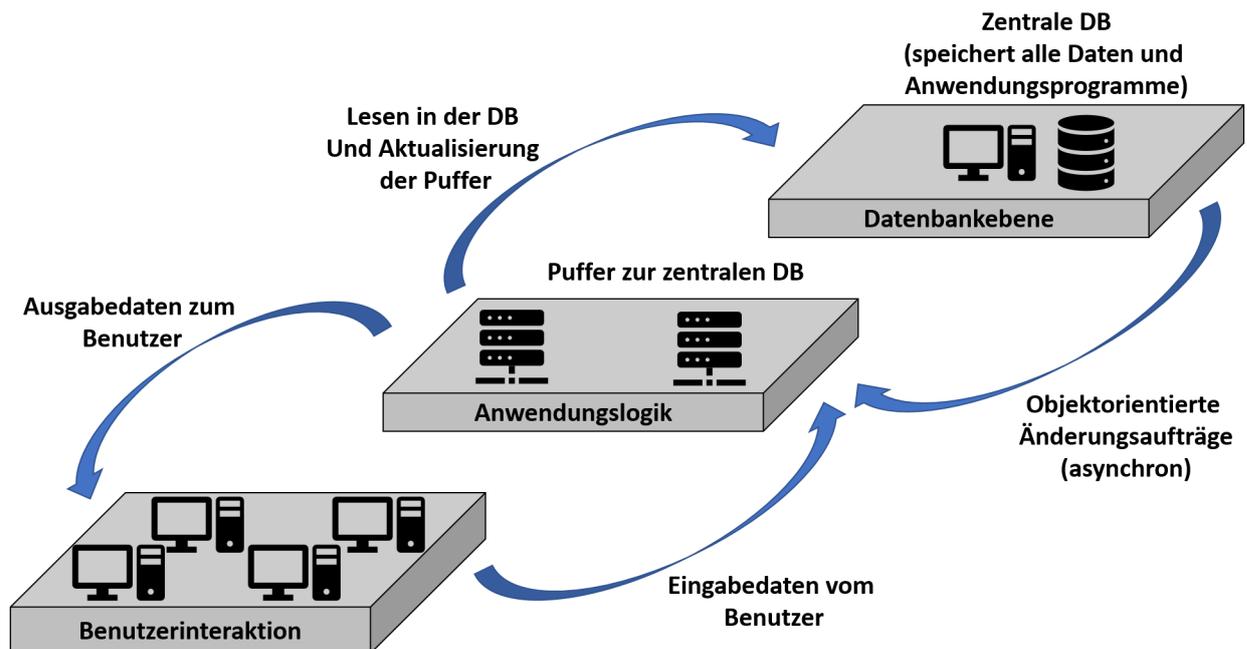


Abbildung 2.7: 3-Ebenen Modell von SAP nach Hildebrand [vgl. Hil18a, S. 210]

SAP großen Wert, es bedeutet jedoch nicht das andere Unternehmen diese nicht auch besitzen. Durch die relationale Datenbank werden alle Daten zentral auf einem Datenbankserver bzw. der Datenbankebene gespeichert. Diese Sicherung beugt der Verwendung von Dubletten vor. Somit sind die Daten für alle Nutzer immer auf dem aktuellsten Stand (Datenintegration). Zudem werden durch Aktivitäten in einem Modul, Aktionen in einem anderen Modul ausgelöst (Funktionsintegration). Anwendungsprogramme werden auf einem anderen Server zentral gespeichert (Applikationsserver). Diese betriebswirtschaftliche Anwendungsprogramme basieren vor allem auf der höheren Programmiersprache Java oder der von SAP eigens entwickelten Programmiersprache ABAP. Die Programme werden für die verschiedenen Anwendungen in einem Unternehmen entwickelt und haben sowohl lesende als auch schreibende Rechte in der Datenbank. Somit können auch den Benutzern verschiedene Rollen und damit einhergehend unterschiedliche Zugriffsrechte gegeben werden, da z. B. nicht jeder Nutzer in einem Unternehmen berechtigt ist auf Finanzdaten zuzugreifen, Daten zu erstellen oder zu löschen [vgl. Mor14, S. 32 f.].

Bereits die SAP R/2 Version wurde in 15 Sprachen angeboten, diese wurden auf mittlerweile 24 Versionen erweitert. Doch nicht nur die Sprache, sondern auch die spezifischen Anforderungen in den unterschiedlichen Ländern werden in den Versionen beachtet (z. B. hinsichtlich des Jahresabschlusses, o. ä.). Wie oben schon erwähnt ist das SAP ERP grundsätzlich branchenneutral und wird deswegen auch branchenübergreifend eingesetzt. Mittlerweile werden jedoch auch vermehrt Branchenlösungen entwickelt und vertrieben. Durch das

Customizing bietet SAP die Möglichkeit, Unternehmensspezifika in der Standardsoftware an das Unternehmen anzupassen. Für den Nutzer werden diese Stufen auf der Benutzerebene zusammengeführt und dort mit einer grafischen Oberfläche auf den Benutzer eingestellt [vgl. Hil18a, S. 210 f.]. Die Benutzeroberfläche ähnelt der Oberfläche von Windows-Applikationen, da sie nach den Windows-Style-Guides angefertigt wurde, und soll dem Anwender bei der Nutzung komfortabel unterstützen [vgl. FP17, S. 11 f.]. Neben diesen Charakteristika ist ein weiteres Merkmal von SAP, dass es plattformunabhängig einsetzbar ist. Somit kann es unabhängig des Herstellers der Datenbank oder der Betriebssoftware eingesetzt werden.

### 2.4.1 SAP ERP

Insgesamt stellt die SAP Business Suite eine branchenneutrale Standardsoftware dar. Zu dieser gehört nicht nur das ERP, sondern auch die Bereiche Customer Relationship Management (CRM), Product Lifecycle Management (PLM), Supply Chain Management (SCM) und Supplier Relationship Management (SRM) (vgl. Abbildung 2.8). Wobei das SCM das Modul EWM beinhaltet, welches noch im Verlauf betrachtet wird. Der Fokus des SAP ERP liegt auf der elektronischen Unterstützung betriebswirtschaftlicher Abläufe (Geschäftsprozesse). Um die vielen unterschiedlichen Unternehmensstrukturen, logistischen Prozesse, Regularien und Gesetze abbilden zu können, ist ein solches System sehr komplex. Zur Wahrung der Übersichtlichkeit ist das SAP ERP in verschiedene, miteinander interagierende Komponenten unterteilt, wie z. B. Logistik, Finanz- und Rechnungswesen und Personalwesen [vgl. Gub09, S. 39]. Die in Abbildung 2.8 dargestellten Module des SAP ERP werden auch als SAP ERP Central Component (ECC) bezeichnet. Im Rahmen der Arbeit ist die genaue Unterteilung der Module nicht relevant (diese kann in der Fachliteratur und auch auf der SAP-Website nachvollzogen werden). Für die Arbeit ist lediglich der Bereich Logistik von Bedeutung. Unter diesen Bereich fallen in SAP beispielsweise die Materialwirtschaft, die Produktionsplanung, der Vertrieb, Lagerverwaltung, Versand und Transport und das WM [vgl. San09, S. 10].

Da in Abschnitt 2.3.4 bereits über die Funktionsweise von ERP-Systemen gesprochen wurde und sich dies nicht grundsätzlich von SAP unterscheidet, soll im Weiteren auf das Core Interface (CIF) eingegangen werden, welches die Schnittstelle unter anderem zu SAP SCM und seinen Modulen bildet. Darüber hinaus kommuniziert die SAP ERP mit SAP EWM über die Liefer-, Warenbewegungs-, Transport und Qualitätsmanagementschnittstelle. Insbesondere die ersten Beiden sind für die Übermittlung von Belegarten von SAP EWM an SAP ERP wichtig.

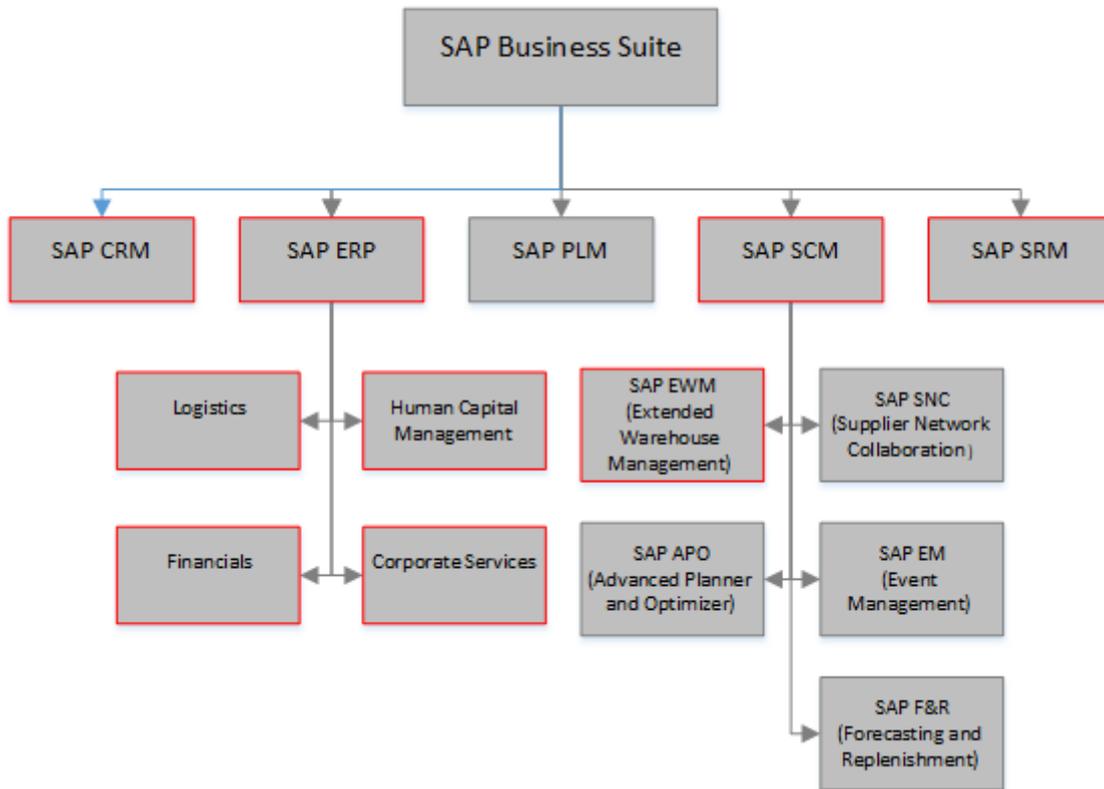


Abbildung 2.8: Aufbau des SAP-ERP nach Friedl und Pedell [vgl. FP17, S. 11]

### Core Interface(CIF)

Unabhängig davon welches ERP-System genutzt wird, muss sichergestellt werden, dass das Zusammenspiel zwischen diesem und den angeschlossenen Modulen reibungslos verläuft, da diese „teilweise sehr ähnliche und/oder sich ergänzende Aufgaben wahrnehmen“ [Kur16, S. 483]. Die Durchführung dieser Aufgaben sollte ohne Redundanzen geschehen. Damit dieses Zusammenspiel reibungslos funktioniert, müssen Voraussetzungen von technischer Seite geschaffen werden. Die SAP-Schnittstelle hierfür lautet CIF. Hierüber wird der Austausch der Daten zwischen entweder SAP ECC oder SAP Hana und dem SAP EWM oder einem anderen SAP SCM Modul durchgeführt. Hoppe [Hop07] hat dies für den Austausch von SAP APO aufgeführt. Es kann aber auf die Kommunikation zwischen SAP ERP und SAP EWM übertragen werden. Über ein Integrationsmodell werden die Integrationsvarianten festgelegt, „die im CIF als Stamm- und Bewegungsdaten angelegt werden“ [Hop07, S. 398]. Diese Daten sind bei der Initialübertragung an das EWM-System übermittelt worden. Darüber hinaus werden z. B. Änderungen von Stamm- oder Bewegungsdaten ebenso weitergegeben. Zudem werden die Planungsergebnisse aus dem SAP EWM im SAP ERP übernommen (vgl. hierzu Abbildung 2.9).

Um eine redundante Datenhaltung zu gewährleisten werden die Stammdaten nur von dem

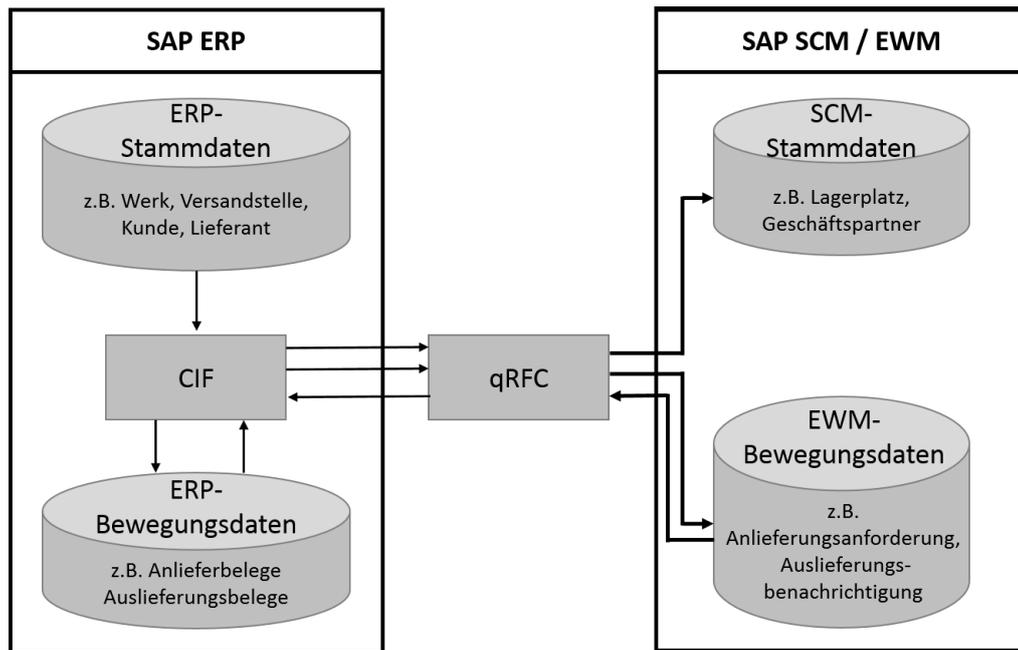


Abbildung 2.9: Core Interface SAP ERP - SAP EWM nach Kurbel [vgl. Kur16, S. 484]

originären System gespeichert und in das andere System repliziert. Daher werden auch weiterhin die meisten Stamm- und Bewegungsdaten in SAP ERP und nur die für das SCM wichtigen Stammdaten (z. B. Lagerplatz, Geschäftspartner) und Bewegungsdaten (z.B. Anlieferung, Auslieferung) in diesem System gepflegt. Die Übertragung erfolgt asynchron über sogenannte queued Remote Function Calls (qRFC). Das bedeutet, dass Daten zuerst gepuffert werden und danach eine Übertragung erfolgt. Änderungen im ERP-System werden zeitnah an das Modul übertragen und nehmen so Einfluss auf die Planung (z.B. Stornierung eines Auftrages) [vgl. Hop07, S. 398 f.]. Anlieferung und Auslieferung sind Belege in der SAP-Umgebung, die alle relevanten Logistikdaten des Auslösers für die An- bzw. Auslieferung beinhalten. Daten, auf die sich diese beziehen, können z. B. Lieferavis, Lieferschein oder Bestellung sein. Diese Belege bestehen aus einem Belegkopf und beliebig vielen Belegpositionen. Im Belegkopf werden die allgemeinen Daten für den gesamten Beleg festgelegt und sind für diesen gültig. In den Belegpositionen finden sich die Informationen, die für die einzelnen Positionen gültig sind, wie z. B. Materialnummer, Liefermenge, Referenzen zum Kundenauftrag, etc. Dieselbe Belegstruktur wird für die Typen Auslieferungsauftrag, Umbuchung und interne Bewegung verwendet [vgl. oVa].

## 2.4.2 SAP Extended Warehouse Management

Das Modul SAP EWM ist eine Komponente des SAP SCM und enthält zahlreiche Funktionalitäten „zur Abwicklung von Warenbewegungen und Verwaltung der Lagerbestände“ [Kur16,

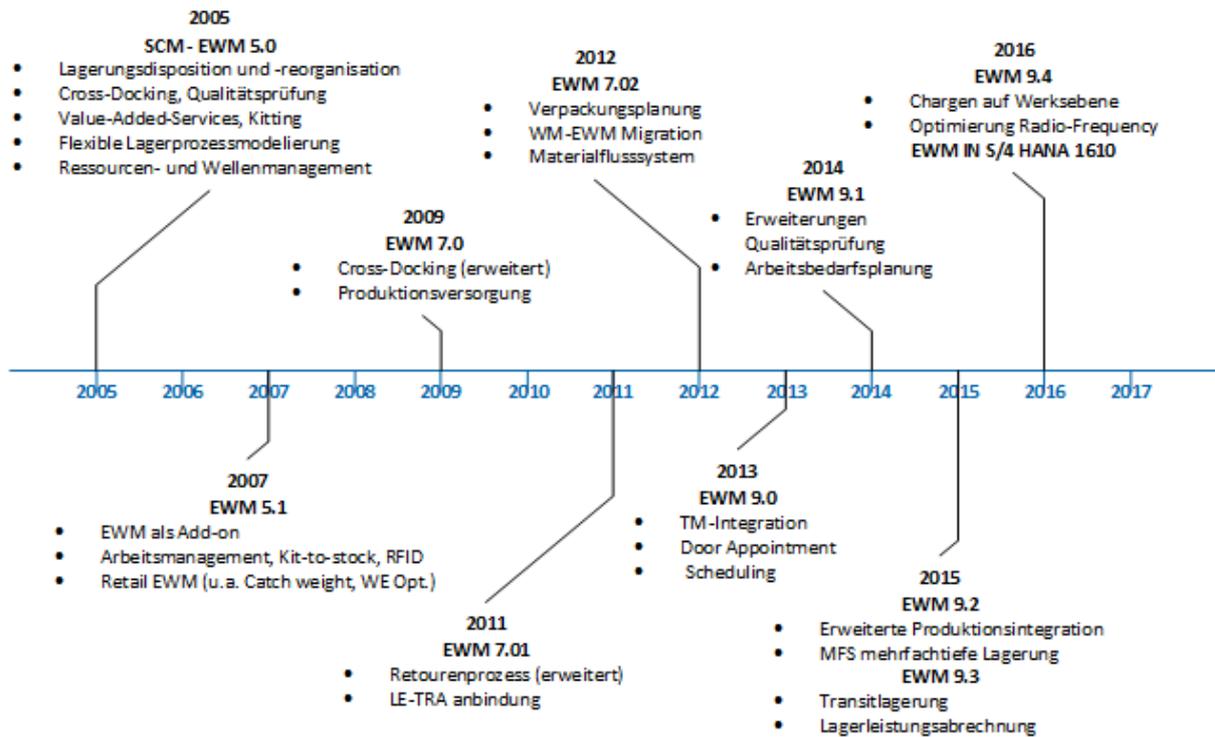


Abbildung 2.10: Entwicklungsstufen von SAP EWM nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 15]

S. 492]. Gegenwärtig wird es im Release 9.5 FP02 von SAP geführt. Die Stufen der Entwicklung von der Einführung im Jahr 2005 bis zum Jahr 2016 lassen sich aus Abbildung 2.10 entnehmen.

Wegen des hohen Bedarfs an Stamm- und Bewegungsdaten ist die Integration in das SAP ERP ein wichtiges Merkmal. Durch die erweiterten Funktionen wird die „Bestandsführung“ des ursprünglichen SAP ERP jedoch deutlich überstiegen. Darüber hinaus wurde die direkte Steuerung von automatischer Fördertechnik mit SAP EWM realisiert. Ohne eine zwischengeschaltete Software kann das EWM über die Komponente Materialflusssystem (MFS) direkt mit der Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) der Fördertechnik kommunizieren. Im Gegensatz zu vergleichbaren Systemen ist das MFS flexibel zu konfigurieren und zu erweitern. Dies ist vor allem durch die layoutorientierte Lagersteuerung möglich, wodurch Materialflusswege und Alternativstrecken definiert werden können [vgl. Lan+17, S. 43].

Innerhalb des SAP EWM ist es möglich den Lagerkomplex bis hin auf einzelne Lagerplätze zu verwalten. Hierbei unterliegt das System einer hierarchischen Lagerstruktur (vgl. Abbildung 2.11). Dabei enthält der gesamte physische Lagerkomplex ein oder mehrere Lagertypen. Diese können automatische Lager, Hochregal-, Block-, Paletten- oder Freilager sein. Eine Übersicht der verschiedenen Lagertypen, welche in SAP hinterlegt sein können, lässt sich aus Anhang B entnehmen. Die Lagertypen können weiterhin in Schnittstellenlagertypen

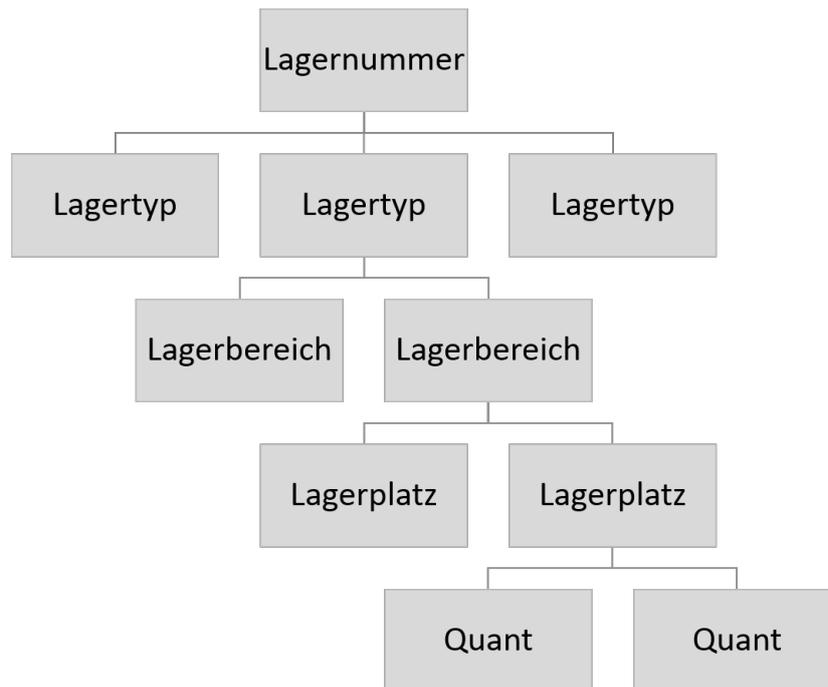


Abbildung 2.11: Struktur des Lagers nach SAP EWM nach Kurbel [vgl. Kur16, S. 493]

eingeorndet werden:

- Tore und Bereitstellzonen im Wareneingang und Warenausgang
- Identifikations- und Kommissionierpunkte vor automatischen Lagern
- Arbeitsplätze, z. B. zur Durchführung von Logistischen Zusatzleistungen (LZL)
- Übergabeplätze

Jedem Lagertypen werden wiederum verschiedene Lagerbereiche zugewiesen. Lagerbereiche fassen eine Anzahl von Lagerplätzen zusammen und können z. B. Schnell- oder Langsamdreher beinhalten. Innerhalb dieser Lagerbereiche erhält die Ware einen Lagerplatz. Sollten mehrere Güter mit identischen Merkmalen auf einen Lagerplatz eingelagert werden, wird dies in SAP als Quant geführt [vgl. Lan+17, S. 80 ff.].

Das SAP EWM ist hierbei in die verschiedenen Tätigkeiten des Lagerkomplexes eingebunden. Innerhalb der Lagerbereiche besitzen die zugehörigen Lagerplätze gemeinsame Eigenschaften. Dabei werden den Lagerplätzen Koordinaten zugeordnet und können somit eindeutig identifiziert werden. Hiermit lässt sich nicht nur die Menge der im Lager befindlichen Güter eindeutig feststellen, sondern auch die Position eines einzelnen Gutes. Dies bewirkt eine optimale Platzbestimmung für jedes Produkt, je nach Größe und Zugriffshäufigkeit [oV18b].

Die Bestimmung der Lagerplatzstruktur wird im SAP Standard mithilfe von Lagerplatzbezeichnern definiert. Lagerplatzbezeichner stellen die Positionen für den Gang (A = englisch Aisle), das Regal (R = englisch Rack), die Säule (S = englisch Stack), die Ebene (L = englisch Level) sowie die Platzunterteilung (B = englisch Bin Section) und die Platztiefe (D = englisch Bin Depth) dar. Innerhalb der in SAP vorhandenen Lagerplatzschablone, weist der Nutzer den einzelnen Stellen „numerische (0-9) oder alphabetische Zeichen (A-Z)“ [Lan+11, S. 84] zu. Zudem werden die konstanten Stellen bestimmt („zum Beispiel Trennstriche zwischen den Gruppen“ [Lan+11, S. 84]). Für die automatische Bezeichnung der Arbeitsplätze wird durch den Anwender der jeweilige Start-Lagerplatz und Ende-Lagerplatz definiert. Durch das System werden die dazwischen liegenden Arbeitsplätze automatisch vergeben [vgl. Lan+11, S. 84]. Daraus kann sich, unter Berücksichtigung der Lagerplatzschablone, folgendes Schema für die Lagerplätze ergeben: AA-RR-SSSS-LL-BB-DD.

Der Einsatz von SAP EWM kann zudem zur Optimierung von Warenbewegungen, der Inventur, zur Planung und Überwachung und zur Lagersteuerung verwendet werden. Darüber hinaus lassen sich verschiedene Arbeitsplätze (z. B. zur Kommissionierung, Dekonsolidierung oder LZZ) in die Steuerung der Lagerbewegungen einbeziehen.

Einige der Stammdaten, die in SAP SCM und somit auch in SAP EWM wichtig sind, ergeben sich aus SAP ERP und lassen sich der Abbildung 2.12 entnehmen. Auf die SAP EWM Stammdaten aus der Abbildung wird im Folgenden näher eingegangen. Darüber hinaus werden einige sich daraus ergebende Bewegungsdaten beschrieben.

### **Artikelstammdaten**

Die meisten der Artikelstammdaten werden in SAP ERP erstellt und dann über das CIF an das SAP SCM und somit auch an das SAP EWM repliziert. Im Hinblick auf das Konzept des Software-Tools wird hier auf die Unterteilung der Artikelstammdaten, welche in der Verwendung von SAP EWM eine Rolle spielen, näher eingegangen. Nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 125 ff.] lassen sich die Artikelstammdaten (in SAP EWM Produktstammdaten) in folgende Kategorien unterteilen:

- Allgemeine Produktdaten: z. B. Produktnummer, Produktbeschreibung, Organisationsinformation, Basismengeneinheit, Externe Produktnummer, Ursprungsland, Haltbarkeit, geforderte Mindesthaltbarkeit
- Mengeneinheiten des Produktstamms: z. B. Alternativmengeneinheit, Basismengeneinheit, European Article Number (EAN)/ Universal Product Code (UPC)-Code, zusätzliche EAN oder UPCs
- Verpackungsdaten: z. B. Verpackungsgruppe, Packmittelart, Handling Unit (HU)-Typ

- Lagerungsdaten: z. B. Lager-Produktgruppe, Catch-Weight Date, Chargenpflichtige Materialien, Einlagerungsdaten, Auslagerungsdaten

## Lokation

Die Lokation kommt im Rahmen des Supply Chain Management-Tools als Stammdatenobjekt vor. Sie beschreibt einen logischen oder physischen Ort, an dem eine mengenmäßige Verwaltung von Produkten oder auch Ressourcen stattfindet. Lokationen gehören einem bestimmten Lokationstyp an. Lokationstypen sind z. B. Produktionswerk, Distributionszentrum, Lieferant oder Kunde. Die ERP-Stammdatenobjekte Werk und Versandstelle werden beispielsweise als Lokationen übergeben, somit entspricht dem ERP-Werk die SCM-Lokation Werk [vgl. oVc].

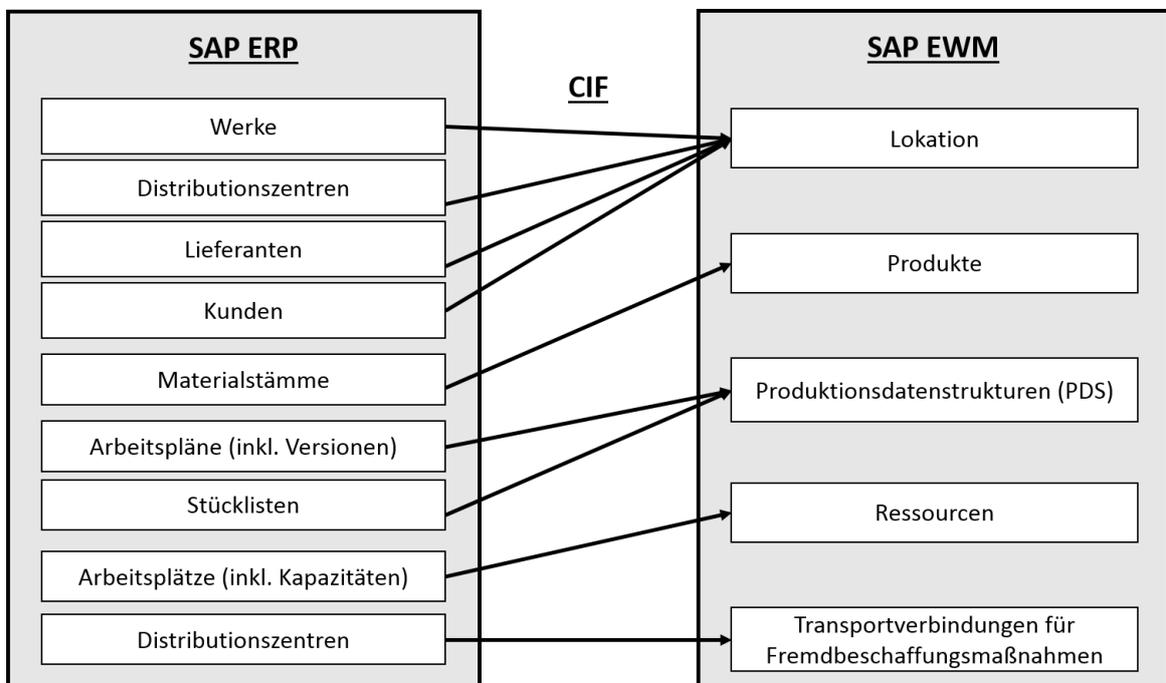


Abbildung 2.12: Stammdatenobjekte die in SAP EWM aus SAP ERP übernommen werden nach Schweiger, Pitzl und Kruse [vgl. SPK10, S. 75]

## Lageraufgabe und Lagerauftrag

Die Lageraufgabe und der Lagerauftrag stellen EWM-Belege dar. Ersterer führt auf Basis von logischen oder physischen Warenbewegungen oder Bestandsveränderungen, Warenbewegungen im SAP EWM aus. Zu diesen Vorgängen gehören [vgl. oV18b]:

- Auslagerungen,

- Einlagerungen,
- Interne Bewegungen,
- Umbuchungen,
- Wareneingangsbuchungen,
- Warenausgangsbuchungen.

Darüber hinaus enthält dieser Beleg die Anweisungen, welche Materialien, in welcher Menge, von einem Von-Lagerplatz zu einem Nach-Lagerplatz innerhalb einer Lagernummer zu transportieren sind. Der Lagerauftrag hingegen bildet einen EWM-Beleg mit einer Aufgabenstellung für einen Lagerarbeiter ab, die dieser zu einem bestimmten Zeitpunkt bearbeiten soll. Er beinhaltet die Lageraufgaben oder aber Inventurpositionen.

Weitere Belege die für die Kommunikation innerhalb von SAP EWM und auch mit SAP ERP verwendet werden, lassen sich aus folgender Auflistung entnehmen [Lan+17, S. 266]:

- Benachrichtigung über erwarteten Wareneingang
- Erwarteter Wareneingang
- Anlieferungsbenachrichtigung
- Anlieferung
- Auslieferungsbenachrichtigung
- Auslieferungsauftrag
- Auslieferung
- Umbuchungsanforderung
- Umbuchung
- Umlagerung

Diese dienen zur Auslösung und Verwaltung der Dokumente von Wareneingang, Warenausgang, Retouren und Umlagerungen. Außerdem wird über die Lieferschnittstelle weitere betriebswirtschaftliche Standardsoftware, wie SAP ERP, angebunden. Für den Wareneingang und -ausgang lassen sich aus Anhang C die entsprechenden Nachrichten, die zwischen SAP ERP und EWM gesendet werden, entnehmen. Die Lieferbelege lassen sich in einen Kopfbereich und die Positionen aufteilen. Deren allgemeine Informationen werden durch zusätzliche Angaben ergänzt [vgl. Lan+17, S. 264].

## 2.5 Prozesse in SAP EWM

SAP EWM ist gekennzeichnet durch eine hohe Anpassung an die verschiedenen Lagerbedingungen. Diese Flexibilität ergibt sich daraus, dass sich Unternehmen anhand verschiedener Faktoren unterscheiden. Hierunter fallen insbesondere das physische Lager-Layout, die vorhandenen Lagerflächen und deren Größe, die gelagerten Produkte und der Grad der Automatisierung [vgl. Zoe12, S. 20]. Die Bildung des internen Materialflusses wird innerhalb des SAP EWM durch die prozess- und layoutorientierte Lagerungssteuerung durchgeführt. Dabei wird die prozessorientierte Lagerungssteuerung für die Durchführung von komplexen Ein- und Auslagerungen eingesetzt. Diese Prozesse finden dann statt, wenn weitere Tätigkeiten wie Kommissionierung, logistischen Zusatzleistungen oder Qualitätsprüfung durchgeführt werden. Die layoutorientierte Lagerungssteuerung wird dann eingesetzt, wenn eine Ein- oder Auslagerung von einem Von-Lagerplatz zu einem Nach-Lagerplatz nicht direkt möglich ist, sondern einen Zwischenlagerplatz erfordert. Systemseitig erfolgt zuerst immer eine Untersuchung, ob eine prozessorientierte Lagerungssteuerung und erst danach, ob eine layoutorientierte Lagerungssteuerung vorhanden ist [vgl. Lan+11, S. 309 ff.]. Die Folgenden Beschreibungen der Prozesse beziehen sich weitestgehend auf eine prozessorientierte Lagerungssteuerung. Hierzu wird der SAP-Standard zu den Prozessen Wareneingang und Warenausgang erläutert. Aufgrund der Anzahl an verschiedenen Arbeitsplätzen, wird beispielhaft die Durchführung der EWM Prozesse anhand des Platzes LZL beschrieben. Im Anschluss werden beispielhaft Prozesse aus der Praxis gegenübergestellt.

### 2.5.1 Standard Wareneingangsprozess in SAP EWM

Der Wareneingangsprozess beinhaltet alle Schritte, die von der Entladung eines LKWs bis hin zur Einlagerung auf den Lagerplatz durchgeführt werden. Dazu gehören unter anderem auch die Vereinnahmung, Qualitätsprüfung oder Dekonsolidierung, aber auch das Durchführen von LZL. Bereits innerhalb eines Unternehmens kann es eine Vielzahl von Kombinationsmöglichkeiten geben, je nach Lieferant und Produkt [vgl. Lan+13, S. 343]. Dabei unterstützt SAP EWM nach Lange u. a. [vgl. Lan+13, S. 343 f.] :

- Kundenspezifische Definitionen der einzelnen Prozessschritte
- Flexible Modellierung der einzelnen Wareneingangsprozesse mit Wahrung der vollständigen Transparenz
- Integrierte Qualitätsprüfung mit den kundenspezifischen Folgeaktionen, je nach Prüfergebnis
- Dekonsolidierung von Mischpaletten



Abbildung 2.13: EWM Wareneingang im SAP Standard nach Lange u. a. [Lan+17]

- Definition und Integration logistischer Zusatzleistungen
- Statusmanagement ermöglicht einen Überblick über alle relevanten auszuführenden Schritte in der Anlieferung

Der von SAP gestellte Standard unterteilt den Wareneingangsprozess in SAP EWM in die in Abbildung 2.13 dargestellten Abschnitte.

Eine Einleitung des Wareneinganges erfolgt durch die Wareneingangsankündigungen. Diese wird durch Lieferavise, Bestellungen oder Produktionsaufträgen angekündigt. Hierdurch wird systemseitig die Anlieferung erfasst. Beginnend mit der Anlieferungserstellung im ERP System wird über das CIF eine Anlieferungsbenachrichtigung an das SAP EWM geschickt. Diese ist eine Replikation der ERP-Anlieferung. Dabei können für das EWM System zwei verschiedene Arten der Anlieferung unterschieden werden. Zum einen können Bestellungen mit einem Lagerzielort des EWM-Systems vorliegen und zum anderen kann eine Anlieferung im ERP-System auf einen Lagerort erfolgen, der vom EWM-System verwaltet wird. Angelieferte Waren können sowohl bestellte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe (RHB) oder aber auch produzierte Halb- oder Fertigwaren des eigenen oder eines verbundenen Unternehmens sein. Im Anschluss wird die Wareneingangsbearbeitung im EWM-System gestartet. Dieses bekommt über einen Barcode an der Palette z.B. die Menge, Charge oder Seriennummer der Güter übermittelt. Hierfür wird auf die Materialstammdaten zurückgegriffen, welche im ERP-System implementiert sind und an das EWM repliziert werden. Danach erfolgt, wenn notwendig ein Verpackungsprozess (z. B. Zusammenstellung der Güter im Cross-Docking).

Erst hiernach erfolgt die Buchung des Wareneingangs im SAP EWM, welche dann an das SAP ERP übermittelt wird. Die Einlagerung erfolgt anhand der Lagerstrategie des jeweiligen Unternehmens und erfordert sowohl eine Lageraufgaben- als auch eine Lagerauftragsbildung. Diese kann anhand verschiedenster Kriterien, die vorher im SAP EWM festgelegt worden sind, durchgeführt werden. Dabei unterstützt das SAP EWM verschiedenste Einlagerprozesse. Diese können manuell und papiergestützt, mittels Radio Frequency (RF) oder aber durch ein MFS durchgeführt werden. Jedoch unabhängig von der Art des Prozesses erfolgt im Anschluss eine Quittierung. Dies bedeutet, dass der Lagerorttyp des Materials im System vom Wareneingang auf den jetzigen Lagerort geändert wird, wodurch eine Umbuchung an das

ERP-System übermittelt wird. Beispielhaft nimmt dazu Anhang D.1 Bezug und stellt den Wareneingangsprozess mit unterschiedlichen Teilschritten dar. Ersichtlich ist insbesondere, dass die meisten Vorgänge des SAP EWM automatisiert im Hintergrund ablaufen.

## 2.5.2 Standard Warenausgangsprozess in SAP EWM

Auch der Warenausgangsprozess lässt sich mithilfe von SAP EWM steuern. Hierzu gehören alle Prozesse die von der Sammlung der Aufträge und Lieferungen bis hin zur Verladung der Waren in den LKW anfallen. Durch das SAP EWM werden im Warenausgangsprozess folgende wesentliche Funktionen unterstützt [vgl. Lan+17, S. 461 f.]:

- Definition kundenspezifischer Lagerprozessschritte.
- Kombinationsmöglichkeiten der Lagerprozessschritte unter Berücksichtigung des Lagerlayouts.
- Priorisierung des auszulagernden Warenbedarfs und Steuerung der Kommissionierung.
- Integrierter Ressourcenmanager zur Optimierung der Lagertätigkeiten.
- Bestimmung von Verpackungsstationen.
- Automatische Steuerung Logistischer Zusatzleistungen.
- Vollständige Bestandstransparenz.
- Statusmanagement zur Übersicht über alle notwendigen Schritte für jede Anlieferposition.

Ähnlich wie im Wareneingang erfolgt auch im Warenausgang eine Kommunikation zwischen SAP ERP und SAP EMW. Analog dazu wird zunächst der SAP Standard als Grundlage herangezogen (vgl. Abbildung 2.14).

Beispielhaft wird in Anhang E.1 das Aktivitätsdiagramm für den Ablauf des Standard-Warenausgangsprozesses gestellt. Hierzu folgt eine kurze Beschreibung zu einem möglichen Ablauf. Der Anstoß einer Auslieferung erfolgt durch einen Auslieferungsauftrag. Dieser teilt



Abbildung 2.14: EWM Warenausgang im SAP Standard nach Lange u. a. [Lan+17]

dem Lager einen Bedarf an Waren mit. Nach dem eine Auslieferung im SAP ERP erstellt wurde, wird der Prozess im SAP EWM angestoßen. Dieses beginnt anhand einer vorgegebenen Priorisierungsliste die Auslieferung zu strukturieren und in einer sogenannten Wellenbildung abzufertigen. Daraus ergibt sich ähnlich wie im Wareneingang die Lageraufgaben- sowie die Lagerauftragsbildung. Die daraus entstandenen Aufträge werden im entsprechenden Auslagerprozess durchgeführt und die Auslagerung des Materials quittiert. Im Anschluss kann ein Verpackungsprozess stattfinden, der an den ausgelagerten HUs durchgeführt wird. Daraufhin wird das Material ausgebucht und an das ERP-System übermittelt. Dort werden der Bestand und der Lagerort umgebucht.

### 2.5.3 Logistische Zusatzleistungen

Das SAP EWM erlaubt die Einbindung von Arbeitsplätzen in die Lagerverwaltung, die verschiedene Lagertätigkeiten wie z. B. Kommissionieren, Dekonsolidierung oder LZL durchführen. Als Beispiel soll im Folgenden der Prozess LZL betrachtet werden. Diese bestehen aus Leistungen, die das Unternehmen für einen Kunden vollbringt (wie z. B. das Verpacken von Ware in einem bestimmten Karton). Darüber hinaus kann die Leistung auch die Erstellung oder Zerlegung von Bausätzen beinhalten [vgl. Lan+17, S. 731 ff.]. Je nach Vertrag sind diese Leistungen dem Kunden in Rechnung zu stellen. Für die Erfassung des entsprechenden Zeit- und Materialaufwandes kann die Funktion in SAP EWM verwendet werden. Dabei kann die Tätigkeit des Arbeitsplatzes flexibel in die Prozesse Wareneingang und Warenausgang eingebunden werden. Die Erstellung und Durchführung einer LZL kann automatisch erfolgen oder manuell angelegt werden. Unabhängig von der Auslösemethode müssen weitere Stammdaten angelegt werden. Diese beinhalten die Produktgruppenarten und Produktgruppen, die LZL-Relevanz und die Packspezifikationen. Angestoßen wird die Durchführung von LZLs entweder im Wareneingang durch einen Anlieferungsauftrag oder im Warenausgang durch einen Auslieferungsauftrag. In der Folge wird der Auftrag mit Blick auf die Vorlage einer LZL-Relevanz und Packspezifikation geprüft. Ist dies der Fall wird die Ware zu einem vorher festgelegten Arbeitsplatz weitergeleitet und die jeweilige Tätigkeit dort durchgeführt und durch den Werker an das System bestätigt. Daraufhin wird die bearbeitete Ware wieder dem jeweiligen Prozess zugeführt (vgl. Anhang F). Die Durchführung von LZLs kann auch in Lagerinterne Prozesse eingebunden werden und verläuft dort analog. Eine weitere Betrachtung soll hier nicht weiter durchgeführt werden.

### **2.5.4 Umsetzung der Prozesse in Beispielfirmen**

Sowohl für den Wareneingang (siehe Anhang D.2 bis Anhang D.4) als auch den Warenausgang (siehe Anhang E.2 bis Anhang E.4) sind beispielhaft die Umsetzungen in drei Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen dargestellt. Diese stammen aus abgeschlossenen EWM-Projekten der Firma Salt Solutions AG. Ein solcher Detailgrad ist aber für die Umsetzung in dem Software-Tool nicht zu erwarten. Trotz der unterschiedlich durchlaufenen Prozesse ähneln sich die Abläufe. Dies folgt aus der Forderung der Unternehmen, dass die Implementierung von SAP EWM so nah am Standard wie möglich erfolgen soll. Unterschiede sind vor allem in der Verwendung der Arbeitsplätze ersichtlich. Daraus folgt für die Entwicklung des Software-Tools, dass sowohl für den Wareneingang als auch den Warenausgang die Auswahl und Reihenfolge der verschiedenen Arbeitsplätze bestehen soll. Der Durchlauf der einzelnen Prozesse geschieht jedoch anhand der Standard-Prozesse von SAP.

## **2.6 Vertrieb von ERP-Systemen durch IT-Dienstleister**

Im Weiteren soll auf den Vertriebsprozess von ERP-Systemen im Allgemeinen eingegangen werden. Beispiele werden vornehmlich auf SAP bezogen. Zunächst wird jedoch auf die Bedeutung und Auswirkungen von Netzeffekten eingegangen, welche insbesondere auf dem Software-Markt vorhanden sind. Weiterhin werden die Vertriebswege der Softwarehersteller betrachtet und zuletzt der Vertriebsprozess in Bezug auf den IT-Dienstleister und die beratene Organisation veranschaulicht.

### **2.6.1 Netzeffekte am Softwaremarkt im Bezug auf ERP-Systeme**

Der Entscheidungsprozess für oder gegen eine betriebswirtschaftliche Standardsoftware ist im Allgemeinen eine langfristige Entscheidung des Unternehmens für einen Anbieter. Nichtsdestotrotz implementieren Unternehmen Software, die nicht unbedingt den höchsten Nutzen für ihr eigenes Unternehmen stiftet. Dieser Effekt basiert auf der Annahme von Netzeffekten.

Netzeffekte bezeichnen die Wertsteigerung eines Produktes dadurch, dass andere Nutzer das gleiche Produkt verwenden. Je größer das Netzwerk sich ausbildet, desto besser ist dies für den einzelnen Anwender [vgl. BDH15, S. 21]. Somit kann eine Software mit höherem Basisnutzen auf dem Markt existieren, durch geringere Netzeffekte jedoch unattraktiver für den Anwender sein. Der Basisnutzen bezeichnet die eigentlichen Funktionalitäten der Software, die vom Nutzer angewendet werden. Des Weiteren beschreiben Buxmann, Diefenbach und Hess [BDH15] Netzeffekte als Argument von Anwendern dafür, dass diese sich für eine Software mit einem hohen Verbreitungsgrad entscheiden. Aus Sicht der Anwender besteht

bei der Entscheidung für einen großen Anbieter eine höhere Investitionssicherheit, da ein langfristiger Support für das Produkt bei einem solchen wahrscheinlicher ist.

Für den jeweiligen Konsumenten können direkte als auch indirekte Netzeffekte auftreten. Direkte Netzeffekte entstehen durch die Verwendung gemeinsamer Standards oder allgemeiner Technologien und bewirken eine vereinfachte Kommunikation zwischen den Anwendern. In der Automobilindustrie zeigt sich dies bei der Verwendung von ERP-Systemen. Dabei üben die mächtigeren Unternehmen Druck auf kleinere Partner in der Supply-Chain aus, kompatible oder gleiche Systeme zu verwenden, um den Austausch standardisierter Geschäftsdokumente zu vereinfachen.

Indirekte Netzeffekte bezeichnen zusätzliche Angebote, die sich aus der Nutzung des Produktes und von Zusatzleistungen zu diesem ergeben. Veranschaulichen lässt sich dies an der Zahl von Zusatzprodukten oder Modulen für Systemsoftware und der steigenden Anzahl an Beratern für IT-Lösungen. Ebenso lassen sich durch eine breitere Community Tipps zu Problemlösungen oder zum Umgang mit der Software einholen [vgl. BDH15, S. 21 ff.].

Im Falle einer hohen Verbreitung von Standardsoftware spielt für Konkurrenten und Nutzer der *Lock-In-Effekt* eine ebenso wichtige Rolle. Dieser bezeichnet die Bindung eines Unternehmens an eine Software, bei der ein Wechsel auf ein anderes Produkt nur mit vergleichsweise hohen Kosten (auch Switching Costs genannt) zu bewerkstelligen ist [vgl. BDH15, S. 29]. Bei der Implementierung eines ERP-Systems erfolgt auch eine Anpassung der Geschäftsorganisation an die Software, diese Prozesse müssten bei einem Wechsel auf einen anderen Anbieter ebenso angeglichen werden. Diese Switching-Costs steigen je länger ein ERP-System bereits in einem Unternehmen verwendet wird. Dies liegt an der starken Integration des Systems an das Nutzungsumfeld und den individuellen Anpassungen des Systems an den einzelnen Anwender. Daher erfolgt in der Praxis der Anbieterwechsel von einem ERP-System auf ein anderes nur äußerst selten [vgl. BDH15, S. 29].

Um in diesem Fall Unternehmen den Umstieg auf ein SAP-System zu erleichtern, bietet z. B. SAP seit 2005 den Wechsel von einem anderen Anbieter im Rahmen eines „Safe Passage Programs“ an. Hierbei ermöglicht SAP den Neukunden eine Transferierung ihres bisherigen Systems „mehr oder weniger bilanz- oder kostenneutral auf eine SAP-Implementierung“ [BDH15, S. 29]. Durch die Übernahme von Kosten (Projekt, Lizenzen, Hardware oder aber auch Schulungen) schafft SAP Anreize für Unternehmen einen Wechsel vorzunehmen. Diese Art der Neukundensubventionierung kann eingesetzt werden, um die eigene Wettbewerbsposition und Netzeffekte zu stärken.

## 2.6.2 Vertriebswege von Softwareherstellern

Ein Softwarehersteller kann im Allgemeinen seinen Vertrieb über zwei Wege durchführen, welche sich jedoch nicht gegenseitig ausschließen. Im direkten Vertrieb, werden die vom Unternehmen hergestellten Produkte auch von diesem verkauft. Demgegenüber übernehmen im indirekten Vertrieb externe Unternehmen diese Aufgabe. Anbieter von Standardsoftware und insbesondere von ERP-Systemen lassen ihre Produkte trotz eines hohen Grades an Komplexität auch indirekt vertreiben [vgl. BDH15, S. 87]. Die hohe Anzahl an Kunden könnte für einen Softwarehersteller im direkten Vertrieb hohe Kosten für Beratung und Serviceleistungen verursachen. Laut Homburg [Hom17] besteht jedoch vor allem im direkten Vertrieb die Möglichkeit Kundenbeziehungen zu stärken und Kundenloyalität aufzubauen. Auch hierin unterscheidet sich die Softwareindustrie von anderen Branchen, denn trotz der Ausübung des Vertriebs durch IT-Dienstleister lassen sich Kundenbeziehungen und -loyalität zu einem Produkt aufbauen und pflegen. Die Implementierung von komplexen Softwaresystemen erfordert „in aller Regel eine umfangreiche Beratung und Unterstützung der Kunden“ [BDH15, S.87] und diese wird bei einem großen Kundenstamm auch vom indirekten Vertrieb abgedeckt.

Ein wichtiger Punkt für Softwarehersteller und IT-Dienstleister ist die Gewährleistung eines Qualitätsstandards. Hierdurch soll eine hohe Zufriedenheit des Kunden und, durch Folgeaufträge, eine Bindung des Kunden an das Unternehmen erzeugt werden. Die Qualitätsstandards stellen darüber hinaus ein Leistungsversprechen dar, welches die Unsicherheit bei dem (Neu-)Kunden verringern soll. Hierzu kategorisiert SAP beispielsweise seine Partner in vier Gruppen (offenes Partnernetz, Silber-, Gold-, Platinum-Partner). Zudem können Unternehmen mit besonderen Kenntnissen „in einem bestimmten Bereich, einer bestimmten SAP-Lösung oder in einer bestimmten Branche“ [oVb] die Auszeichnung SAP Recognized Expertise erhalten.

## 2.6.3 Der Vertriebsprozess

Bei der Betrachtung des Vertriebsprozesses sind die beteiligten Parteien zu definieren. Auf der einen Seite steht der IT-Dienstleister und auf der anderen befindet sich die zu beratene Organisation. Die zu beratene Organisation steht immer für ein Unternehmen, welches die Einführung einer betriebswirtschaftlichen Standardsoftware im eigenen Betrieb plant (wie z. B. SAP ERP oder SAP EWM). Die Gründe hierfür können die generelle Einführung eines ERP-Systems oder eines Lagerverwaltungssystems, der Neubau eines Standorts, eine Modernisierung des Altsystems vom selben Anbieter oder aber der Umstieg von einem anderen Anbieter auf das neue System sein. Neben diesen Gründen kann die Veranlassung aber auch die Übernahme des Betriebs in einen Konzern sein und die Forderung die eigene Software

auf das im Konzern bereits verwendete System umzustellen. In jedem dieser Fälle handelt es sich um eine zeit- und kostenintensive Auswahl- und Implementierungsphase. Darüber hinaus bindet sich das Unternehmen langfristig an das Produkt und damit verbunden auch an den Hersteller. Im letzten Fall ist jedoch keine Auswahlphase vorhanden, da das zu verwendende System bereits vorgegeben ist.

Beide Parteien haben unterschiedliche Ansichtsweisen an die Anforderungen bzw. über Abbildungsgenauigkeit von Prozessen der Organisation innerhalb einer Standardsoftware wie SAP ERP. Die sich daraus ergebenden Probleme sollen im Folgenden kurz von beiden Seiten betrachtet werden. Dies soll als Grundlage dafür dienen die Anforderungen an eine Software zur Unterstützung des Vertriebs von IT-Dienstleistern herauszustellen, um diesen Problemen schon Vorzugreifen und Entgegenzuwirken. Grundsätzlich versuchen, aus rein wirtschaftlicher Sicht, beide Geschäftspartner aus dem Vertrag ein für sich optimales Preis-Leistungs-Verhältnis zu erzielen. In der Praxis werden dabei zwei Vertragstypen unterschieden: zum einen Fixed-Price-Verträge und zum anderen Time-Machine-Verträge [vgl. Mor14, S. 186]. Der erste Typ findet in der Praxis häufiger Verwendung. Hierbei wird unabhängig von aufgewendeter Zeit und Aufwand ein fester Preis berechnet. Letzterer legt die Bezahlung des IT-Dienstleisters nach aufgewendeter Zeit fest.

Um den Entscheidungsprozess der Softwareauswahl zu unterstützen wurden eine Vielzahl von Vorgehensmodellen entwickelt. Dabei erfolgt eine grobe Unterteilung der Phasen in die Anbieter- bzw. Systemauswahl sowie der betrieblichen Einführung [vgl. Gro10, S. 315 f.]. Eine Einführung eines ERP-Systems soll im Weiteren nicht betrachtet werden, daher erfolgt keine Betrachtung dieser Phase. Ebenso wird die Systemauswahl als gegeben angesehen, da der Fokus der Arbeit auf den Modulen SAP EWM liegt.

Somit wird lediglich die Phase der Anbietersauswahl aus Sicht des Unternehmens betrachtet. Diese ist angelehnt an das von Gronau [vgl. Gro10, S. 316] vorgestellte Vorgehensmodell. Die einzelnen Abschnitte der Anbietersauswahl können aus Abbildung 2.15 abgelesen werden. Der IT-Dienstleister wird in der Screening-Phase des Unternehmens hinzugezogen. In der Screening-Phase werden in Frage kommende Anbieter von der betriebswirtschaftlichen Standardsoftware kontaktiert und mittels Fragebogen auf die für das Unternehmen wichtigsten Anforderungen untersucht. Ergibt sich aus dem beantworteten Fragebogen für die beratene Organisation, dass das Produkt des IT-Dienstleisters in Frage kommt, wird dieser zu einem Vertriebsgespräch eingeladen. In vielen Fällen soll für dieses erste Treffen eine Demonstration der Software anhand von Daten des Unternehmens angefertigt werden. Dafür bekommt der IT-Dienstleister die notwendigen Informationen bzw. das Pflichtenheft. Anhand diesem kann er sich Vorbereiten und Überprüfen welche Funktionen mit Hilfe der Software durchführbar sind. Innerhalb des Vertriebsgespräches soll dem potenziellen Kunden somit ein Eindruck der Funktionsweise der Software gegeben werden. An diesem Punkt soll die Software zur

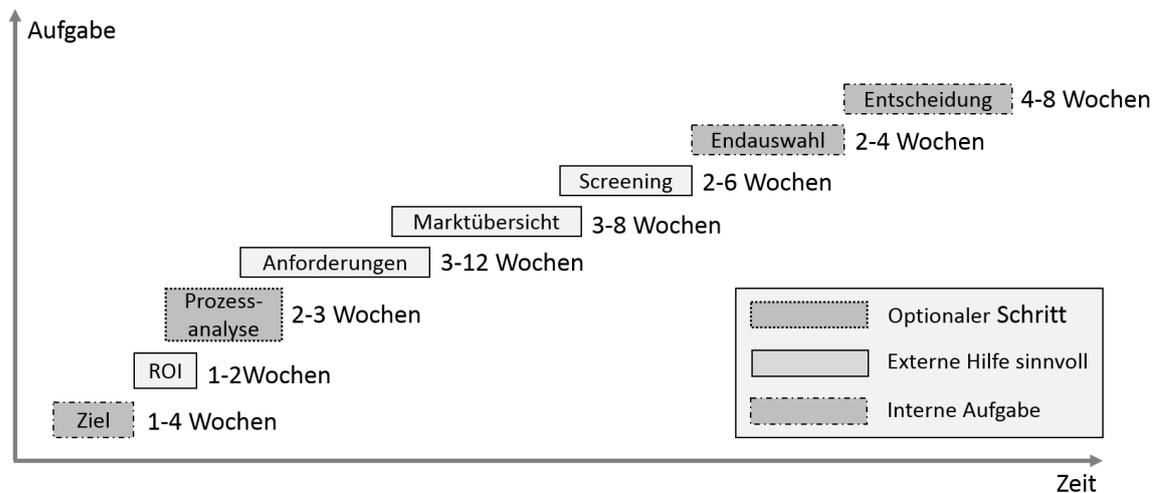


Abbildung 2.15: Phasen der Anbietersauswahl bei der Implementierung von ERP-Systemen nach Gronau [vgl. Gro01, S. 101]

Unterstützung des Vertriebs von IT-Dienstleistern zum Einsatz kommen, zu der dieses Konzept erstellt wird. Darüber hinaus fordert der Kunde von dem IT-Dienstleister umfangreiches Wissen sowohl über das Software-Produkt, als auch die jeweilige Branche in der das Unternehmen tätig ist [vgl. Mor14, S. 171]. Aus Sicht des Vertriebs des IT-Dienstleisters besteht ein zentraler Bestandteil der Aufgaben in der Aufdeckung der Anforderungen der beratenen Organisation. Dabei werden reale Arbeitsabläufe mit den Prozessen in der Standardsoftware abgeglichen. An den Stellen an denen Abweichungen festgestellt werden muss entschieden werden, ob die Prozesse an die Software angepasst werden oder aber die Software durch Customizing angepasst wird [vgl. Mor14, S. 169 ff.].

Diese Entscheidung wird grundlegend durch zwei Faktoren beeinflusst. Zum einen erfordert der Zeitdruck innerhalb von Projekten Lösungen, die innerhalb dieses Zeitrahmens durchführbar sind. Zum anderen sind die Kosten der Anpassung abzuwägen. Diese beiden Faktoren führen häufig dazu, dass sich für Lösungen nahe am Standard entschieden wird. Da Änderungen der betriebswirtschaftlichen Standardsoftware in der Regel einen höheren Zeitaufwand und höhere Kosten für das beratene Unternehmen bedeuten [vgl. Mor14, S. 182 ff.]. Daher soll sich auch das Konzept des Software-Tools an den Standardprozessen orientieren. Weiterhin spielt für den Vertrieb des IT-Dienstleisters der Zeitfaktor eine wichtige Rolle. Je nach Kunden unterscheidet sich der zeitliche Aufwand. Er hängt davon ab, ob z. B. Workshops oder ein gemeinsamer Besuch eines Beispielunternehmens durchgeführt wird. Diese Methoden dienen dazu dem potenziellen Kunden ein besseres Verständnis für das Programm zu geben.

# 3 Grundlagen der Simulation

## 3.1 Modelle im Kontext der Simulation

Sowohl im öffentlichen als auch im wissenschaftlichen Bereich werden die Begriffe Modell und Simulation verwendet. Um ein einheitliches Verständnis der Begriffe herzustellen werden diese im Folgenden auf der Grundlage der Begriffsdefinitionen der VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, [VDI14] definiert. Grundlegend werden die Begriffe Modell, Simulation, Visualisierung, Animation und Emulation definiert und voneinander abgegrenzt. Weiterhin wird auf die Verwendung und Bedeutung von Simulationswerkzeugen eingegangen.

Der Begriff Modell wird bereits seit dem 10. Jahrhundert mit der Bedeutung Muster, Form, Vorbild verwendet [vgl. Pet98, S. 15]. Hierdurch ergibt sich bereits eine einheitliche Basis des Verständnisses für den Modellbegriff. In der weiteren Entwicklung bildete sich laut Peters eine Doppelbedeutung heraus. Diese sieht auf der einen Seite „das Modell als Abbild von etwas und als Vorbild für etwas“ und auf der anderen Seite das „Modell als reale, stoffliche Konstruktion und als Gedankenkonstruktion“ [Pet98, S. 17]. Als wissenschaftliche Definition ist diese Beschreibung jedoch noch nicht hinreichend präzise und wird nur als Grundlage verwendet.

Darauf aufbauend gibt es in den verschiedenen wissenschaftlichen Zweigen differierende Auffassungen über Modelle. Für die vorliegende Arbeit wird jedoch die allgemeine Modelltheorie von Stachowiak [Sta73] zur Betrachtung herangezogen. Auf dieser basiert ebenfalls die VDI 3633. Ein Modell wird im Rahmen der Untersuchung realer Systeme hinsichtlich spezifischer Aufgaben genutzt, deren Durchführung am Original zu aufwendig oder nicht möglich ist. Es ist jedoch darauf zu achten, dass bestimmte Sachverhalte des realen Systems durch das Modell wiedergegeben werden müssen [vgl. Gut+17, S. 14 f.]. Ein Modell beschreibt dabei nach der VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, eine „Nachbildung eines geplanten oder existierenden Systems mit seinen Prozessen in einem anderen begrifflichen System“ [VDI14, S. 3]. Die Unterschiede zum Original sind abhängig von den untersuchungsrelevanten Eigenschaften, welche innerhalb bestimmter Systemgrenzen zu betrachten sind [VDI14, S. 3]. Die einzelnen Bausteine eines Modells werden in diesem Zusammenhang als *Modellelemente* bezeichnet. Erkenntnisse aus dem jeweiligen Modell können auf das betrachtete Original übertragen werden. Weiterhin lassen sich von demselben System verschiedene Modelle anfertigen, jedoch kann ein Modell auch falsch für die jeweilige Aufgabenstellung sein.

Bei Stachowiak lassen sich Modellarten anhand der Hauptmerkmale: Abbildung, Verkür-

zung und Pragmatismus einteilen. Dies bedeutet, dass Modelle stets Abbildungen bzw. Repräsentationen von einer natürlichen oder künstlichen Sache sind. Das betrachtete Original kann jedoch ebenfalls ein Modell sein. Der Verkürzungscharakter beschreibt die Eigenschaft, dass innerhalb des Modells nicht alle Elemente des Originals wiedergegeben werden müssen, sondern nur jene Charakteristika, welche den Modellerstellern oder -nutzern relevant erscheinen. Dies setzt jedoch voraus, dass der Modellersteller alle Einzelheiten des Originals kennt. Durch den Fokus auf die untersuchungsrelevanten Eigenschaften wird in den Ingenieurwissenschaften eine Verkürzung des Modells vorgenommen. Die pragmatische Eigenschaft bezeichnet, dass Modelle nicht eindeutig ihrem abzubildenden Original zuzuordnen sind. Dies wird dadurch erfüllt, dass ein Modell nicht nur die (abstrakte) Abbildung von einer Sache ist, sondern auch für eine natürliche oder künstliche Person angefertigt wird. Zudem findet die Erstellung des Modells innerhalb eines bestimmten Zeitraums statt und erfüllt dabei einen bestimmten Zweck [vgl. Sta73, S. 131]. Dieser von Stachowiak [Sta73] geprägte *Modellbegriff* entspricht auch heutzutage noch dem Verständnis der Ingenieurwissenschaften [vgl. Gut+17, S. 14].

Wie bereits angedeutet gibt es in der Literatur verschiedene Arten von Modellen. Die Einteilungen der Modelle können sich je nach Betrachtungspunkt unterscheiden. So unterteilen die Wirtschaftswissenschaften die Arten in Beschreibungs-, Prognose-, Entscheidungs- oder Simulationsmodelle. Letzteres bezeichnet Wenzel [vgl. Wen18, S. 2] als ein für die Simulation zweckgebundenes Modell, welches durch die Durchführung von Experimenten gekennzeichnet ist. Darüber hinaus können Modelle noch nach Modellzweck, dem modellierenden Gegenstand oder der Beschreibungsform kategorisiert werden.

Im Bezug auf die Aufgabenstellung der Arbeit werden die Modelle im Weiteren als Computermodell oder Simulationsmodell angenommen, welche mithilfe von Simulationswerkzeugen erstellt werden. Innerhalb von Simulationswerkzeugen werden Modelle als digitale Modelle betrachtet und häufig zur Visualisierung von Prozessen eingesetzt. Insbesondere im Rahmen der Digitalen Fabrik<sup>1</sup> besteht der Wunsch „eine vollständige digitale Repräsentation aller Produkte, Prozesse und Ressourcen des Produktionssystems (Hanßen und Riegler, 2002) zu erreichen und die einmal entwickelten Modelle immer wieder zu verwenden“ [vgl. BGW18, S. 84]. Diese Wiederverwendbarkeit von Modellen steht im Widerspruch zu dem von Stachowiak bezeichneten pragmatischen Merkmal, dass ein Modell einem Original nicht eindeutig zuzuordnen ist. Aus diesem Widerspruch resultieren einige Probleme, welche nur mithilfe von „Modellierungskonventionen und Vorgehensmodellen, Interoperabilitätskonzepten und

---

<sup>1</sup>Die Digitale Fabrik bezeichnet die Vernetzung digitaler „Modelle, Methoden und Werkzeuge - u.a. der Simulation und 3D-Visualisierung - , die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt“ [VDI08, S. 3].

Standardisierungsbestrebungen“ [BGW18, S. 84] entgegengewirkt werden kann.

### 3.1.1 Arten und Klassifikation von Modellen

Die obigen Ausführungen geben einen Ausblick über die Vielzahl an Modellen. Zur besseren Unterscheidung lassen sich diese in die Modell- und Systemeigenschaften unterteilen. Diese Klassifikationskriterien lassen sich der Abbildung 3.1 entnehmen.

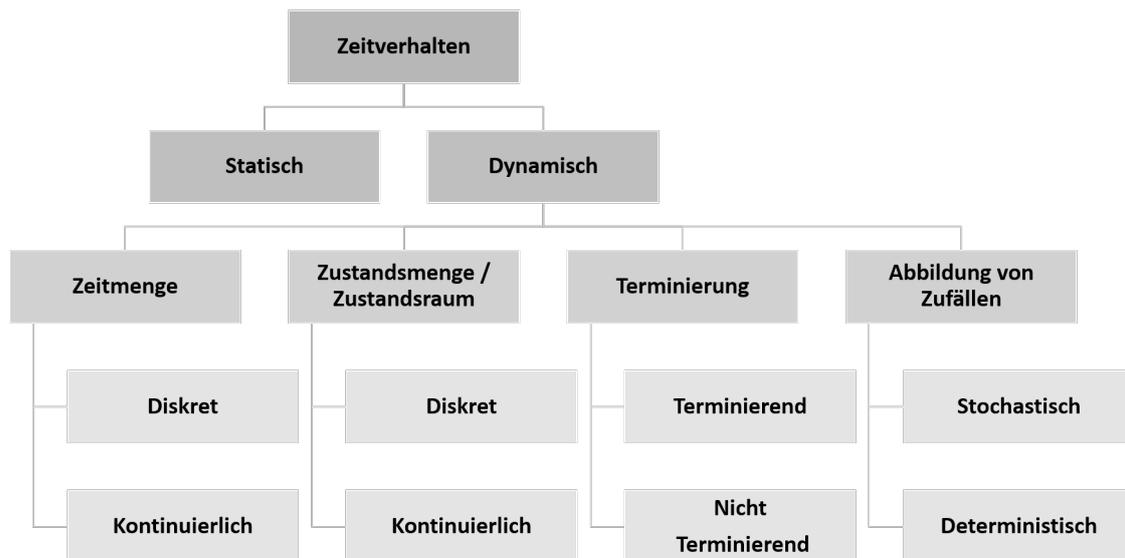


Abbildung 3.1: Übersicht über System- und Modelleigenschaften von Systemen und Modellen nach Gutenschwager u. a. [vgl. Gut+17, S. 16]

Eine Unterscheidung der Eigenschaften wird insbesondere in Betrachtung des Zeitverhaltens durchgeführt. Dieses kann entweder statisch oder dynamisch sein. Für die weitere Betrachtung spielen die statischen Systeme keine Rolle und werden deswegen nicht weiter erörtert. Dies resultiert daraus, dass die Betrachtung der kundenindividuellen Szenarien immer über einen bestimmten Zeitraum erfolgt. Dynamische Systeme und Modelle lassen sich in verschiedenen miteinander kombinierbaren Aspekten unterscheiden. Sowohl die Zeit- als auch die Zustandsmenge können diskret oder aber kontinuierlich sein. Den kontinuierlichen Systemen liegen dabei die reellen Zahlen einschließlich der Null zugrunde. Diskrete Systeme hingegen sind durch eine abzählbare Menge  $t_1, t_2, t_3, \dots$  mit einem gleichbleibenden Abstand zwischen den einzelnen Punkten  $t_1$  und  $t_{n+1}$ ,  $n \in \mathbb{N}$ , gekennzeichnet. Darüber hinaus können Zeit- und Zustandsmenge in Beziehung zueinander gesetzt werden, wodurch sich vier Zustandsarten ergeben [vgl. Gut+17, S. 16 f.]

1. Zeit- und Zustandsmenge kontinuierlich,

2. Zeitmenge kontinuierlich, Zustandsmenge diskret,
3. Zeitmenge diskret, Zustandsmenge kontinuierlich,
4. Zeit- und Zustandsmenge diskret.

Für die vorliegende Arbeit und unter Beachtung des Einsatzes von Simulationswerkzeugen ist insbesondere Fall 2 interessant. Bei der Untersuchung von Modellen über eine kontinuierliche Zeitmenge und mit einer diskreten Zustandsmenge, kann ein Ereignis  $Z$  zu jedem beliebigen Zeitpunkt  $T$  eintreten. Dies bildet einen wichtigen Teil für die ereignisdiskrete Simulation, welche auch in der Simulationssoftware Verwendung findet [vgl. Gut+17, S. 52 ff.]. Eine ausführliche Betrachtung zur ereignisdiskreten Simulation lässt sich bei Gutenschwager u. a. [Gut+17, S. 51 ff.] nachlesen. Weiterhin können dynamische Systeme terminierend oder nicht terminierend sein. Terminierende Systeme unterliegen dabei Start- und Endbedingungen, die unabhängig von vorherigen Vorgängen sind. Bei nicht terminierenden Systemen fehlen diese Zustände [vgl. Gut+17, S. 18]. Im Rahmen von Simulationssoftware sind beide Arten der Terminierung vorhanden. Ohne eine Datengrundlage sind die erstellten Modelle jedoch terminierend, da das System bei jedem erneuten Start leer ist. Als weiterer Faktor können Zufälle innerhalb von Systemen und Modellen abgebildet werden. Diese sind entweder stochastisch oder aber deterministisch. Deterministische Systeme unterliegen keiner Zufallshäufigkeit, d.h. der Folgezustand eines Ereignisses ist exakt zu bestimmen. Bei stochastischen Systemen können hingegen zufällige Folgeereignisse eintreten [vgl. Gut+17, S. 18].

### 3.1.2 Modellierung

Die Überführung eines geplanten oder existierenden Systems in ein Modell wird Modellierung, Modellaufbau, Modellbildung oder Modellerstellung genannt [VDI18]. Dabei kann es sich sowohl um reale oder auch gedankliche Systeme handeln. Eingegrenzt durch die Systemumgebung bilden alle Systemelemente, mit ihren zugehörigen Eigenschaften, eines zu betrachtenden Systems, die Grundlage für das Modell [vgl. Gut+17, S. 18 f.]. Einen hohen Einfluss auf die Qualität des Modells hat dabei der gewählte Modellierungsansatz, der Detaillierungsgrad und der Modellierer selbst [vgl. Wen+08, S. 125]. Einerseits ist dies von der jeweiligen Aufgabenstellung abhängig, andererseits trägt der Modellierer mit seiner Erfahrung und Expertise maßgeblich zu der Qualität eines Modells bei. Unabhängig von diesen Einflussfaktoren sollten die von Becker [vgl. Bec98, S. 4 ff.] formulierten Grundsätze ordnungsgemäßer Modellierung beachtet werden:

**Richtigkeit:** Korrekte Abbildung von Verhalten und Struktur des realen Systems.

**Relevanz:** Nur für die Aufgabenstellung relevante Eigenschaften des Systems sollen modelliert werden.

**Klarheit:** Das Modell ist klar strukturiert, übersichtlich und lesbar.

**Vergleichbarkeit:** Andere Modelle liefern dieselben Ergebnisse.

**Systematischer Aufbau:** Die Modellerstellung ist nachvollziehbar und basiert auf logischen Grundsätzen.

Zu Beginn der Modellierung wird das System analysiert, um mittels eines Konzeptmodells eine Grundlage für die darauf aufbauenden Schritte zu schaffen [vgl. Wen+08, S. 125]. Das zu betrachtende Original wird dabei von der Systemumgebung, welche nicht von dem Modell aufgenommen wird, umschlossen. An diesen Systemgrenzen bestehen Eingangs- und Ausgangsgrößen, die zu einer wechselseitigen Wirkung von Modell und Umgebung führen. Für die Übertragung in ein Modell muss geprüft werden, welche Elemente des Systems für die jeweilige Aufgabenstellung benötigt. Dabei können

- Systemelemente reduziert,
- mehrere Systemelemente in einem Modellelement zusammengefasst oder auch
- ein Systemelement auf mehrere Modellelemente aufgeteilt

werden [vgl. Gut+17, S. 19]. Die bereits erwähnten Eingangs- und Ausgangsgrößen müssen in dem Modell durch Modellelemente mit einem entsprechenden Verhalten an den Grenzen aufgenommen werden. Bei der Übertragung in ein ausführbares Computermodell sind „die Modellelemente, ihre Beziehungen und Attribute in einem Programm abzubilden“ [Gut+17, S. 20]. Dabei müssen nicht notwendigerweise alle Werte zu einem Attribut vorliegen. Weiterhin können diese Werte von außen durch Parameter belegt werden. Dieser Vorgang der *Parametrisierung* kann sowohl manuell oder aber automatisiert (z. B. über Datenbanktabellen) erfolgen. Eingabewerte, welche in das Computermodell eingegeben werden, bezeichnet man als Eingangsdaten. Demgegenüber stehen die Ergebnisdaten, welche Ausgabedaten des Programms sind.

Aufbauend auf der Systemanalyse werden nicht formale Beschreibungen präzisiert, so dass diese ohne weitere Erklärungen verständlich sind. Hierin werden auch logische Zusammenhänge aufgezeigt. Daraus resultiert das formale Modell. Präzise Ablaufbeschreibungen können anhand von Beschreibungsmitteln des Softwareentwurfs (z. B. Pseudocode, Nassi-Schneidermann-Diagramm, Programmablaufplan) eingesetzt werden. Zuletzt wird das formalisierte Modell in ein Simulationsmodell mithilfe eines Simulationswerkzeuges umgewandelt. Je nach verwendetem Simulationswerkzeuges ist ein Wechsel des Beschreibungsmittels

wahrscheinlich. So könnte die Logik in eine für das Simulationswerkzeug gängige Programmiersprache umgewandelt werden. Darüber hinaus ist auf die korrekte Dokumentation bei Abweichungen zu achten, die nicht direkt aus dem Modell ersichtlich sind. Dies könnten beispielsweise Rüstvorgänge sein, die vom Tool nicht abgebildet werden können und nur als Stillstandszeit der Maschine angezeigt werden [vgl. Gut+17, S. 155 ff.].

## 3.2 Simulation

Im weiteren Sinne des Begriffes ist Simulation das Nachstellen einer bestimmten Situation bzw. das Vorausberechnen des Auftretens eines bestimmten Ereignisses [vgl. Bun+13, S. 1]. Für die vorliegende Arbeit bezieht sich Simulation auf „das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten gezielter Experimente mit einem Simulationsmodell“ [VDI14, S. 3]. Aufgrund der vollzogenen Berechnungen innerhalb von Simulationen werden diese Untersuchungen heutzutage nahezu ausschließlich durch Computersimulationen durchgeführt. Daher wird sich im Folgenden hierauf bezogen, der Begriff jedoch auf Simulation verkürzt. Im Laufe der vergangenen Jahre hat diese einen hohen Stellenwert in der Planung von komplexen Produktions- und Logistiksystemen erhalten. Dies zeigt sich auch dadurch, dass Simulation in der Literatur als Methode benannt wird, um eine Absicherung und Nachvollziehbarkeit der Planungsergebnisse zu erzielen [vgl. Wen+08, S. 1]. Weiterhin bemerkt Wenzel [vgl. Wen18, S. 30], dass Simulation als „modernes modellgestütztes Analysewerkzeug etabliert“ ist. Durch die gesteigerte Akzeptanz von Simulation in den Unternehmen reichen die Anwendungsmöglichkeiten von der „Unterstützung im Planungsprojektablauf, der Integration der Simulation in PPS/ERP - oder Warenwirtschaftssysteme über die Personalqualifizierung bis hin zu simulationsgestützten Assistenzsystemen“ [Wen18, S. 29].

Die VDI 3633, Blatt1, definiert Simulation als das „Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierbaren Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind“ [VDI14]. Im Gegensatz zu analytischen Methoden kann die Simulation, systeminterne Beziehungen und Wechselwirkungen über einen Zeitraum betrachten und unter „Berücksichtigung stochastischer (zufälliger) Aspekte“ [Wen+08, S. 1] das Verhalten des Systems nachbilden. Dabei ist in der Simulation der Experimentcharakter des Modells ein herausstechendes Merkmal. Mithilfe der Simulationstechnik können Zustände untersucht werden, die am realen System zu zeitintensiv, risikobehaftet oder aber kostenintensiv sind bzw. ein reales System nicht existent ist [vgl. VDI18, S. 9]. In Anbetracht immer kürzerer Produktlebenszyklen und stetig komplexer werdenden Produktionssystemen, trägt der Einsatz von Simulationen zudem zur Verbesserung der Planungsqualität bei. Bevor sich jedoch für die Anfertigung einer Simulation entschieden wird, sind

die Leitsätze zur ordnungsgemäßen Simulation zu berücksichtigen, die im Leitfaden der Arbeitsgemeinschaft Simulation in Produktion und Logistik([ASI97]) festgehalten worden sind und in die VDI 3633, Blatt 1, [VDI14, S. 6] übernommen wurden. Diese unterstützen eine möglichst effektive und effiziente Planung und Durchführung einer Simulation und lauten im Einzelnen:

- Simulation stets vor Investition.
- Simulation setzt vorherige Zieldefinition und Aufwandsabschätzung voraus.
- Vor der Simulation analytische Methoden ausschöpfen.
- Simulation ist kein Ersatz für Planung.
- Die Abbildungsgenauigkeit ist nicht so detailliert wie möglich, sondern so detailliert wie zur Zielerfüllung erforderlich.
- Die Ergebnisqualität von Simulationsexperimenten kann nicht besser sein als die dem Simulationsexperiment zugrunde liegenden Informationen, das heißt, Simulationsergebnisse sind wertlos oder irreführend, wenn die Datenbasis fehlerhaft ist oder aber die Ergebnisse falsch interpretiert werden.
- Simulationsergebnisse können nur so gut sein, wie die Zusammenarbeit innerhalb des an der Simulationsstudie beteiligten Personenkreises.

In Anlehnung an die Definition von Modellen, wird durch Abstraktion ein reales System in einem Simulationsmodell abgebildet. An diesem werden verschiedene (Simulations-) Experimente durchgeführt und in formalen Ergebnissen festgehalten. Diese Ergebnisse lassen sich auf das reale System übertragen und es können Rückschlüsse auf ebendieses gezogen werden. Durch Variation der Parameter können weitere Experimente am Simulationsmodell durchgeführt und somit weitere Erkenntnisse gezogen werden. Hieraus ist ersichtlich, dass durch die Simulation alleine keine Planung oder Optimierung des realen Systems entsteht. Eine Verbesserung der Elemente kann nur durch die Folgerungen auf das reale System erreicht werden. Hierzu stellt Bungartz u. a. [Bun+13, S. 2], ähnlich wie andere Autoren, klar: „Simulationen ergänzen theoretische Analyse und Experimente, sie ersetzen sie jedoch keinesfalls“. Deshalb ist immer abzuwägen, unter welchen Umständen sich die Methode Simulation besonders einsetzen lässt. Weiterhin definiert Rabe, Spieckermann und Wenzel [vgl. RSW08, S.16] eine Aufgabenstellung immer dann als simulationswürdig, wenn:

1. ausschließlich Simulation als Methode zur Lösungsermittlung eingesetzt werden kann,

2. die Lösung mit anderen mathematischen Verfahren zwar möglich wäre, ein Simulationsmodell die Lösung aber wesentlich erleichtert oder aber
3. besondere Anforderungen bezüglich Kommunikation und Visualisierung der Ergebnisse gestellt werden.

Da für die Erstellung von Computermodellen Simulationswerkzeuge verwendet werden müssen, wird auf diese im Folgenden eingegangen.

### 3.2.1 Simulationswerkzeug

Simulationswerkzeuge (oder auch Simulationsprogramm, Simulationstool, Simulationssoftware) bezeichnen Programme, die eine Simulationsstudie insbesondere in den Phasen „Implementierung“ und „Experimente und Analyse“ unterstützen. Hauptfunktionen eines Simulationswerkzeuges sind die „Erstellung eines lauffähigen Simulationsmodells einschließlich aller Steuerungen und stochastischer Einflüsse (Zufälligkeiten) sowie in der Umsetzung der Ereignisverwaltung zur Durchführung von Simulationsläufen“ [vgl. Gut+17, S. 219]. Darüber hinaus werden je nach eingesetztem Werkzeug verschiedene Verifikations- und Validierungstechniken eingesetzt. Auf diese wird hier nicht näher eingegangen, da diese stark abhängig von dem gewählten Werkzeug sind. Ebenso wird keine Betrachtung der Entstehung und Entwicklung vorgenommen, diese kann der interessierte Leser bei Gutenschwager u. a. [Gut+17, S. 219] oder Noche und Wenzel [NW00] nachlesen.

Simulationswerkzeuge klassifizieren sich in Simulationssprachen, Simulatoren und Simulatorentwicklungsumgebungen. Die Simulationssprache ist meistens eine einfache Programmiersprache, welche durch Zusatzfunktionalitäten für das Simulationswerkzeug erweitert wurde. Das Simulationsmodell wird mittels einer Programmsyntax beschrieben und durch einen Compiler übersetzt. Darüber hinaus gibt es die Simulatorentwicklungsumgebung, welche Funktionalitäten für die Entwickler bereit stellt und in der Regel nicht für den Endnutzer zugänglich ist. Sie dient dazu neue Simulatoren bereit zu stellen. Simulatoren sind schließlich eigenständige Programmpakete und werden häufig auch als Simulationswerkzeug oder Simulationsinstrument bezeichnet. Diese beinhalten den „Simulatorkern, interaktive Modellierungshilfen, vordefinierte Modellbausteine, Datenverwaltung und Statistiktools“ [Wen18, S. 17]. Entsprechend dieser Definition arbeitet das Simulationstool als eigenständiges Programm, welches das in der Eingabedatei befindliche Simulationsmodell einliest und verarbeitet. Eine Unterteilung kann in *offene* und *geschlossene* Programme vorgenommen werden. Innerhalb der offenen Simulationswerkzeuge können neue Bausteine oder Funktionen je nach Anwendungsfall hinzugefügt werden. Somit können spezifische Lösungen erarbeitet werden. Demgegenüber bieten geschlossene Simulationswerkzeuge keine Erweiterungsmaß-

nahmen und besitzen lediglich einen Standardkatalog an Funktionen und Bausteinen. Darüber hinaus gibt es auch weniger offene Simulationstools die z.B. nur eine Erweiterung der Bausteine zulassen, aber keinen Zugriff auf die Funktionalitäten bieten [vgl. Gut+17, S. 222 f.].

Die einzelnen Werkzeuge sind abhängig von dem jeweiligen Modellierungskonzept. Aus diesem ergeben sich auch der Zeitaufwand und die Eignung für die jeweilige Aufgabe. Die verschiedenen Konzepte lassen sich einteilen in Sprachkonzepte, bausteinorientierte, objektorientierte sowie theoretische Modellierungskonzepte.

In Produktion und Logistik sind Bausteinorientierte Modellierungskonzepte weit verbreitet und werden im Folgenden näher betrachtet. Die anderen Konzepte sollen im Rahmen dieser Arbeit nicht näher erörtert werden und können bei Gutenschwager u. a. [Gut+17] nachgelesen werden. Bausteinorientierte Modellierungskonzepte enthalten in einer Bausteinbibliothek vorgegebene Modellelemente mit deren Hilfe ein Modell aufgebaut werden kann. Die Bausteine („Building Blocks“) können frei miteinander kombiniert werden und enthalten in der Regel bereits „fest definierte Zustände und Zustandsübergänge sowie ggf. eine interne Ablauflogik“ [Gut+17, S. 71]. Durch die Veränderung von Parametern über Eingabemasken können Bausteine an das jeweilige Modell angepasst werden. Darüber hinaus sind „definierte Mechanismen für den Austausch von Daten, insbesondere auch für die materialflusstechnische Verknüpfung untereinander“ [Gut+17, S. 71] vorgegeben.

Charakterisiert werden die Bausteine darüber, ob sie fest an einem Ort (z. B. Fördertechnik) oder mobil (z. B. Gabelstapler) in dem Modell sind. Sie können sowohl physische Objekte repräsentieren, oder aber im Rahmen von Steuerungen, Störkonzepten oder Personaleinsatzstrategien logische Aspekte darstellen. Eine Parametrisierung ist bei diesen häufig nicht möglich und die entsprechende Logik muss durch Skriptsprachen oder Entscheidungstabellen integriert werden. Ebenso können Modellelemente zeitlich begrenzt im System auftreten. Während eines Simulationslaufes betreten und verlassen diese temporären Bausteine das Modell (z. B. HUs entstehen an den Systemgrenzen und werden dort auch wieder gelöscht). Darüber hinaus lassen sich mithilfe der Bausteine Prozesse, wie z. B. „verteilen“ oder „kommissionieren“ darstellen. Diese besitzen keine geometrischen Informationen und finden auch keine Berücksichtigung im Layout. Im Gegensatz dazu lassen sich technikorientierte Bausteine maßstabsgetreu abbilden und können in 3D-Visualisierungen einen hohen Detailgrad aufweisen. Über Parameter lassen sich technische Daten (z. B. Abmessungen, Geschwindigkeit, etc.) der Bausteine einstellen [vgl. Gut+17, S. 71 f.]. Die meisten Simulationstools ermöglichen eigene Bausteine zu erstellen oder die Funktionsweisen von Bestehenden anzupassen. Dafür wird eine Programmierschnittstelle in dem Simulationstool bereitgestellt. Nichtsdestotrotz hat der Nutzer jedoch bei der Verwendung der Bausteine darauf zu achten, ob die Funktionsweise des Bausteins den eigenen Anforderungen entspricht und hat dies

jeweils im eigenen Modell zu validieren.

Anhang G zeigt einen Auszug an Bausteinen des Simulationswerkzeuges Demo3D, welche standardmäßig von diesem Programm zur Verfügung gestellt werden. Zu diesen gehören u.a. Rollen- sowie Kettenförderer, Behälterfördertechnik (BFT), Hub- und Drehtische, Lift für Paletten oder Behälter, Regale, Regalgasse mit Regalbediengerät (RBG), Gabelstapler und Personen. Jedoch besitzen diese in der Regel nur eine grundlegende Steuerung. Das bedeutet, dass eine Ladung die auf die Förderer aufgesetzt wird zwar in die entsprechende Richtung weiterfährt, aber am Ende entweder von dem Förderer hinunter fällt oder darauf stehen bleibt. RBG, Gabelstapler und Menschen bewegen sich ohne weitere Verknüpfungen nicht in dem jeweiligen System. Dies bedeutet, dass die Verbindungen und somit auch die Steuerung von einem Menschen manuell hinterlegt werden muss. Darüber hinaus lassen sich auch durch geometrische Formen (Kugel, Würfel, Zylinder, etc.) eigene Bausteine erstellen.

Wie bisher gezeigt wurde, können Simulationswerkzeuge eine Vielzahl an Funktionalitäten und umfassende Bausteinbibliotheken beinhalten. Zudem wird mittels Schnittstellen auch die Integration von z. B. „Datenbanken oder Werkzeugen zur statistischen Analyse, zur Animation oder zu CAD“ [Gut+17, S. 221] ermöglicht. Insbesondere die Animation ist zu einem festen Bestandteil in vielen Simulationswerkzeugen geworden und wird in Abschnitt 3.2.3 behandelt. Entweder ist sie direkt integriert oder über spezielle Komponenten angegliedert. Hierbei ist es vom jeweiligen Simulationsprogramm abhängig, ob eine Interaktion mit dem Modell während der Animation durchgeführt werden kann. Eine Mehrheit der auf dem Markt befindlichen Simulatoren verwendet gegenwärtig die Online-Animation (d. h. die Darstellung der Animation gleichzeitig zum Simulationslauf). Über die CAD-Schnittstelle ist es möglich Grundrisse von Firmen, mit z. B. allen vorhandenen Fördertechniken und Regalen, oder aber komplexe und nicht standardisierte Maschinen zu integrieren, um eine höhere Präzision bei der Darstellung zu erreichen. Dies gilt insbesondere bei Werkzeugen, die vornehmlich 3D-Darstellungen vornehmen (z. B. Demo3D, Plant Simulation).

### 3.2.2 Visualisierung

Die Visualisierung ist ein wichtiger Bestandteil der Simulation, da sie dazu dient ein gemeinsames Verständnis der beteiligten Akteure zu Sachverhalten zu schaffen. Zudem wird sie zur Wissensvermittlung eingesetzt. Allgemein gesehen, können Visualisierungen nach Bracht, Geckler und Wenzel [BGW18, S. 135] „manuell erzeugt oder computergeneriert sein und reichen von einfach Strichzeichnungen, über Business-Grafiken bis hin zu vollständig computeranimierten dreidimensionalen Kinofilmen“. Diesem Ansatz folgt auch die Definition der VDI 3633, Blatt 11. Diese ergänzt die allgemeine Definition, dass Visualisierung die „Erzeugung der Veranschaulichung von Daten [...] durch Transformation von Daten in symbolische

und geometrische Information“ [VDI09, S. 4] ist. Da sowohl manuelle als auch computerbasierte Veranschaulichungen unter diesen Begriff fallen, kann Visualisierung als Oberbegriff gesehen werden. Ziel ist es neben der gemeinsamen Kommunikationsgrundlage auch „eine hohe Anschaulichkeit des Modells“ [VDI09, S. 4] zu erhalten.

Im Bezug auf Simulation können verschiedene Arten der Visualisierung eingesetzt werden. Diese unterscheiden sich in ihrer Dimensionalität und können von „einfachen“ Balkendiagrammen bis hin zu dreidimensionalen Animationen reichen. Die Wahl des richtigen Werkzeugs bzw. der richtigen Methode ist jeweils abhängig vom Betrachtungsgegenstands des Simulationsziels und der angestrebten Ergebnisvisualisierung. Hierzu sollen die folgenden Punkte zur richtigen Methodenauswahl berücksichtigt werden [BGW18, S. 135]:

- Expressivität : Unverfälschte Wiedergabe der in den Daten enthaltenen Informationen.
- Effektivität : Informationen sollen intuitiv vom Betrachter verstanden werden.
- Angemessenheit : Relation zwischen Aufwand und Nutzen bei der Erstellung und bei der Interpretation der visualisierten Informationen durch den Betrachter.

Trotz aller Vorgaben lassen sich für die Auswahl der Visualisierungsmethoden keine eindeutigen Aussagen treffen. Die Entscheidung für oder gegen ein Werkzeug liegt zumeist an innerbetrieblichen Vorgaben, kulturellen Faktoren bei den Betrachtern und nicht zuletzt an subjektiven ästhetischen Kriterien des Betrachters. Jedoch ist der Aufwand der Erstellung der Darstellung immer gegenüber des zu erreichenden Ergebnisses abzuwägen. Daher werden im Folgenden nur die Arten der Visualisierung in Betrachtung ihrer Dimensionalität beschrieben.

## Arten der Visualisierung

Die Darstellungsformen orientieren sich an der Beschreibung des VDI 3633, Blatt 11 [vgl. VDI09, S. 9 f.].

### 1D-Visualisierung

Unter dieser Form der Visualisierung versteht man Darstellungen, die auch ohne eine weitere Dimension auskommen (z. B. Balken- und Strahlanzeigen).

### 2D-Visualisierung

Im Rahmen von 2D-Visualisierungen lassen sich mit Hilfe von Diagrammen Ergebnisse darstellen. Dazu müssen die zugehörigen Modelle ebenfalls zweidimensional aufgebaut werden. Bei der Abstraktion vom realen System muss z. T. eine starke Vereinfachung des Modells vorgenommen werden.

## 2 1/2D-Visualisierung

Dieser Typ stellt eine Vorstufe der 3-D-Visualisierung dar. Die VDI-Norm 3633 bezeichnet dabei Abbildungen „die durch die Verwendung perspektivischer Ansichten“ [VDI09, S. 9] einen räumlichen Eindruck vermitteln.

## 3D-Visualisierung

Die Besonderheit dieser Form liegt in der Verwendung aller drei Raumdimensionen. Diese ermöglichen es dem Benutzer ein Objekt aus jeder beliebigen Position zu sehen. Dies ist oftmals hilfreich, um dem Nutzer ein besseres Verständnis eines Systems oder Objektes zu vermitteln. Kann aber auch bei der Verwendung das Risiko bergen, dass nicht die Visualisierung an sich für richtig befunden wird, sondern Nebensächlichkeiten für Diskussionen sorgen.

### 3.2.3 Animation

Ein Bestandteil im Rahmen der Visualisierung von Simulationen ist die Animation. Das zeigt sich insbesondere darin, dass in vielen Simulationswerkzeugen die Animation ein fester Bestandteil ist. Die VDI 3633, Blatt 11, [VDI09, S. 1] stellt dazu folgende Definition auf :

„Die Erzeugung und Präsentation von Bildfolgen, in denen Änderungen (z. B. Zustandsänderungen und Bewegungen von Modellelementen) einen visuellen Effekt bedingen. Unter visuellen Effekten kann eine über die Zeit variierende Position, die Änderung von Form, Farbe, Transparenz, Struktur und Musterung eines Objektes, die Änderung der Beleuchtung sowie der Position, Orientierung und Brennweite der Kamera verstanden werden“.

Die Animation innerhalb von Simulationswerkzeugen beschreibt dabei eine „Darstellung des Modellverhaltens und damit der Bewegungsabläufe im Raum über die Zeit“ [Gut+17, S. 26]. Dabei ist es von der Software abhängig, ob eine 2-D-(Ebene) oder 3-D-Animation(Raum) durchgeführt werden kann. In diesem Zusammenhang spielt die 3-D-Animation eine besondere Rolle. Sie kann eine „stilisierte, realitätsnahe oder fotorealistische Repräsentation“ [VDI09, S. 30] eines realen Systems darstellen. Dabei ist es möglich, dass das Modell in zeitlicher Hinsicht diskret oder kontinuierlich wiedergegeben wird.

Die Einsatzmöglichkeiten von Animation in der ereignisdiskreten Simulation sind divers und reichen von der Untersuchung des Modellverhaltens, über die Verifikation und Validierung, bis hin zur Veranschaulichung von Ergebnissen. Darüber hinaus lässt sie sich als Schulungswerkzeug einsetzen. Weiterhin trägt die Animation zur Unterstützung der Kommunikation zwischen Simulationsingenieuren und Entscheidungsträgern bei [vgl. Gut+17, S. 27]. Zudem fällt es leichter Vertrauen in das Verhalten eines Modells zu schaffen, insbesondere für Personen die nicht direkt in die jeweilige Studie eingebunden sind. Dies wird durch den Effekt verstärkt, dass Menschen dazu tendieren Sachverhalten glauben zu schenken, die

sie sehen können [vgl. McH91, S. 29]. Dies sind Gründe weswegen die 3D-Animation „aus reinen Marketinggesichtspunkten einen sehr hohen Stellenwert für die Simulation logistischer Systeme erreicht“ [Wen18, S. 29] hat.

Dennoch ist die Animation im Kontext von Simulationen nicht unumstritten. Der Einblick in das Modellverhalten ist stets eingeschränkt und erlaubt keine Rückschlüsse auf Verhaltensweisen zu anderen Zeitintervallen. Bei der Verwendung von 3D-Animationen in der Simulation erläutert Wenzel u. a. [Wen+08, S. 129] das „Details hinzugefügt [werden], die keinen Einfluss auf die Studie haben, um eine höhere Glaubwürdigkeit herzuführen“. Neben dieser nicht gegebenen Detailtreue können auch die Modellgüte vorgetäuscht sein oder falsche Tatsachen dargestellt werden [vgl. Gut+17, S. 27]. Weiterhin führt Wenzel u. a. [Wen+08, S. 129] aus, dass abstrakte Zusammenhänge und nicht direkt realitätsbezogene Aspekte von der 3D-Animation nicht sinnvoll visualisiert werden können. Die Animation kann eine sinnvolle Unterstützung im Entscheidungsprozess bieten, solange die Risiken Beachtung bei den entsprechenden Personen finden. Eine nähere Beschreibung zu der Verknüpfung von Animation und Simulationenwerkzeugen lässt sich z. B. bei Wenzel u. a. [Wen+08, S. 129] oder Spieckermann [Spi07] nachlesen.

### 3.2.4 Emulation

In den vorherigen Kapiteln wurde beschrieben wie Modelle ein Abbild der realen Situation darstellen. Im Zuge von Simulationen werden dann experimentierfähige Modelle erstellt, um Rückschlüsse auf ein reales System ziehen zu können. Im Folgenden wird daher noch auf die Emulation eingegangen, da diese ein denkbare Hilfsmittel bei der Erstellung des Software-Konzeptes in Kapitel 6 ist. Im Kontext dieser Arbeit folgt der Begriff Emulation der Definition von Gutenschwager u. a. [Gut+17, S. 245], wonach „Reale Steuerungssysteme [...] mit simulierten technischen Systemen verknüpft [werden]“. Durch die Emulation wird dem Steuerungssystem simuliert ein reales technisches System zu steuern. Dabei werden sowohl für das Originalsystem als auch für das Emulationsmodell dieselben Eingangsdaten verwendet. Resultierend daraus werden von beiden Systemen dieselben Rückmeldungen erwartet. Grundsätzlich wird die Emulation eingesetzt, um einen Teil der Realität zu ersetzen und so die richtige Funktionsweise an dem restlichen Teil zu überprüfen. Dabei ist es möglich mit der Emulation sowohl das rein technische System oder aber auch Teile des Steuerungssystems zu ersetzen. Abbildung 3.2 zeigt die verschiedenen Konfigurationen, wie Emulation in die Testphase von Steuerungssoftware eingebunden werden kann. Innerhalb von Simulationenwerkzeugen können Modelle erstellt werden, die für die Emulation benötigt werden. Anhand dieser Simulationsmodelle kann darüber hinaus das Verhalten des Systems visualisiert werden.

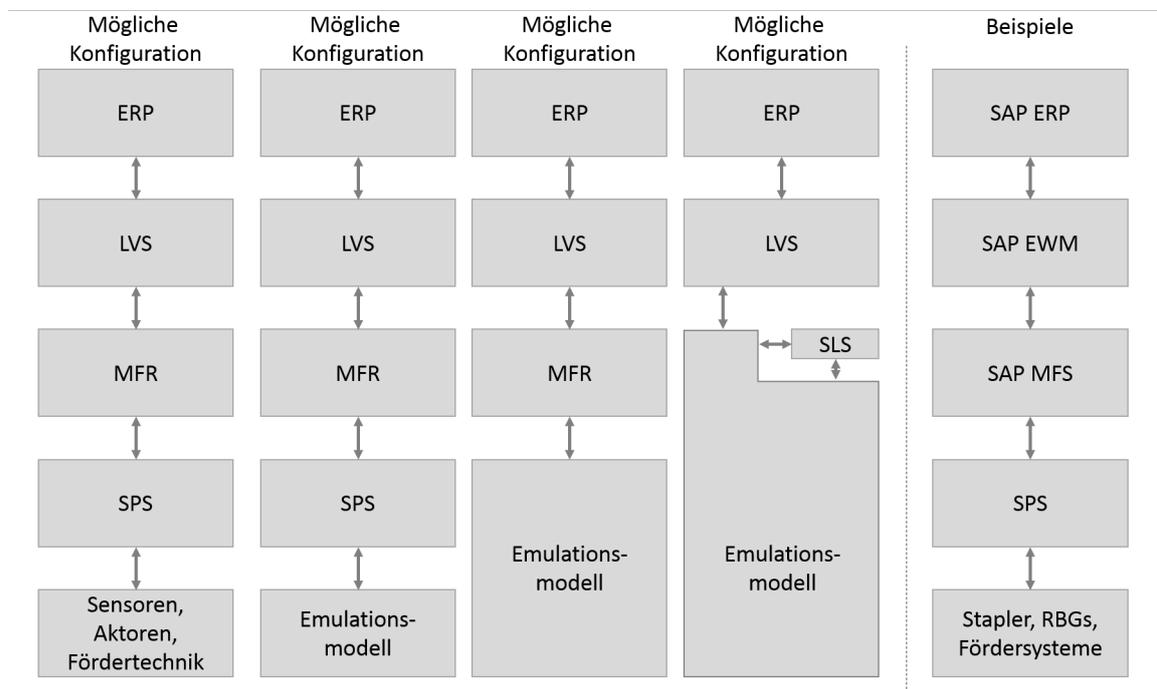


Abbildung 3.2: Mögliche Ebenen für den Einsatz von Emulation

# 4 Grundlagen der Software-Entwicklung

## 4.1 Abgrenzung der Begriffe Software und Programm

Während in den ersten Kapiteln eine Übersicht über ERP-Systeme und die verschiedenen Begriffe gegeben wurde, konzentriert sich dieses Kapitel auf die Grundlagen zur Erstellung von Software. Zunächst sollen dafür die Begriffe Programm und Software voneinander abgegrenzt werden, da diese häufig synonym verwendet werden. Eigner u. a. [Eig+12, S. 158] definiert die Begriffe folgendermaßen:

- „Unter einem Programm versteht man eine Folge von elementaren Anweisungen (Befehlen), die in Ausführungsreihenfolge gespeichert werden. Befehle können gegebenenfalls von einem Prozessor ausgeführt werden“.
- „Unter Software versteht man einen Satz von Programmen, mitsamt der für deren Ausführbarkeit und Wartung benötigten Dokumentation und Daten. Dies umfasst insbesondere Dokumente, die in Summe unterschiedliche Sichten verschiedener Interessengruppen enthalten können (Anwender, Entwickler, . . .)“.

Somit bezeichnet die Programmierung ausschließlich die Erstellung von Programmen. Die Software-Entwicklung umfasst hingegen Planungs- und Managementaufgaben, die vor allem bei komplexen Softwaresystemen eine strukturierte Vorgehensweise bedarf. Ein wesentliches Merkmal bildet in diesem Kontext eine einheitliche und evidente Dokumentation. Durch die Verknüpfung verschiedener Programme und insbesondere der Einbezug von SAP EWM handelt es sich auch bei dem Konzept um eine Software. Die Entwicklung von einwandfreier und zuverlässiger Software setzt die Kenntnis von geeigneten Methoden, Techniken, Werkzeugen und Modellen bei den Entwicklern voraus [vgl. Eig+12, S. 158 ff.].

## 4.2 Vorgehensmodelle in der Software-Entwicklung

Eine allgemein anerkannte Vorgehensweise in der Software-Entwicklung ist die Strukturierung mithilfe von Vorgehensmodellen. Zur Beschreibung und Veranschaulichung wird in der Software-Entwicklung u. a. die Unified Modeling Language (UML) verwendet. Die UML-Notation hat sich für die Beschreibung von Abläufen in der Software-Entwicklung als eine Standardmethode entwickelt, um die unterschiedlichen Informationen in den Prozessen korrekt und verständlich wiedergeben zu können [vgl. Kle13, S. 3]. Dadurch lassen sich

z. B. Abläufe strukturiert darstellen und Verantwortlichkeiten zuordnen. Für die diversen Anwendungsmöglichkeiten hat sich dabei eine Reihe verschiedener Diagramme entwickelt (Anwendungsfalldiagramme, Aktivitätsdiagramme, Klassendiagramme, usw.). Eine genaue Erläuterung zu den einzelnen Arten lässt sich z. B. bei Seemann und Gudenberg [SG06] nachlesen. In dieser Arbeit wird sich insbesondere auf die Verwendung von Aktivitätsdiagrammen (siehe hierzu Anhang H), zur Darstellung der Abläufe des zu entwickelnden Software-Tools, und Klassendiagrammen, zur genaueren Beschreibung von Ausschnitten von Systemzusammenhängen, bezogen. Wobei andere Darstellungsmöglichkeiten gleiche Ergebnisse erzielen können. Da die Erklärungen zum Teil durch Aktivitätsdiagramme unterstützt werden, wird hier die Kenntnis von ebendiesen vorausgesetzt.

Vorgehensmodelle (häufig auch Phasen- oder Referenzmodelle genannt) beschreiben die Abläufe für gleichartige Projekte. Sie legen die Projektrollen und ihre zugehörigen Aufgaben fest. Darüber hinaus werden Methoden bereitgestellt, die zur Bewältigung dieser Aufgaben verwendet werden können [vgl. BK15, S. 3]. Vorgehensmodelle werden jedoch nicht nur in der Software-Entwicklung eingesetzt, sondern finden sich auch in vielen anderen Bereichen wieder. Die einzelnen Bausteine der Referenzmodelle ähneln sich und je nach Autor weichen lediglich die Bezeichnungen der einzelnen Phasen voneinander ab. Typischerweise beinhalten jedoch alle Modelle die Phasen Anforderungsanalyse, Grobdesign, Feindesign, Implementierung sowie Test und Integration (vgl. Anhang I). Je nach Modell erfolgt für die einzelnen Phasen eine Qualitätssicherung (vgl. Abbildung 4.1). Den Start eines Projek-

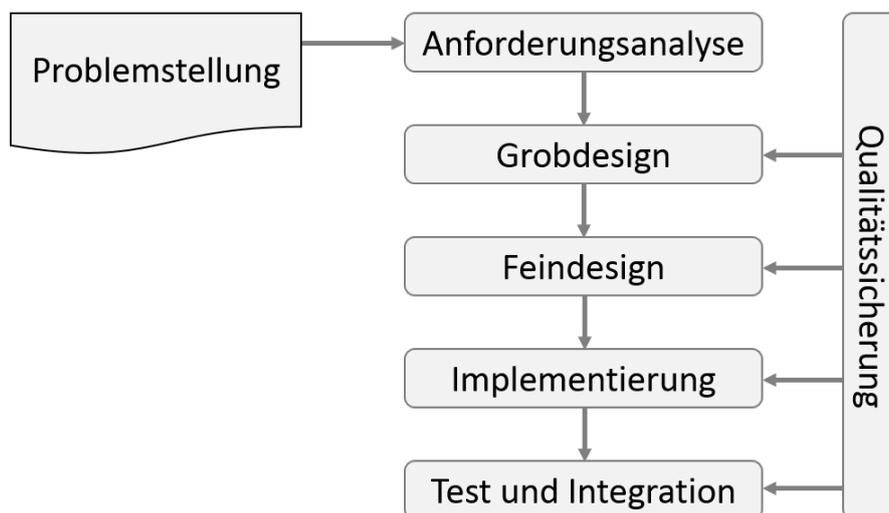


Abbildung 4.1: Entwicklungsphasen des Vorgehensmodells nach Kleuker [Kle13, S. 27]

tes bildet eine Problemstellung auf deren Basis die Anforderungsanalyse durchgeführt wird. Diese Anforderungen werden im Grobdesign in ein Modell überführt, welches in der Software-Entwicklung einsetzbar ist. Innerhalb des Feindesign wird das Grobdesign weiter spezifiziert.

Die Software-Blöcke werden untereinander abgegrenzt und die Schnittstellen zwischen ihnen definiert. Sowohl das Software-Design als auch die Gestaltung der Benutzeroberfläche werden in dieser Phase durchgeführt. Je nach Vorgehensmodell können die Phasen Grob- und Feindesign nahtlos ineinander übergehen. Die eigentliche Programmierung findet erst in der Implementierungsphase statt. Das Endprodukt dieser Phase ist eine lauffähige Software. Da jedoch in der Regel mehrere Entwickler an der Erstellung der Module beteiligt sind, müssen in der Test- und Integrationsphase die einzelnen Versionen zusammengeführt werden. Dabei muss die Kompatibilität der einzelnen Elemente gewährleistet und auf die Erfüllung der Kundenwünsche überprüft werden. Wie aus Abbildung 4.1 ersichtlich ist, wird über alle Phasen hinweg eine Qualitätssicherung durchgeführt. Diese soll sicherstellen, dass die Qualitätskriterien des Produktes über alle Stufen hinweg erfüllt werden. Deshalb soll in Kapitel 7 dieser Arbeit eine Validierung des Konzeptes erfolgen.

In der Praxis wurden eine Vielzahl an Vorgehensmodellen entwickelt, wie z. B. Wasserfallmodell, Allgemeines V-Modell, Spiralmodell, Agile Vorgehensmethoden, Scrum oder Extreme Programmierung. Darüber hinaus haben sich unterschiedliche Vorgehensmodelle in Unternehmen gebildet, welche aus deren Best Practices zusammengesetzt sind. Die Anzahl der Modelle zeigt, dass es keine, für alle Probleme, einheitliche Lösung gibt und je nach Projektart entschieden werden muss. Der Fokus der Arbeit ist die Erstellung eines Konzeptes und deswegen wird die praktische Umsetzung nicht weiter ausgeführt. Hieraus folgt, dass die Phasen Anforderungsanalyse und Grobdesign im Mittelpunkt der Betrachtung stehen. Eine genauere Beschreibung der einzelnen Modelle wird daher ebenso nicht durchgeführt. Diese können z. B. bei Tiemeyer [Tie14] oder Kleuker [Kle13] nachgeschlagen werden.

### 4.3 Bestandteile der Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse ist ein wichtiger Bestandteil des Vorgehensmodells, da mangelhafte Ergebnisse in den folgenden Phasen nicht durch bessere Qualität ausgeglichen werden können. Ziel ist es die Wünsche des Kunden zu verstehen und alle gewünschten Anforderungen zu ermitteln. Dabei sind die verschiedenen beteiligten Parteien zu berücksichtigen. Für diese Personen wird in der Literatur regulär der Begriff Stakeholder verwendet und soll auch hier angewendet werden. Neben der Definition der Stakeholder sollen zudem in dieser ersten Phase die Hauptfunktionalitäten sowie funktionale und nicht-funktionale Anforderungen an die Software ermittelt werden. Eine genaue Umsetzung der Software ist hingegen weniger relevant. Im Folgenden werden die verschiedenen Kriterien erläutert, welche für die Anforderungsanalyse notwendig sind. Diese basieren auf den Ausführungen von Kleuker [Kle13] und Rupp [Rup14]. Die einzelnen Kriterien für eine Software gilt es sorgfältig zu prüfen und

einzuordnen.

### 4.3.1 Relevante Stakeholder innerhalb der Anforderungsanalyse

Die Anforderungsanalyse basiert auf der Ermittlung des betroffenen Personenkreises abhängig von der jeweiligen Aufgabenstellung. Kleuker [vgl. Kle13, S. 56 ff.] definiert hierbei 14 verschiedene Stakeholder, die Einfluss ausüben können. Das vorliegende Konzept betrachtet jedoch nur einen Bruchteil dieser Gruppen. Hauptsächlich betroffen sind die Nutzer der Software sowie der Kunde, dem die mit dem Software-Tool erstellten Ergebnisse gezeigt werden. Diese Gruppe fällt unter den Personenkreis der Endanwender. Da das Software-Tool den Vertrieb unterstützen und auch hier eingesetzt werden soll, werden in diesem Fall auch Vertrieb und Marketing mit in die Gruppe der Endanwender gezählt. Das Management wiederum misst anhand wirtschaftlicher Kriterien die Nutzbarkeit des Software-Tools. Auf die gesamte Erstellung der Software gesehen, sind auch die Entwickler eine wichtige Gruppe sowie die Prüfer, die die Software abnehmen. Ebenso lassen sich Anforderungen des Wartungs- und Servicepersonals ableiten, welche grundsätzlich durch nicht-funktionale Anforderungen abgedeckt werden (vgl. Abschnitt 4.3.4).

Daher sollen im Folgenden insbesondere die Endanwender, das Management und die Entwickler näher betrachtet und in Hinsicht auf die spezifischen Anforderungen in Abschnitt 5.2 bereits eingeordnet werden.

#### **Endanwender:**

Endanwender stellen eine zentrale Rolle in der Software-Entwicklung dar und haben einen entscheidenden Einfluss auf den Projekterfolg. Oftmals kann diese Gruppe weiter aufgespalten werden. Im vorliegenden Fall können z. B. die Berater des IT-Dienstleisters als Endanwender des Software-Konzeptes gesehen werden und ebenso der potentielle Kunde, da für diesen die Präsentation angefertigt wird. Im Hinblick auf die Gruppe der Endanwender ist ebenso die Erfahrung im Umgang mit der Software wichtig. Dadurch lassen sich die Endanwender in verschiedene Gruppen aufteilen [vgl. Her18, S. 127 ff.]:

- Unerfahrene Benutzer sind Neulinge im Umgang mit dem System.
- Routinenutzer nutzen das System regelmäßig und haben eine Kenntnisstand über die Funktionen.
- Experten sind im Regelfall langjährige Routinenutzer und kennen auch die Grenzen des Systems.

Der Einstieg in eine Software macht einen Anwender immer zu einem unerfahrenen Nutzer in der entsprechenden Software. Dennoch ist davon auszugehen, dass es sich um keinen Laien im Umgang mit Software handelt. Unerfahrene Nutzer lassen sich dadurch

charakterisieren, dass sie einen verständlichen Funktionskern und einfachen Einstieg in die Software benötigen. Es bestehen noch keine Automatismen bei der Anwendung der Software. Somit stellt die schnelle Erlernbarkeit eine wichtige Anforderung an eine zu entwickelnde Software dar. Einsteiger sollten daher nicht von Anfang an mit allen Funktionen konfrontiert werden, diese sollten vielmehr mit dem Entwicklungsstand des Anwenders wachsen [vgl. Her18, S. 129].

Durch die regelmäßige Anwendung der Software wird aus dem Unerfahrenen ein Routinenutzer. Die Zeitdauer des Wandels hängt von dem Nutzungsgrad des Anwenders, der Komplexität der Software ab und wie sehr sich diese von gewohnten Softwareumgebungen unterscheidet. Dabei kennzeichnet die Routiniers, dass sie nahezu täglich und häufig auch unter Zeitdruck mit der Software umgehen. Dabei ist von sich wiederholenden Arbeitsvorgängen, einer gleichbleibenden Antwortzeit des Systems und konsistentem Systemverhalten auszugehen. Diese Benutzergruppe stellt für ein Unternehmen die größte und wichtigste Benutzergruppen dar, weil sie einen hohen wertschöpfenden Anteil besitzt. Durch die Unterstützung mit geeigneten Systemen lassen sich Effektivität und Effizienz der Arbeit steigern. Dies kann durch eine gute Ausgestaltung der Software-Ergonomie gestärkt werden [vgl. Her18, S. 129 f.].

Durch den langjährigen Umgang mit dem System können Routinenutzer auch zu Experten werden. Sie loten regelmäßig die Systemgrenzen aus und können auch schwierige oder seltene Aufgaben lösen. Dabei dienen die Experten als Quelle für Verbesserungsvorschläge, da sie über ein umfangreiches Systemwissen und insbesondere über Schwachstellen Bescheid wissen. Jedoch sind diese Vorschläge auf die Verwendung durch die Allgemeinheit zu überprüfen.

#### **Management des Auftragnehmers:**

Anforderungen des Managements ergeben sich aus deren Verantwortung für die Unternehmensziele. Dabei kann der Wunsch nach Folgeprojekten entsprechenden Einfluss auf das jeweilige Projekt besitzen. In Falle des Software-Konzeptes entspricht der Auftragnehmer dem IT-Dienstleister.

#### **Entwickler:**

Entwickler beziehen sich auf diejenigen, die die Software erstellen. Diese wünschen sich Aufgaben, die ihrem Know-How entsprechen oder durch die sie die Möglichkeit haben sich in neue Systeme hineinzuarbeiten. Sie können Hinweise auf die Möglichkeit der Wiederverwendung von Modulen oder Software geben. Diese Gruppe soll in dieser Arbeit nur nebensächlich betrachtet werden, da eine konkrete Entwicklung des Softwarekonzeptes aussteht und deswegen nicht genauer auf die Anforderungen eines

Entwicklers eingegangen werden kann.

Im Anschluss an die Definition der Benutzergruppen sollen alle Ziele in Bezug auf die Stakeholder definiert werden. Ausschlaggebend ist immer die gewünschte Funktionalität, welche durch weitere Ziele ergänzt wird. Insgesamt müssen die beschriebenen Ziele der zu entwickelnden Software nachprüfbar, für jeden verständlich, nachvollziehbar und nicht konträr zueinander sein. Der Fokus der Formulierung ist dabei die Erreichung und nicht, was die Software nicht durchführen soll. Hierfür stellt Kleuker [vgl. Kle13, S. 61] die folgende Schablone zur Anwendung.

Ziel	Was soll erreicht werden?
Stakeholder	Welche Stakeholder sind in das Ziel involviert? Ein Ziel ohne Stakeholder macht keinen Sinn.
Auswirkungen auf Stakeholder	Welche Veränderungen werden für die Stakeholder erwartet?
Randbedingungen	Welche unveränderlichen Randbedingungen müssen bei der Zielerreichung beachtet werden?
Abhängigkeiten	Hängt die Erfüllung dieses Ziels mit der Erfüllung anderer Ziele zusammen? Dies kann einen positiven Effekt haben, indem die Erfüllung von Anforderungen zur Erreichung mehrerer Ziele beiträgt. Es ist aber auch möglich, dass ein Kompromiss gefunden werden muss, da Ziele unterschiedliche Schwerpunkte haben.
Sonstiges	Was muss organisatorisch beachtet werden?

Tabelle 4.1: Schablone für die Formulierung von Zielen nach Kleuker [Kle13, S. 61]

### 4.3.2 Hauptfunktionalitäten und Abläufe der Software

Nach der Ermittlung der beteiligten Personenkreise ist zu klären welche Grundfunktionalitäten die zu erstellende Software im Einzelnen beinhalten soll. Diese lassen sich anhand verschiedener Ansätze ermitteln:

- durch Workshops zur Formulierung der Anforderungen mit den einzelnen Personengruppen
- anhand von Interviews mit den Personengruppen
- mittels eines Fragebogens
- Beobachtung der Arbeitsprozesse der Endanwender vor Ort
- durch die Analyse von Dokumenten der Altsysteme und / oder Konkurrenzsystemen

Innerhalb dieses Schrittes sollen die Aufgaben ermittelt werden, die das System übernehmen soll. Wobei darauf geachtet werden muss, dass die beschriebenen Ereignisse klar abgegrenzt werden und jeweils ein eigenes Start- und Endereignis aufweisen. Zunächst ist zu klären, welche Stammdaten in dem System vorhanden sind und ob diese von dem jeweiligen System erstellt oder verwaltet werden. Des Weiteren werden die notwendigen Bewegungsdaten ermittelt, welche sich aus Informationen der Stammdaten ergeben. Aus diesen beiden Schritten ergibt sich die Ermittlung der Funktionalität der Software. Zudem ist zu klären welche anderen Systeme in Abhängigkeit des laufenden Systems vorhanden sein müssen. Zuletzt sind alle diese Schritte zu dokumentieren. In dem vorliegenden Fall sollen die Ermittlung und Befragung der Personengruppen außer Acht gelassen werden und sich vornehmlich an den Funktionalitäten und Abläufen der Programme SAP ERP, SAP EWM und dem Simulationswerkzeug orientiert werden.

Anhand von Aktivitätsdiagrammen<sup>1</sup> können die Hauptfunktionalitäten und Abläufe des Systems beschrieben werden. Dabei ist darauf zu achten weder zu abstrakt noch zu detailliert zu werden. Eine Analyse der zu betrachtenden Funktionalitäten und Prozesse erfolgt in Abschnitt 5.3. Typische Abläufe beschreiben die Vorgehensweise bei der Bedienung des Software-Tools und schließen die Prozesse von SAP EWM ein.

### 4.3.3 Ableiten funktionaler Anforderungen

Anhand der Aktivitätsdiagramme und der Benutzergruppen aus den vorhergegangenen Schritten lassen sich die Anforderungen für das Software-Konzept (vgl. Abschnitt 5.4) ermitteln. Innerhalb dieses Prozessschrittes müssen diese Anforderungen „vollständig und präzise“ [Kle13, S. 77] beschrieben werden. Dies ist auf die Dissonanz in der Kommunikation zwischen verschiedenen Gesprächspartnern zurückzuführen. Generell lassen sich laut Rupp [vgl. Rup14, S. 222] drei Typen von Anforderungen ermitteln, die in Zusammenhang miteinander stehen (vgl. Abbildung 4.2):

- Typ 1: Selbstständige Systemaktivitäten
- Typ 2: Benutzerinteraktion
- Typ 3: Schnittstellenanforderung

Der erste Typ bezeichnet die Auslösung von Prozessen ohne eine vorhergehende Interaktion mit dem Benutzer. Da das System selbstständig agiert, muss keine Funktion für jemanden oder etwas gegeben sein. Typ 2 hingegen bietet einem Benutzer die Möglichkeit Eingaben

---

<sup>1</sup>Aktivitätsdiagramme sind eine Form der Prozessmodellierung und dienen zur graphischen Beschreibung von Prozessen. Die hier verwendete Form lässt sich bei Kleuker [Kle13, S. 11 ff.] nachlesen.

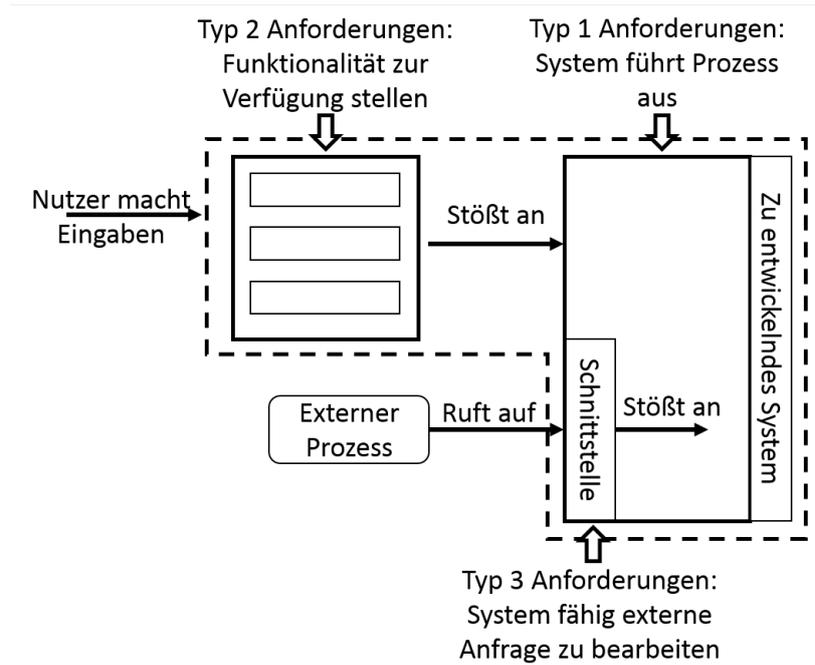


Abbildung 4.2: Zusammenhang der Anforderungstypen nach Kleuker [vgl. Kle13, S. 79]

in das System zu vollziehen. Ermöglicht wird dies über eine Benutzer- oder Eingabemaske. Ansonsten ist es auch vom System aus möglich eine Interaktion mit dem Benutzer auszulösen (z. B. die Bestätigungsabfrage beim Löschen einer Datei). Der letzte Typ beschreibt die Interaktion des vorliegenden Systems mit einem weiteren System. Dies liegt immer dann vor, wenn das System Daten nicht vom eigentlichen Nutzer, sondern einem Nachbarsystem erhält. Um die Anforderungen richtig zu formulieren hat Rupp eine Anforderungsschablone erstellt, welche von Kleuker [Kle13] erweitert wurde (vgl. Abbildung 4.3). Darüber hinaus zeigt die Abbildung in welcher Form die Anforderungen zu strukturieren sind. Dabei lassen sich drei unterschiedliche Formen betrachten, welche innerhalb von vertraglichen Vereinbarungen auch einen rechtsverbindlichen Charakter haben. Diese soll aber hier nicht näher betrachtet werden.

Anforderungen mit dem Verb „muss“ sind Bedingungen, die das System erfüllen müssen und sind somit zentraler Bestandteil der Anforderung. Das Schlüsselwort „soll“ bezeichnet Anforderungen die nach Auffassung des Auftraggebers sinnvoll sind, aber die Erfüllung innerhalb der Umsetzung auch diskutiert werden kann. Die Berücksichtigung ist nicht zwingend nötig, erhöht aber die Zufriedenheit des Auftraggebers. Der letzte Fall „wird“ bezeichnet Anforderungen die erst in Zukunft implementiert werden sollen und eine Anbindung dieser jetzt aber schon bedacht werden muss [vgl. Rup14, S. 226].

Die Bedingung „Wann?“ innerhalb der Anforderungsschablone bezeichnet den Punkt an dem der Prozess ausgelöst wird. Das System beschreibt dabei die zu erstellende Software

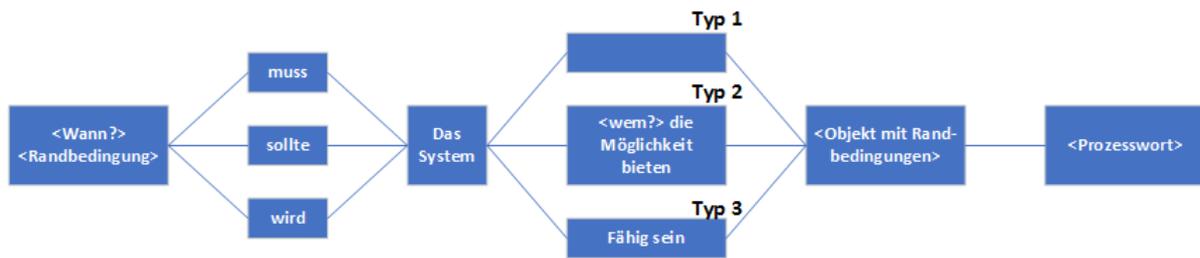


Abbildung 4.3: Anforderungsschablone nach Kleuker [Kle13]

und soll in diesem Kontext synonym verwendet werden. Alle Prozesse müssen das Objekt mit Randbedingungen durchlaufen, um „möglichst viele der mit Auslassungen und Nominalisierung beschriebenen Probleme“ [Kle13, S. 80] zu lösen. Das „Prozesswort“ bezeichnet ein Verb, welches die Art und Weise beschreibt, wie das System mit dem Prozess umzugehen hat (z. B. bearbeiten, löschen, anlegen etc.). Beschreibungen der Anforderungen können in Form eines Glossars direkt im Anschluss an die Anforderung durchgeführt werden.

#### 4.3.4 Ableiten nicht funktionaler Anforderungen

Neben den zuvor behandelten funktionalen Anforderungen, welche sich mit den genauen Bedingungen der zu erstellenden Software auseinander gesetzt haben, spielen auch die nicht-funktionalen Bedingungen eine große Rolle in der Software-Entwicklung. Diese Anforderungen bezeichnen Kriterien, welche sich auf die Nutzbarkeit der Software auswirken. Als Beispiel für ein solches Kriterium lässt sich die Reaktionszeit als entscheidendes Merkmal für die Nutzbarkeit benennen. Hierunter fallen insbesondere qualitative, technische und vertragliche Anforderungen sowie sonstige Lieferbestandteile [vgl. Kle13, S. 84 ff.].

Für die vorliegende Arbeit sind jedoch nur die zuerst genannten Kriterien relevant und werden in Abschnitt 4.3.4 ausgeführt. Im Rahmen des Konzeptes kann auf die weiteren Punkte kein Einfluss genommen werden und daher werden diese nicht weiter erläutert. Für die Verwendung des Konzeptes innerhalb eines Projektes sollten diese jedoch näher betrachtet werden. Die Ableitung der Funktionen kann anhand von Anforderungsschablonen ähnlich der Schablone in Abbildung 4.3 erstellt werden. Hierzu sind in Anhang J drei verschiedene Versionen dargestellt, die Anforderungen an entweder die Eigenschaften, die Prozesse oder die Umgebung beschreiben.

#### Qualitätsanforderung

Die Qualitätsanforderungen werden über sogenannte Qualitätskriterien formuliert. Diese beschreibt welche Bedingungen eine Software erfüllen sollte. Dabei gehören die funktionalen Anforderungen streng gesehen auch zu den Qualitätsanforderungen [vgl. Kle13, S. 84 ff.].

Die einzelnen Kriterien lassen sich laut Hartwig [vgl. Har09, S. 27 f.] wie folgt definieren:

- **Korrektheit:**  
Die Ergebnisse der zu entwickelnden Software stimmen mit den erwarteten Ergebnissen von Testszenarien überein. Die zu entwickelnde Software muss die Datenverarbeitung von SAP EWM korrekt wiedergeben, ansonsten ist sie unbrauchbar.
- **Effizienz:**  
Nicht nur während der Nutzung, sondern der gesamte Umfang des Aufwandes (z. B. Wartung) bestimmt die Effizienz der Software.
- **Verfügbarkeit:**  
Gibt die Wahrscheinlichkeit wieder, dass das System auch zu einem beliebigen, gewünschten Termin einsatzbereit ist. Wie lange dauert demnach eine Reparatur nachdem das System ausgefallen ist.
- **Robustheit:**  
Bei der Nutzung des Systems muss das System stabil auf Fehler reagieren. Nicht nur bei der Eingabe von falschen Werten, sondern auch bei Problemen an der Schnittstelle zu anderen Programmen.
- **Zuverlässigkeit:**  
Als Ergebnis von Korrektheit, Verfügbarkeit und Robustheit gibt die Zuverlässigkeit der Software an, wie wahrscheinlich die Software zu einem beliebigen Zeitpunkt seine Funktionalitäten korrekt erfüllt.
- **Datensicherheit:**  
Hierbei soll die Sicherheit der Daten innerhalb der Software gegen unbefugten Zugriff oder Veränderungen von außen geschützt werden.
- **Verständlichkeit:**  
Der interne Aufbau des Systems und der Programmierung muss für andere Software-Entwickler verständlich sein. Nur dies gewährleistet eine weitere Wartbarkeit der Software.
- **Wartbarkeit:**  
Bezeichnet die Möglichkeit das System an sich verändernde Zustände anzupassen. Um dies geeignet durchzuführen wird nicht nur eine gute Dokumentation, sondern auch ein verständlicher Programm-Code benötigt.

- Wiederverwendbarkeit:

Um eine schnellere Entwicklung neuer Software zu unterstützen, sollte darauf geachtet werden, dass die Software bzw. Teile der Software wiederverwendet werden können. In diesem Punkt ist ebenso die Dokumentation und ein verständlicher Programm-Code entscheidend.

Hartwig [Har09] bezieht sich darüber hinaus auf die Gestaltung der Usability von Software. Diese soll hier als die „Benutzbarkeit“ von Software mit aufgenommen werden. Sie ist immer dann gegeben, wenn die Anwender in der Benutzung effektiv und effizient unterstützt werden und die Software für benutzbar halten.

### **Technische Anforderungen**

Die technischen Anforderungen charakterisieren die technische Umgebung in der das System laufen soll. Hauptbestandteil sind technische Anforderungen, sowie die Version des Betriebssystems. Darüber hinaus können Einschränkungen hinsichtlich der Entwicklungsumgebungen gegeben werden. Zudem wird die genaue Software und ebenso die Version benannt. Darüber hinaus müssen die Anbindungen und Schnittstellen charakterisiert werden [vgl. Kle13, S. 87]. Da sich die Systemarchitektur direkt aus den technischen Anforderungen ergibt, wird lediglich die Systemarchitektur in Abschnitt 6.1 aufgeführt. Dies soll einen redundanten Abschnitt vermeiden.

## **4.4 Bestandteile des Grobdesigns**

In der Phase des Grobdesigns werden die Ergebnisse der Anforderungsanalyse in die „Sprache der Software-Entwickler“ übertragen, mit dem Ziel ein erstes Modell zu entwickeln [Kle13, S. 93]. Zudem werden die Randbedingungen für die Systemarchitektur erläutert, wie z. B. die zu verwendende Hardware. Dabei werden die gestellten Anforderungen iterativ auf die vorhandenen Eigenschaften untersucht und stetig verfeinert. Darüber hinaus werden die Abhängigkeiten untereinander dargestellt. Weiterhin betrachtet das Grobdesign die ungefähre Entwicklung der Oberfläche, wobei wesentlich die Eingabemöglichkeiten des Nutzers und nicht das letztendliche Aussehen der Oberfläche im Mittelpunkt stehen. Über die gesamte Gestaltung des Grobdesigns sollen die ermittelten Anforderungen verfolgt werden, um diese im Nachhinein zurückverfolgen zu können.

### 4.4.1 Systemarchitektur

Die technischen Anforderungen ergeben vor allem die Bedingungen an die Systemarchitektur. Die Systemarchitektur beschreibt die Umgebung in der die zu erstellende Software laufen soll. Dies ist zum einen die jeweilige Hardware, als auch das Betriebssystem. Darüber hinaus sind Systeme wie Middleware, Schnittstellen und Programmiersprachen zu berücksichtigen. Bei der langfristigen Speicherung von Daten ist auch hier auf die Verwendung und die Anforderungen der jeweiligen Datenbank zu achten.

### 4.4.2 Ableitung der Klassen, Attribute und Operationen

Innerhalb des Grobdesigns sollen die Ergebnisse der Anforderungsanalyse verfeinert werden. Diese Verfeinerung soll durch die Ermittlung von Klassen und ihrer Attribute bestimmt werden (vgl. Abbildung 4.4). Die Darstellung findet hier in Form der UML-Klassendiagramme statt. Das Klassendiagramm stellt in der Regel kleine Ausschnitte der gesamten Struktur dar, um die Bedeutung der jeweiligen Inhalte besser beschreiben zu können [vgl. SG06, S. 43]. Dafür werden im Folgenden die Begriffe Klasse, Attribut und Operationen kurz beschrieben. Ausführliche Beschreibungen können z. B. bei Seemann und Gudenberg [SG06] und Balzert [Bal09] nachgeschlagen werden. Klassen stellen eine „Menge von Objekten, die gemeinsames Verhalten und gemeinsame Merkmale aufweisen“ [SG06, S. 44]. Weiterhin repräsentiert eine Klasse nicht nur Objekte, sondern wird auch von Attributen und Operationen bestimmt.

Eine Klasse wird durch ein Rechteck mit dem fettgedruckten Klassennamen dargestellt. Attribute beschreiben den Status den ein spezielles Objekt haben kann. Dafür werden die Attribute in einem weiteren Rechteck aufgeführt und durch einen Datentyp bestimmt. Attribute, die für die gesamte Klasse gelten, werden unterstrichen. Zuletzt werden die Operationen als weiteres Rechteck an die Klasse angehängt. Diese beschreiben „eine Fähigkeit oder Verantwortlichkeit“ [SG06, S. 46] einer Klasse und erlauben diese zu verändern oder Nachrichten mit einer anderen Klasse auszutauschen. In runden Klammern werden Parameter für die jeweilige Operation beschrieben. Dabei kann die Richtung der Ein- und Ausgabedaten innerhalb dieser Klammern angegeben werden [vgl. SG06, S. 43].

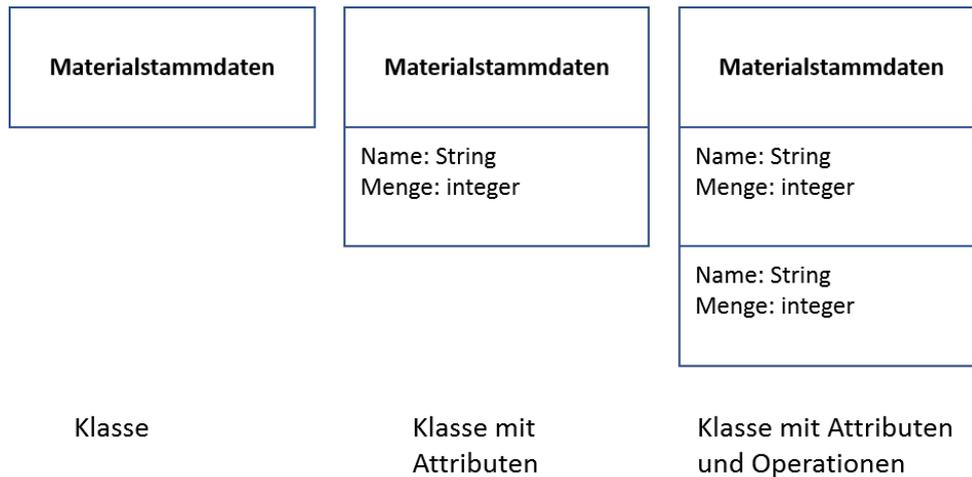


Abbildung 4.4: Zusammenhang zwischen Klasse, Attribute und Operationen nach Seemann und Gudenberg [vgl. SG06, S. 43 ff.]

### 4.4.3 Überlegungen zur Oberflächenentwicklung

Nach der Überlegung zu den grundlegenden systemseitigen Randbedingungen, sind grundsätzliche Entscheidungen hinsichtlich der Funktionsweise der Oberfläche zu treffen. Hier gilt es zu klären, welche Eingaben durch den Nutzer getätigt werden und in welche Benutzermasken hierfür angelegt werden müssen. Diese Beschreibung ergänzt die zuvor ermittelten Klassen und stellt diese in einen Zusammenhang. Es werden die Klassen aufgezeigt, die nach außen für den Nutzer sichtbar sind. Weiterhin orientiert sich die Oberflächenentwicklung an den typischen Abläufe innerhalb der Software. Dabei müssen die einzelnen Klassen keine Parameter enthalten und können lediglich textuell beschrieben werden. Die sich daraus ergebenden Klassen werden Boundary-Klassen genannt, da sie die Schnittstelle zwischen dem zu entwickelnden Software-Tool und dem Anwender sind [vgl. Kle13, S. 119 ff.].

Obwohl dabei stets die letztendliche Gestaltung der Oberfläche berücksichtigt werden sollte, wird das eigentliche Oberflächendesign an einer anderen Stelle vorgenommen. Denn dieser Schritt kann losgelöst von der Betrachtung der Funktionalität der Oberfläche durchgeführt werden. Durch den Entwickler sollen dabei Anforderungen an die Software Ergonomie und Benutzbarkeit des Software-Tools beachtet werden.

# 5 Anforderungsanalyse für das Software-Konzept

## 5.1 Problemstellung

Die Anforderungsanalyse im Rahmen der Software-Entwicklung wird durch eine Problemstellung angestoßen. Diese soll hier im Bezug auf die Fragestellung noch einmal kurz zusammengefasst werden.

Erstellt werden soll ein Software-Konzept, welches den Vertrieb von IT-Dienstleistern im Bereich von ERP-Systemen unterstützt. Im Speziellen soll die Implementierung von SAP EWM betrachtet werden. Bezogen hierauf sollen durch den Vertrieb des IT-Dienstleisters kundenindividuelle Szenarien erstellt und präsentiert werden. Unterstützend eingreifen soll die Visualisierung der Prozesse mithilfe eines Simulationswerkzeuges. Dabei ist auf ein ausgewogenes Verhältnis von Individualisierung auf den Kunden und den standardisierten Abläufen von SAP EWM zu achten. Anforderungen werden im Folgenden unter Betrachtung der verschiedenen Benutzergruppen und der Funktionsweise des zu entwickelnden Software-Tools bestimmt. Insbesondere das Zusammenspiel der unterschiedlichen Software beeinflusst dabei die Gestaltung der Abläufe.

## 5.2 Ermittlung der Benutzergruppen

Die Identifikation der Anforderungen der Benutzergruppen bildet den ersten Schritt der Analyse (siehe Abschnitt 4.3.1). Diese sollen sich noch nicht auf die genaue Ausgestaltung des Systems beziehen, sondern vor allem die grundlegenden Bedürfnisse der betroffenen Personen an die Software offen legen. Unter Berücksichtigung der Benutzergruppen lassen sich auch die Ziele der Software ableiten. Die verschiedenen Stakeholder wurden bereits in Abschnitt 4.3.1 aufgeführt. In der vorliegenden Arbeit sollen insbesondere die Anforderungen der Endanwender, des Managements und der beratenen Organisation erarbeitet werden. Deren Anforderungen können im Rahmen dieser Arbeit umgesetzt werden. Wobei der Fokus auf dem Endanwender als Hauptnutzer der Software liegt. Die Anforderungen der Entwickler werden nicht ausgeführt, da diese Anforderungen innerhalb des Konzeptes nicht umgesetzt werden.

### 5.2.1 Die Stakeholder Endanwender, Management und die beratene Organisation

Ein entscheidender Faktor für den Erfolg einer neu einzuführenden Software stellt die Akzeptanz der Endanwender dar. Dies gilt auch für die Einführung des Software-Tools. Daher ist die Nutzbarkeit ein wichtiges Kriterium im Prozess der Software-Entwicklung. Um die Anforderungen zu ermitteln ist zu klären, welchen Kenntnisstand die einzelnen Nutzer als zukünftige Anwender besitzen. In Abschnitt 4.3.1 wurden die verschiedenen Endanwender anhand ihres Erfahrungsstandes differenziert. Direkte Anwender sind Berater des IT-Dienstleisters, welche die Software regelmäßig einsetzen und sehr gute Kenntnisse von SAP ERP und EWM besitzen. Die Handhabung soll auch für Neueinsteiger mit geringem SAP Wissen intuitiv möglich sein. Weiterhin sollen Kunden, die das EWM-System nicht nutzen, jedoch direkt betroffen sind, Ergebnisse einfach verstehen können. Daraus zeigt sich, dass die Software grundsätzlich auf Routinenutzer ausgerichtet ist, aber auch durch Neueinsteiger genutzt werden kann. Aufgrund des Termindrucks der Endanwender, soll die Erstellung der Präsentationen keine Mehrbelastung darstellen. Zudem soll es möglich sein anhand geringer Informationen einen möglichst hohen Detailgrad zu erreichen.

Anforderungen des Managements ergeben sich aus deren Verantwortung für die Unternehmensziele. Daher sind auch diese Stakeholder daran interessiert mit geringem zeitlichen Aufwand eine möglichst konkrete Darstellung für den Kunden zu erzielen und somit Aufträge zu erhalten. Durch die Erreichung einer gesteigerten Kundenzufriedenheit erhöht sich die Chance Folgeprojekte für dieses Unternehmen durchzuführen. Dadurch stellt die Vorstellung der Software insbesondere im Neukundenbereich einen wichtigen Faktor dar. Eine hochwertige Präsentation, welche mithilfe des Software-Konzeptes durchgeführt werden würde, könnte einen Beitrag dazu leisten den Kunden zu überzeugen. Für das Management lassen sich aus wirtschaftlicher Sicht vor allem die Folgenden Anforderungen aufführen. Zum einen ist der IT-Dienstleister bestrebt eine qualitativ hohe Präsentation durchzuführen und zum anderen soll aus terminlichen Gründen eine Verkürzung der Vorbereitungszeit auf ein Vertriebsgespräch möglich sein. Der zeitliche Faktor lässt sich im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht überprüfen, es ist lediglich darauf hinzuweisen, Eingaben einfach und intuitiv zu gestalten.

Als späterer Auftraggeber möchte die beratene Organisation, die, für das Unternehmen, am Besten geeignete Software erhalten. Ebenso wird auf die Qualität des IT-Dienstleisters geachtet. Darüber hinaus soll die Software langfristig verwendet werden und somit auch flexibel auf Änderungen innerhalb des Unternehmens reagieren können. Es wird darauf geachtet, dass die verwalteten Prozesse stets so genau wie möglich von der Software wiedergegeben werden. Schlussendlich spielen auch die Kosten für die Implementierung, Lizenzen, sowie Service und Wartung eine große Rolle. Innerhalb des Vertriebsprozesses möchte sich die be-

ratene Organisation von diesen Anforderungen überzeugen und anhand von Beispielen für verschiedene Abläufe verifizieren.

### 5.2.2 Ziele im Bezug auf die Benutzergruppen

Anhand dieser Benutzergruppen und in Bezug auf die Problemstellung lassen sich verschiedene Ziele für die zu entwickelnde Software formulieren. Diese Ziele dienen auch zur späteren Validierung der Ergebnisse des Konzeptes. Zunächst wird das Hauptziel der Software benannt, welches die grobe Funktionsweise beschreibt (vgl. Tabelle 5.1).

Ziel	1. Die Software muss die Anfertigung von kundenindividuellen Szenarien für SAP EWM ermöglichen.
Stakeholder	Endanwender, Management, Kunde
Auswirkungen auf Stakeholder	Management: Das Software-Tool ermöglicht die Unterscheidung von Mitbewerbern. Endanwender: Die Erstellung von kundenindividuellen Modellen soll für den Vertrieb vereinfacht werden. Kunde: Bessere Einschätzung, ob die Software gut für das eigene Unternehmen geeignet ist.
Randbedingungen	Ein Customizing von SAP EWM soll nicht im Verlaufe der Präsentation beim Kunden vorgenommen werden.
Abhängigkeiten	Der IT-Dienstleister benötigt hierfür Informationen über die Gestaltung des Lagers sowie beispielhafte Stammdaten von dem Kunden.
Sonstiges	-

Tabelle 5.1: Schablone für die Formulierung des 1. Ziels

Allerdings ist nicht nur die Anfertigung von individuellen Szenarien ein wichtiges Ziel; ebenso ist die korrekte und realisierbare Wiedergabe der Funktionen von SAP EWM zu gewährleisten. Diese Prozesse sollen durch ein Simulationswerkzeug visualisiert werden. Hieraus ergibt sich ein weiteres Ziel für die Benutzergruppen (siehe Tabelle 5.2).

Neben der Darstellung der korrekten Funktionsweisen soll ebenso ein breites Spektrum an Branchen abgebildet werden (vgl. Tabelle 5.3). Diese Funktion wird innerhalb von SAP EWM grundlegend gegeben und ist für die Abläufe des Software-Tools zu berücksichtigen. Daraus folgt, dass die Kundenszenarien weder zu spezifisch noch zu Allgemein dargestellt werden dürfen.

Abschließend ist es Ziel des Vertriebs ein Produkt (in diesem Fall SAP EWM) an den Kunden zu verkaufen (siehe Tabelle 5.4). Somit muss dieser innerhalb des Vertriebsgespräches davon überzeugt sein, dass diese betriebswirtschaftliche Standardsoftware optimal für sein Unternehmen ist. Es muss darstellbar sein, in welcher Form Prozesse an den Kunden

Ziel	2. Die Software muss die Funktionsweisen von SAP EWM abbilden und soll diese durch ein angebundenes Simulationswerkzeug visualisieren.
Stakeholder	Endanwender, Entwickler
Auswirkungen auf Stakeholder	Endanwender: Kenntnisse von SAP EWM und des Simulationswerkzeuges werden vorausgesetzt. Entwickler: Funktionsweise von SAP EWM ist abzubilden und eine Schnittstelle zu einer Simulationssoftware zu berücksichtigen.
Randbedingungen	Daten, die für die Erstellung eines Modells in dem Simulationswerkzeug benötigt werden, müssen ermittelt werden. Der Endanwender muss mit dem Umgang des Simulationswerkzeuges vertraut sein.
Abhängigkeiten	Abhängig von der Funktionsweise von SAP EWM.
Sonstiges	Die korrekte Datenübertragung an den Schnittstellen zu den verschiedenen Programmen muss gewährleistet werden.

Tabelle 5.2: Schablone für die Formulierung des 2. Ziels

Ziel	3. Die Software muss die Anforderungen verschiedener Branchen abbilden können.
Stakeholder	Endanwender
Auswirkungen auf Stakeholder	Endanwender: Kenntnisse zu den Anforderungen verschiedener Branchen sind erforderlich.
Randbedingungen	-
Abhängigkeiten	Überschneidung mit Ziel 4, die Software soll ausreichenden Detailgrad besitzen.
Sonstiges	Betrachtung der verschiedenen Branchen erforderlich

Tabelle 5.3: Schablone für die Formulierung des 3. Ziels

anzupassen sind. Durch den IT-Dienstleister sollen unter Einbezug der Beispiele und im Gespräch mit dem Kunden Hinweise darauf gegeben werden, ob entweder betriebliche Abläufe an die Software angepasst werden müssen oder die Software durch Customizing an die betrieblichen Abläufe angepasst werden muss. Daher sollte das Software-Tool während der Kundenpräsentation ebenfalls die Möglichkeit bieten die Prozesse und Daten flexibel zu gestalten.

Ziel	4. Die Software muss Prozesse der beratenen Organisation realistisch darstellen, wodurch der Kunde sein Unternehmen in der Darstellung anhand von Stammdaten und Abläufen wieder erkennt.
Stakeholder	Endanwender, Entwickler, Kunde
Auswirkungen auf Stakeholder	Endanwender: Die Erstellung der Szenarien muss auf den speziellen Kunden erfolgen. Entwickler: Hohe Qualitätsansprüche an die Software. Die Datenübergabe an den Schnittstellen muss gewährleistet sein. Kunde: Die Darstellung der Software durch den IT-Dienstleister muss die eigenen Probleme deutlich wiedergeben.
Randbedingungen	Das Software-Tool muss realistisch darstellen können, wie Anforderungen des Kunden im Standard erfüllt werden. Durch die Visualisierungen dürfen jedoch keine unrealisierbaren Erwartungen bei dem Kunden geweckt werden.
Abhängigkeiten	Die Qualität der Daten des Kunden trägt maßgeblich zum Detailgrad der individuellen Szenarien bei.
Sonstiges	Kunde muss Informationen für die Erstellung der Demonstration bereitstellen

Tabelle 5.4: Schablone für die Formulierung des 4. Ziels

### 5.2.3 Anforderungen der Benutzergruppen

Anhand der Darstellung der verschiedenen Stakeholder und der Formulierung der Ziele resultieren unterschiedliche Anforderungen. Insbesondere im Hinblick auf den unterschiedlichen Erfahrungsstand der Anwender. Hieraus ergibt sich, dass vor allem die Lernbarkeit und Nutzbarkeit der Software einen hohen Einfluss auf das Konzept haben. Daher lassen sich vor allem Anforderungen an die Handhabung der Nutzer und nicht an die Reduzierung von Zeiten oder die Qualität der Darstellung ermitteln. Diese Punkte sind zwar für die letztendliche Umsetzung des Software-Konzeptes wichtig, jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht zu überprüfen. Die Formulierung der Benutzeranforderungen orientiert sich an der in Abschnitt 4.3.3 definierten Anforderungsschablone. Dazu erfolgt eine Einordnung anhand der verschiedenen Kapitel und keine Priorisierung der einzelnen Punkte. Dennoch werden alle Anforderungen zur besseren Nachverfolgbarkeit nummeriert. Des Weiteren wird ein Glossar eingefügt, wenn Erläuterungen zu einer Anforderung notwendig sind. Aus dem Glossar können ebenso Funktionalitäten im Grobdesign übernommen werden.

<b>A1.1</b>	Für die Erstellung von kundenindividuellen Szenarien muss das System dem Anwender die Möglichkeit bieten Stammdaten des Kunden zu der Datenbank hinzuzufügen.
<b>A1.2</b>	Für die Bearbeitung von Daten muss das System einem neuen Anwender die Möglichkeit bieten intuitiv durch das Menü geleitet zu werden.
<b>A1.3</b>	Der Nutzer muss fähig sein die Software einfach zu lernen.
<b>A1.4</b>	Der Zeitaufwand für die Eingabe der Daten und die Erstellung des Modells muss gering gehalten werden.

Tabelle 5.5: Ermittelte Benutzeranforderung

## 5.3 Bestimmung der Hauptfunktionalitäten und Abläufe

Ausgehend von der Problemstellung sind die Hauptfunktionalitäten und die Abläufe des Software-Tools zu klären. Dabei beschreiben die Hauptfunktionalitäten, welche Funktionen die Software grundsätzlich zu erfüllen hat. Darunter fällt die Gestaltung der Schnittstellen des Software-Tools zu anderen Programmen. Ebenso werden die Daten für die Erstellung des Modells in dem Simulationswerkzeug mit aufgenommen.

Die typischen Abläufe stellen die Vorgehensweise der zu entwickelnden Software dar. Dabei lassen sich drei grundsätzliche Abläufe darstellen. Zum einen Anlegen und Bearbeiten von Projekten, zum anderen die Erstellung von Kundenpräsentationen und die Erstellung eines Modells innerhalb eines Simulationswerkzeuges. Die Funktionsweise von SAP EWM soll grundsätzlich erhalten bleiben und somit orientieren sich die typischen Abläufe am SAP Standard. Dies basiert auf der in Abschnitt 2.5 getroffenen Annahme, dass viele Firmen die Implementierung von SAP nahe am Standard wünschen und tiefer gehende Änderungen der Software nur für besondere betriebliche Prozesse in den Firmen durchgeführt werden sollen. Für die Betrachtung der grundlegenden Funktionsweise sollen hier vor allem die Prozesse Wareneingang und Warenausgang betrachtet werden. Die lagerinternen Prozesse können sich stärker in den einzelnen Unternehmen anhand ihrer Strategien und Steuerungen unterscheiden. Zudem sind Tätigkeiten wie z. B. Inventur nicht praktikabel durch das Simulationswerkzeug darzustellen.

### 5.3.1 Hauptfunktionalitäten des zu entwickelnden Software-Tools

Die Hauptfunktionalität des Software-Tools soll nicht darin bestehen eine Kopie von SAP EWM zu sein, sondern vielmehr ein Programm, welches über eine Schnittstelle angebunden wird und das für das SAP EWM notwendige ERP-System emuliert. Deswegen ist eine Datenbank notwendig, auf die die zu entwickelnde Software zugreifen, Daten erstellen, bearbeiten sowie löschen kann. Da die Implementierung eines SAP EWM-Systems visualisiert werden

soll, muss eine Replikation von ERP-Stammdaten über die SAP Schnittstelle CIF erfolgen können. Diese Stammdaten werden entweder über eine Tabelle oder Datenbank importiert oder manuell eingegeben. Die manuelle Eingabe sollte nur dafür gedacht sein, einige wenige Beispieldaten einzugeben. Darüber hinaus müssen Grundfunktionalitäten wie „ändern“, „speichern“ und „löschen“ von Einträgen gegeben sein. Dies wird in dieser Arbeit grundsätzlich in der Beschreibung unter dem Punkt „Projektdatei bearbeiten“ zusammengefasst. Für die Anforderungen werden diese Punkte jedoch spezifisch formuliert.

Für den Anwender soll die Möglichkeit bestehen verschiedene Szenarien für ein Kundenunternehmen anzulegen, wenn diese innerhalb eines Projektes geführt werden. Anhand der Tatsache das es sich bei SAP EWM um ein Lagersystem handelt, besteht die Option ein oder mehrere Lagertypen anzulegen. Für diese müssen alle Informationen hinsichtlich der Lagerplätze wie Gassen (Aisle), Säulen (Stack), Ebenen (Level), Fachunterteilung (Bin Section) und Fachtiefe (Bin Depth) definiert werden. Zudem können Informationen hinsichtlich des Lagerguttypes angegeben werden (z. B. Palette, Karton, Fass, Langgut usw.). Anhand dieser Informationen sollen die verschiedenen typischen Abläufe erstellt und je nach Kundenwunsch angepasst werden. Da die Nutzung eines Simulationswerkzeuges einen typischen Ablauf darstellt muss hierfür ein Aufruf aus dem Software-Tool gegeben sein. Für die proportional korrekte Darstellung des Lagers soll es möglich sein, einen Querschnitt des Lagers bzw. des Gebäudes hochzuladen. Aufgrund der Informationen zu dem oder den Lagertypen und anhand des Layouts soll möglichst automatisiert die Erstellung eines Modells durchgeführt werden können.

### **5.3.2 Typische Abläufe innerhalb des Software-Tools**

Typische Abläufe sollen in Bezug auf die Funktionalitäten der Software und nicht auf die Prozesse in SAP EWM dargestellt werden. Da viele der Prozesse in SAP EWM automatisch ablaufen, werden diese in das Software-Konzept eingebunden und durch den Nutzer angestoßen. Es wird sich im Rahmen der Arbeit jedoch auf die bereits vorgestellten Prozesse Wareneingang und -ausgang beschränkt sowie die LZLs stellvertretend für die Arbeitsplätze. Für die lagerinternen Vorgänge und übrigen Arbeitsplätze muss eine Analyse analog erfolgen.

#### **Bearbeiten von Projekten**

Im Weiteren sollen die Abläufe innerhalb des Konzeptes beschrieben werden. Dazu bietet Anhang K eine Übersicht über die Zusammenhänge der einzelnen Funktionen innerhalb des Software-Programms. Beginnend mit der Auswahl eines Projektes oder dem Anlegen eines neuen Projektes wird eine erste Auswahl getroffen. Sollte ein neues Projekt angelegt werden, muss z. B. der Projektname festgelegt werden. Jedoch kann auch ein bereits bestehendes

Projekt ausgewählt werden (vgl. Abbildung 5.1). Daraufhin erfolgt die Entscheidung, ob Daten hinzugefügt oder bereits bestehende aufgerufen werden sollen. Existierende Daten können ohne eine Änderung übernommen oder aber bearbeitet werden.

Nach der Bearbeitung werden diese in einer Datenbank gespeichert und das Anlegen des Projektes ist abgeschlossen. Da die Bearbeitung deutlich detaillierter ausfällt, als in diesem

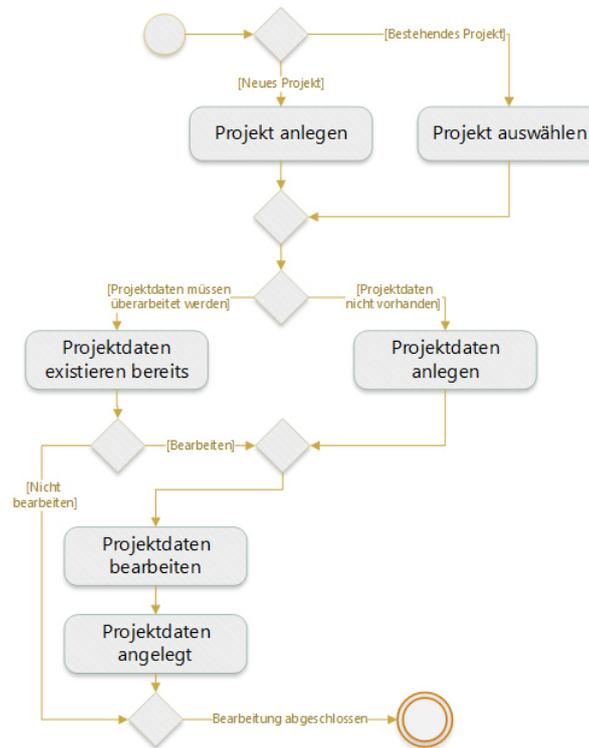


Abbildung 5.1: Prozess Projekt anlegen

ersten Schritt dargestellt, soll diese im Folgenden verfeinert werden. Grundsätzlich unterteilt sich die Bearbeitung in drei Kategorien, die für die spätere Anfertigung der Szenarien für den Kunden benötigt werden. Abbildung 5.2 zeigt bereits, dass nicht unbedingt eine Eingabe aller Daten erforderlich ist. Jedoch ergibt eine höhere Informationsdichte eine bessere Darstellung der späteren Demonstration. Um den Kunden ein besseres Verständnis zu ermöglichen, ist ein Auszug seiner Stammdaten, die in SAP EWM benötigt werden (vgl. Abbildung 2.12), der Datenbank des zu entwickelnden Software-Tools hinzuzufügen. Dies kann entweder automatisch über bereitgestellte Listen geschehen oder die Daten werden manuell erzeugt. Im Vertriebsprozess für die Auswahl betriebswirtschaftlicher Standardsoftware ist es üblich, dass der Kunde dem jeweiligen IT-Dienstleister Daten für die Anfertigung von Beispielen zur Verfügung stellt. Die manuelle Erstellung könnte auch während der Vorstellung des IT-Vertriebs in der Präsentation bei dem Kunden durchgeführt werden.

Weiterhin müssen alle relevanten Daten für das Lager angegeben werden. Anhand die-

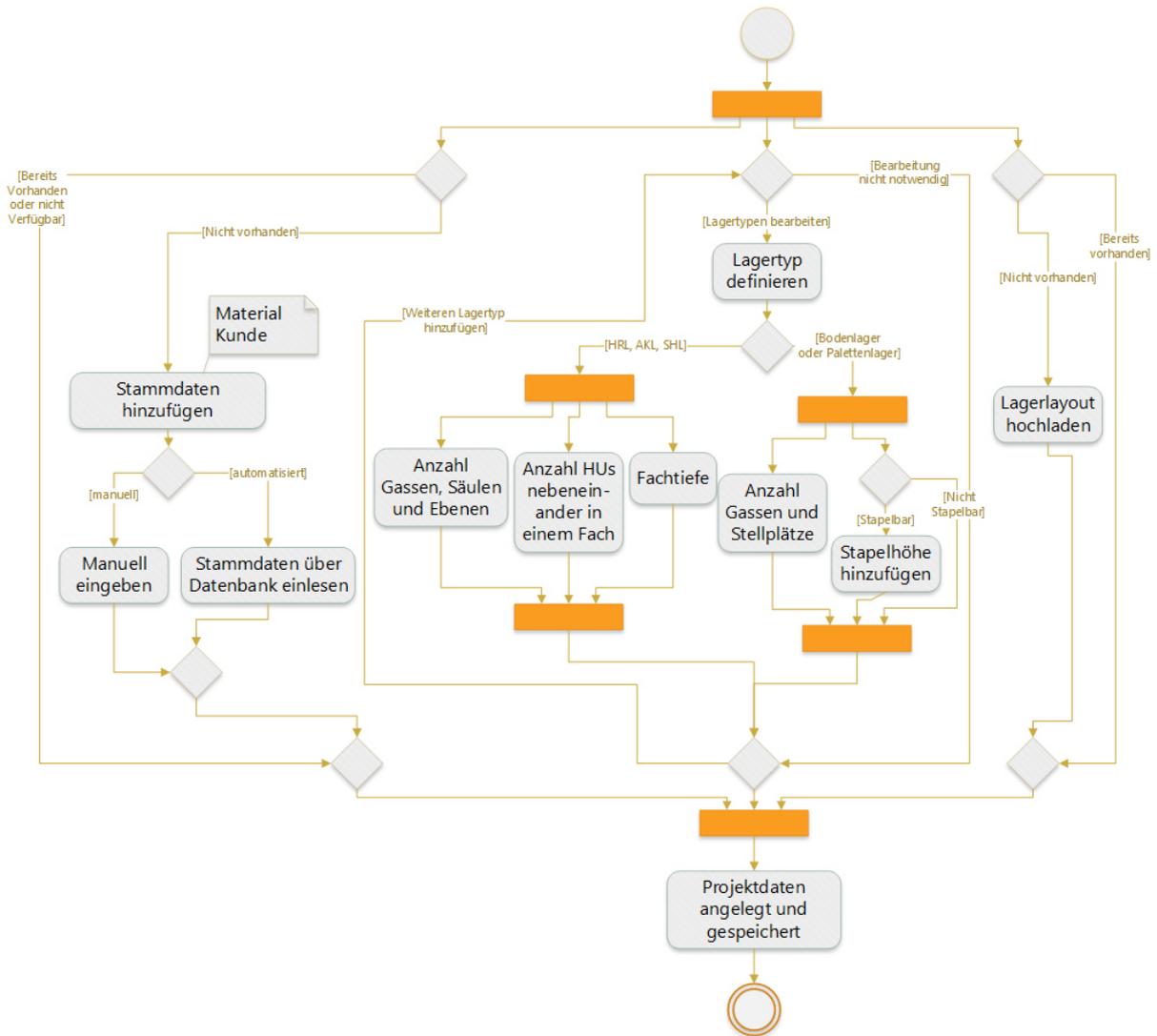


Abbildung 5.2: Prozess Bearbeitung von Daten

ser Daten werden Lagerkoordinaten für das SAP EWM angelegt, sowie die entsprechenden Modellelemente im Simulationswerkzeug ausgewählt. Weiterhin kann für das Simulationswerkzeug ein Layout hochgeladen werden, welches als Grundlage für die Positionierung der Modellelemente dienen soll. Diese detaillierte Darstellung der Lagertypen ist insbesondere für die Visualisierung hilfreich. Insbesondere bei 3D-Darstellungen lassen sich hierdurch die Regaldimensionen generieren und die Größe des Lagers visualisieren. Ebenso ist es hiermit möglich in SAP EWM die Lagerplatzstruktur anzugeben, um eine Einlagerung auf verschiedene Lagerplätze zu ermöglichen. Was das Aktivitätsdiagramm nicht zeigt, ist die Plausibilitätsprüfung, die bei allen Eingaben durchgeführt werden muss. Falscheingaben sollen systemseitig erkannt und von der Software direkt angezeigt werden.

Nachdem der Nutzer alle Daten entsprechend der beschriebenen Schritte angelegt hat, ist

die Dateneingabe abgeschlossen. Weiterhin hat der Anwender die Möglichkeit sich für den entsprechenden Wareneingangs- und Warenausgangsprozess die Arbeitsplätze auszusuchen, die er für seine kundenindividuelle Demonstration verwenden möchte (siehe Abbildung 5.3). Die Abbildung zeigt ebenso die Auswahlmöglichkeiten für die Tätigkeiten innerhalb der lagerinternen Prozesse.

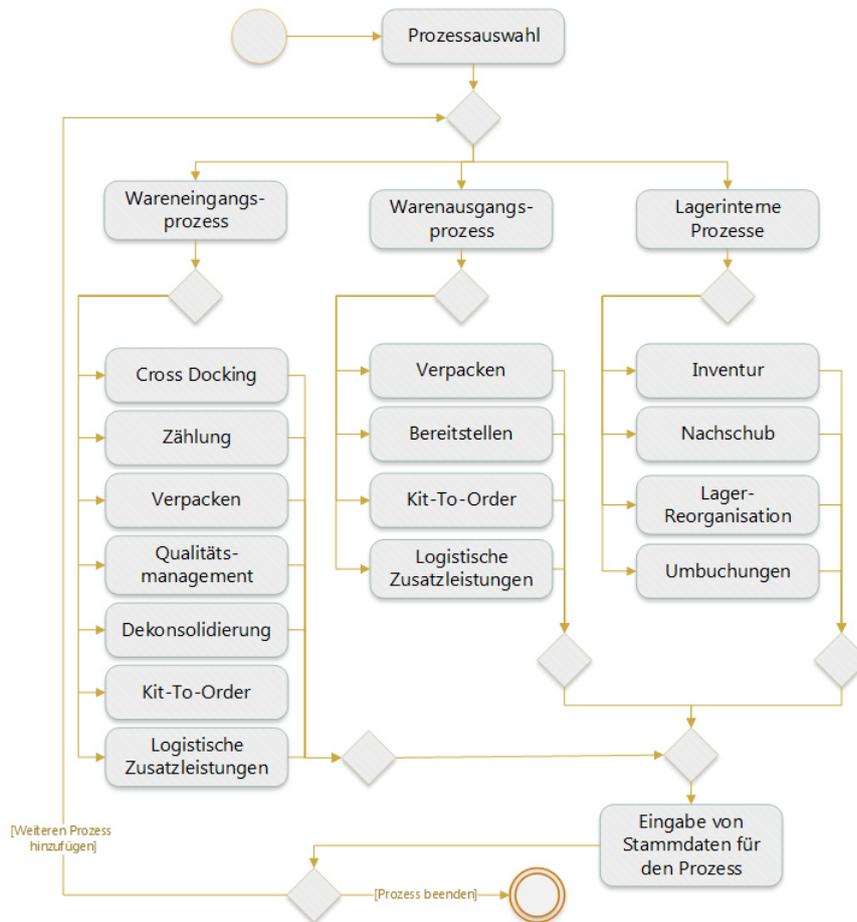


Abbildung 5.3: Aktivitätsdiagramm für die Prozessauswahl

Diese Auswahl ist wichtig, damit weitere, für den jeweiligen Prozess benötigte, Stammdaten hinzugefügt werden können. Beispielsweise müssen für die logistischen Zusatzleistungen Lager-Relevanz und Packspezifikationen gepflegt werden. Standardmäßig sollten die Prozesse Wareneingang und Warenausgang in der Lösung implementiert sein, da diese im Regelfall nach einer Umstellung auf das SAP EWM verwaltet werden.

### Einbindung eines Simulationswerkzeuges

Die Implementierung des Simulationswerkzeuges erfolgt über eine Schnittstelle in die zu entwickelnde Software. Über diese Schnittstelle werden alle Informationen übertragen, die für

die Erzeugung eines Modells notwendig sind. Diese Modellerstellung soll weitgehend automatisch erfolgen. Grundlegende Informationen sind hierbei die Positionierung der einzelnen Modellelemente sowie deren Abmessungen. Diese Informationen können beispielsweise anhand eines Layouts übergeben werden. Derzeitig wird die automatische Positionierung anhand standardisierter Listen erprobt und soll als Ziel mit für die Entwicklung des Software-Tools betrachtet werden.

In dieser Arbeit wird darüber hinaus der Einbezug von zuvor erstellten Baugruppen als Element zur Erstellung des Modells mit betrachtet. Dadurch lassen sich Arbeitsplätze in dem Modell standardisieren sowie der zeitliche Aufwand für die Modellerstellung reduzieren, weil weniger einzelne Elemente positioniert werden müssen. Hieran lässt sich erkennen, dass eine vollautomatische Modellerstellung (in der der Nutzer keine Platzierung und Verbindung von Modellelementen durchführt) zur Zeit nicht umzusetzen ist, jedoch kann dies als zukünftige Entwicklung mit aufgenommen werden.

Dadurch, dass es sich bei SAP EWM um eine Lagerverwaltungssoftware handelt, sind notwendige Bausteine vornehmlich Fördertechniken (für Paletten oder Kartons), Regalsysteme, Flurförderzeuge und Personen (siehe Anhang G.1). Um Aktionen wie z. B. die Kommunikation mit dem SAP EWM auszulösen, sind Punkte mit einem entsprechenden Verhalten zu implementieren. Diese Meldepunkte dienen zur Steuerung der HUs innerhalb des abgebildeten Materialflusssystem. Die Platzierung erfolgt an den Arbeitsplätzen und zur Steuerung des Materialflusses an den jeweiligen Einlagerungs- und Auslagerungsstichen, sowie an Punkten an denen Materialien in das System aufgenommen und auch wieder aus diesem entfernt werden. Durch diese Visualisierung der Prozesse soll dem Kunden ein besseres Verständnis der Funktionsweise von SAP EWM ermöglicht werden.

Insbesondere bei der Erstellung des Modells innerhalb des Simulationswerkzeuges ergeben sich einige Probleme. Zurzeit ist bei 3D-fähigen Simulationswerkzeugen das Importieren von Layouts mit z. B. dem Dateiformat „DWG“ möglich. Dieses beinhaltet, je nach Entwickler, eine Vielzahl an Ebenen, auf denen der Grundriss ganzer Firmengebäude detailliert abgebildet ist. Eine automatische Generierung der Modellelemente, alleine durch das Layout, ist bisher nicht möglich. Dafür fehlen dem Simulationswerkzeug entsprechende Daten zu der gewählten Fördertechnik und den jeweiligen Abmessungen. Außerdem ist nicht gewährleistet, dass eine korrekte Verknüpfung aller Modellelemente vorgenommen werden könnte. Dies gilt auch für die Darstellung eines korrekten Materialflusses.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass der Endanwender nur eingeschränkt im Umgang mit dem Simulationswerkzeug vertraut ist. Eine Fehleranalyse und -behebung durch den Nutzer wäre, bei automatischen Erstellungen, vermutlich nur mit erheblichem Zeitaufwand möglich. Um dennoch die Einbindung eines Modells mit einem annehmbaren Zeitaufwand zu ermöglichen, ist die Verwendung der oben beschriebenen Baugruppen denkbar.

## **Erstellung von kundenindividuellen Szenarien**

Die Erstellung der kundenindividuellen Szenarien soll anhand der zuvor eingegebenen Daten vollzogen werden. Die eingelesenen oder eingegebenen Stammdaten werden über die entsprechende Schnittstelle an das SAP EWM repliziert. Der Zugriff auf diese und die Verwendung durch das SAP EWM ist nun möglich. Durch das Auslösen eines Ereignisses (z. B. Anlieferung, Auslieferung), in dem zu entwickelnden Software-Tool, werden die entsprechenden Bewegungsdaten zu diesem Auftrag erzeugt. Hierfür wird auf die bereitgestellten Geschäftspartner- und Materialstammdaten des Kunden zurückgegriffen. Die Lagerungssteuerung, welche für den Wareneingangs- und Warenausgangsprozess definiert ist, erstellt die für diesen Auftrag notwendigen Belege und greift dafür auf die vorher bereitgestellten Stammdaten zurück.

Durch die Verknüpfung des Modells im Simulationswerkzeug und den erzeugten Daten im SAP EWM wird die Kundenpräsentation für diesen Prozess fertiggestellt. Die Präsentation der Daten ist vergleichbar mit einem Emulator. Innerhalb des Simulationswerkzeuges werden die jeweiligen Schritte animiert. Sobald eine Veränderung von Daten im SAP EWM geschieht, stoppt das Modell und die jeweiligen Daten können in SAP EWM betrachtet werden. Durch eine Bestätigung läuft die Simulation weiter bis die nächste Meldung wieder eine Unterbrechung der Animation bewirkt.

## **5.4 Ableitung funktionaler Anforderungen**

Im Weiteren sollen die aus den Hauptfunktionalitäten und Abläufen gefundenen Anforderungen anhand der Anforderungsschablone aus Abschnitt 4.3.3 hier definiert werden. Ebenso wie im vorherigen Kapitel wird die Nummerierung der Anforderungen fortgesetzt.

### **5.4.1 Anforderungen aus den Hauptfunktionalitäten**

Wie zuvor beschrieben wurde, sind grundlegende Funktionen zur Bearbeitung von Daten auch innerhalb des Konzeptes anzuwenden. Diese beinhalten, dass es dem Nutzer möglich ist eigene Projekte anzulegen und diese in Teilprojekte für die jeweiligen Abläufe zu gliedern. Während des Prozesses soll der Anwender jederzeit die Möglichkeit haben seinen Bearbeitungsstand zu speichern, eingegebene Daten wieder zu ändern oder aber zu löschen. Eine Nutzung desselben Projektes durch mehrere Nutzer zum gleichen Zeitpunkt ist jedoch nicht vorgesehen. Für eine möglichst automatisierte Erstellung eines Simulationsmodells, ist dem Nutzer die Möglichkeit zu geben, ein Layout des Unternehmens, in Form z. B. einer DWG-Datei, importieren zu können. Hieraus soll die notwendige Fördertechnik ermittelt und in

die Simulationsebene integriert werden. Darüber hinaus soll es dem Benutzer überlassen sein die Erstellung eines Modell innerhalb des Simulationswerkzeuges anzufertigen. Eine weitere Funktion ist das Ein- und Ausblenden der Animation des Modells der kundenindividuellen Szenarien im Laufe der Demonstration.

Wie aus der Anforderungsanalyse bereits erkenntlich wurde, muss SAP EWM häufig auf die Materialstammdaten zurückgreifen. Die Mehrheit wird von SAP ERP verwaltet und muss demnach für das SAP EWM vorliegen. Diese Stammdaten basieren auf Abschnitt 2.4.2. Im Hinblick auf die unzähligen Bezeichnungen für die Lagertypen innerhalb von Lagerverwaltungssystemen (vgl. Anhang B), ist es jedoch zu überlegen in welcher Tiefe die Art der Lagertypen gepflegt werden sollen.

Es genügt in diesem Fall sich auf die übergeordneten Typen (bspw. Hochregallager (HRL), automatisches Kleinteilelager (AKL), Shuttle-Lager (SHL), Bodenlager und Palettenlager) und Bereiche (Wareneingangs- und Waransgangsbereich, NiO-Bereich, Lagerbereich, etc.) zu konzentrieren und Sonderfälle erstmal nicht zu betrachten. Um einen höheren Detailgrad zu erreichen, müssen auch die Regaldimensionen (die Anzahl der Gassen, der Regale, der Ebenen und die Fachtiefe) bekannt sein. Die Verwendung von Lagerstrategien sind für die Darstellung innerhalb des Software-Tools nicht relevant und kann als Blackbox angesehen werden. Dies resultiert daraus, dass sowohl im Wareneingang als auch im Warenausgang eine Position der Lieferung betrachtet wird. Dadurch ist es irrelevant nach welchem Schema die Ein- oder Auslagerung der HU stattfindet. Auf die verschiedenen Formen kann innerhalb des Vertriebsgespräches eingegangen werden. Diese Strategien sind normalerweise bei bereits vorhandenen Systemen im SAP ERP hinterlegt und können für das SAP ERP übernommen werden. Daraus ergeben sich für die Hauptfunktionalitäten und Abläufe die folgenden Anforderungen:

<b>A2.1</b>	Projekt anlegen: Für unterschiedliche Kunden oder unterschiedliche Aufträge eines Kunden muss das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten ein neues Projekt anzulegen.
Glossar	Projektausgangsdaten: vom Benutzer definierter Projektname.
Glossar	Projekt: beinhaltet mehrere Teilprojekte die die verschiedenen Abläufe darstellen können. Unterschiedliche Projekte eines Kunden müssen auch unter unterschiedlichen Projekten angelegt werden.
<b>A2.2</b>	Projekt speichern: Nach der Eingabe von Daten muss das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten die Daten in einer Datenbank zu speichern.
<b>A2.3</b>	Daten anpassen oder löschen: Zu jeder Zeit muss das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten die eingegebenen Daten zu ändern oder zu löschen.
<b>A2.4</b>	Stammdaten einfügen: Für die Gestaltung der kundenindividuellen Szenarien muss das System dem Anwender die Möglichkeit bieten, Stammdaten des Kunden zu importieren oder manuell einzugeben.
<b>A2.5</b>	Eingabe von Lagerparametern: Bei der Projektdefinition muss das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten Lagerparameter einzugeben.
Glossar	Lagerparameter: Stellen die Informationen über Lagertyp, Anzahl der Gassen, Säulen, Ebenen, Fachunterteilung und -tiefe.
<b>A2.6</b>	Nach der Eingabe der Lagerparameter muss das System fähig sein die Daten nach der Lagerplatzstruktur des SAP EWMS in der Datenbank zu speichern.
<b>A2.7</b>	Hinzufügen eines Layouts: Durch ein Auswahlfeld soll das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten ein spezifisches Lagerlayout hochzuladen.
Glossar	Lagerlayout: Dient zur Darstellung der verschiedenen Bereiche an der richtigen Position und mit den richtigen Proportionen zueinander innerhalb des Modells.
<b>A2.8</b>	Anbindung der Simulationssoftware: Für die Kommunikation mit dem Simulationswerkzeug muss das System dem Endanwender die Möglichkeit bieten eine Verbindung zu dem Simulationswerkzeug herzustellen.
<b>A2.9</b>	Lagerungssteuerung: Die Anzahl und Anordnung der Arbeitsplätze in SAP EWM muss sowohl im Wareneingang als auch Warenausgang beliebig kombinierbar sein.
<b>A2.10</b>	Für die Erstellung eines Modells soll das System dem Anwender die Möglichkeit bieten aus einer Auswahl die richtigen Baugruppen auszuwählen.

Tabelle 5.6: Ermittelte Anforderungen der Hauptfunktionalitäten und Abläufe

### 5.4.2 Anforderungen hinsichtlich der Vorkonfiguration von SAP EWM

Anhand dieser bereits ermittelten Anforderungen lässt sich erkennen, dass die Flexibilität von SAP EWM eine große Herausforderung für die Darstellung in dem zu entwickelnden Software-Tool darstellt. Es wird antizipiert, dass das Software-Tool die verschiedenen Möglichkeiten die die Standardsoftware bietet, ebenso flexibel wieder geben kann. Daher ist es unvermeidbar, dass innerhalb des Konzeptes Werte bereits vorkonfiguriert werden. Diese Standardisierung bezieht sich vor allem auf Werte, die für die Arbeitsweise von SAP EWM notwendig sind, jedoch wenig Einfluss auf die Darstellung der Ergebnisse haben. Grundlegend ist die Lagernummer zu bestimmen anhand welcher die weitere Organisation aufgebaut ist. Darüber hinaus muss dieser Lagernummer ein Geschäftspartner zugeordnet werden. Dieser Geschäftspartner kann in Bezug auf die Bestände die Rollen Eigentümer, Verfügungsberechtigter und Besitzer einnehmen. In der Realität besteht die Möglichkeit, dass sich diese Rollen unterscheiden.

Darüber hinaus ist für reibungslose Kommunikation zwischen SAP ERP und EWM der Liefersplit einzurichten. Dieser bezeichnet die Möglichkeit Lieferungen sowohl im Wareneingang also auch Warenausgang auf mehrere Transporteinheiten zu verteilen. Weitere Faktoren die zu Berücksichtigen sind betreffen vor allem die Lagersteuerung. Hierzu gehören unter anderem die Zuordnung und Benennung der Lagertore sowie der zugehörigen Bereitstellungszonen. Für die Visualisierung innerhalb des Simulationswerkzeuges ist es möglich diese Tore und Zonen darzustellen und als mögliche Start- bzw. Endpunkte der Visualisierung anzulegen. Je nach eingesetztem Arbeitsplatz werden die notwendigen Parameter ebenfalls gesetzt. Innerhalb der Baugruppen sind Meldepunkte zu setzen, die über ein Telegramm die Ankunft eines HU an einem Arbeitsplatz an das Software-Tool melden. Dadurch wird der daraus entstehende Prozess angestoßen. Nach Abschluss und Quittierung der Tätigkeiten des Arbeitsplatz wird ein Telegramm in die umgekehrte Richtung übermittelt und die HU wird weiter gesendet. Die dafür notwendigen Meldepunkte und Telegramme sind für diese Verwendung vorzubereiten.

## 5.5 Ableitung nicht funktionaler Anforderungen

Nach der Bestimmung von Hauptfunktionalitäten und der verschiedenen Abläufe, sollen die nicht funktionalen Anforderungen definiert werden. Dabei wird bei den Qualitätsanforderungen auf die Anforderungen eingegangen, die innerhalb dieser Arbeit beeinflusst werden können. Diese Kriterien schließen auch die Software-Ergonomie ein. Qualitätsanforderungen, die bei der Erstellung der Software einen wichtigen Faktor darstellen, aber nicht in dieser Arbeit beachtet werden, sind Datensicherheit, Verständlichkeit, Wartbarkeit, Wieder-

verwendbarkeit. Auf die Berücksichtigung dieser Punkte kann hier nur hingewiesen werden, aber die Beachtung muss insbesondere durch die Entwickler bei der Programmierung der Software durchgeführt werden. Somit sind in diesem Kontext die Qualitätsanforderungen Korrektheit, Effizienz, Verfügbarkeit, Robustheit, Zuverlässigkeit sowie Benutzbarkeit relevant. Die Beschreibung der Anforderungen erfolgt anhand einer der Anforderungsschablonen nach Anhang J.

<b>A3.1</b>	Die Verarbeitung von Daten innerhalb des Software-Tools muss gleich der Ausgabe eines implementierten SAP EWM-Systems sein.
<b>A3.2</b>	Der Zeitaufwand der Eingabe von Daten und die Erstellung des Modells muss geringer oder gleich dem Aufwand für die jetzige Erstellung von Vertriebsbeispielen sein.
<b>A3.3</b>	Bei der Fehleingabe von Daten durch den Benutzer muss das System weiterhin stabil laufen.
<b>A3.4</b>	Die Auslastung des Systems bei großen Datenmengen soll nicht zu einem Absturz der Software führen.
<b>A3.5</b>	Eingabefelder für Daten sollen intuitiv von dem Benutzer auszufüllen sein.

Tabelle 5.7: Ermittlung der nicht funktionalen Anforderungen

# 6 Konzeptionierung des Software-Tools anhand der Anforderungsanalyse

## 6.1 Grundlegende Systemarchitektur

Basierend auf den technischen Anforderungen (aus Abschnitt 4.3.4) werden die Randbedingungen an die Systemarchitektur dargestellt. Neben den Beschreibungen an die Hard- und Software, wird zur Verfeinerung der Anforderungen, zunächst ein Überblick über die Systemarchitektur gegeben. Aus Abbildung 6.1 lässt sich die Schichtenarchitektur für die Kommunikation zwischen den einzelnen Bestandteilen des Konzeptes entnehmen. Die Basis bildet die Datenbankschicht und endet oben mit der Präsentationsschicht. Innerhalb der Datenbank werden alle Stammdaten und Lagerinformationen gespeichert und bereitgestellt. In der übergeordneten Ebene befinden sich sowohl das SAP EWM als auch das Simulationswerkzeug. Die Sichten des SAP EWMs sollen in der Benutzeroberfläche angezeigt werden und der Nutzer hat die Möglichkeit sich die verschiedenen Registerkarten anzusehen. Änderungen der Daten sollen jedoch lediglich innerhalb des Software-Tools vorgenommen werden. Hierdurch soll die Konsistenz der Daten gewährleistet werden. Alle SAP seitigen Nachrichten und Zustandsänderungen über den Wareneingangs- und Wareenausgangsprozess werden ebenfalls an das Software-Tool übertragen und von diesem verarbeitet.

Das Simulationswerkzeug hat ebenso Zugriff auf die Datenbank und ermittelt die notwendigen Daten für die Erstellung der jeweiligen Baugruppen (u. a. Regale und Arbeitsplätze). Die Platzierung der einzelnen Elemente kann automatisch oder manuell durch den Nutzer entstehen. Für die Durchführung der Animation während der kundenindividuellen Szenarien werden die notwendigen Nachrichten an das Software-Tool gesendet oder von diesem empfangen. Das Software-Tool kommuniziert sowohl mit SAP EWM als auch mit dem Simulationswerkzeug. Die in der Benutzungsoberfläche eingegebenen Daten werden hierin verarbeitet und an die untergeordneten Schichten weitergegeben. Darüber hinaus hat es Schreib- und Löschrechte auf die Datenbank und verarbeitet die ankommenden Daten.

Die Software wird im Rahmen des Vertriebsprozesses von IT-Dienstleistern eingesetzt. Daher wird die Präsentation der kundenindividuellen Szenarien vor allem mittels eines Laptops des Nutzers bei dem jeweiligen Kunden durchgeführt. Deswegen sind sowohl das Software-Tool als auch SAP EWM und das Simulationswerkzeug auf den verwendenden Laptops zu installieren. Der Zugriff auf die Programme über eine Cloud-Lösung ist nur bedingt möglich,

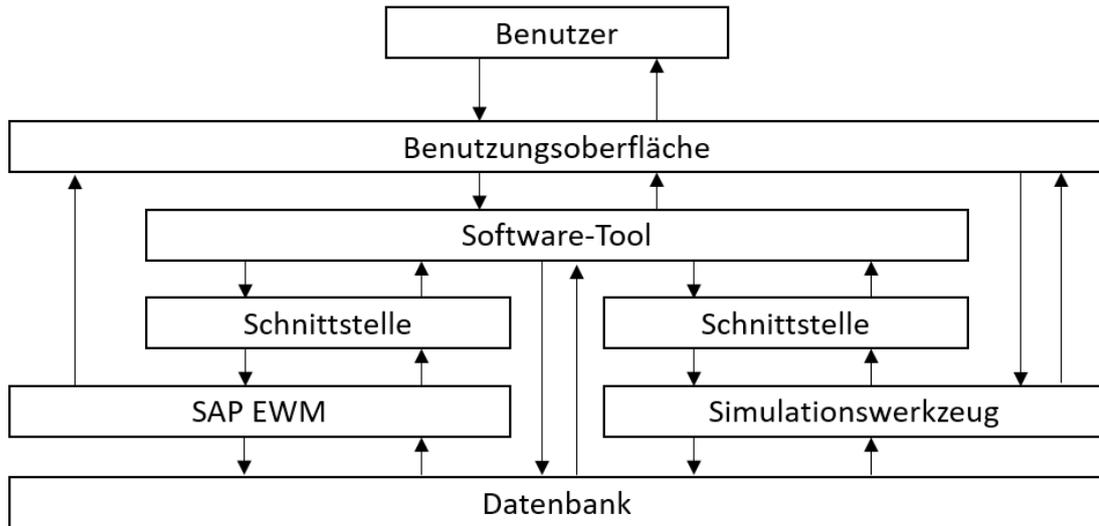


Abbildung 6.1: Schichtenmodell der Systemarchitektur des Software-Konzeptes

da hierfür sichergestellt sein müsste, dass dem jeweiligen Berater des IT-Dienstleisters im Vertriebsprozess Zugang zum Internet gegeben wird. Unter Umständen kann dies in Unternehmen aufgrund der herrschenden Sicherheitsbestimmungen nicht gegeben sein.

Der Laptop muss in der Lage sein, dass sowohl das Simulationswerkzeug als auch SAP EWM gleichzeitig lauffähig sind. In der Middleware muss die Kommunikation für die Bewegungsdaten über die Liefer- und Warenbewegungsschnittstelle des SAP EWM erfolgen. Darüber hinaus ist die Anbindung des Software-Tools über die Schnittstelle CIF erforderlich, um die von ERP verwalteten Daten korrekt an SAP EWM übertragen zu können. Ein zentrales Element spielt darüber hinaus die Wahl eines geeigneten DBMS. Dieses muss mit SAP EWM kompatibel sein und für jeden Kunden eine eigene Datenbank verwalten können. Hierbei muss der Datenschutz für alle Kundendaten gewährleistet sein. Trotz allem ist es ratsam, eine Datenbank mit Musterstammdaten anzulegen, die bei Bedarf eingebunden wird.

Innerhalb dieser Betrachtung wird sich beispielhaft auf das Simulationswerkzeug Demo3D bezogen, welches die 3D-Animation von Modellen ermöglicht. Dieses Simulationswerkzeug wird bei der Firma SimPlan Integrations GmbH verwendet. Zu dessen Systemvoraussetzungen gehört optimalerweise die Verwendung des Betriebssystems Windows 10. Bei dem Simulationswerkzeug handelt es sich um ein datenverarbeitendes Tool. Um eine breite Anwendbarkeit des Software-Tools zu gewährleisten, soll daher die Durchführung der beschriebenen Prozesse auch mit vergleichbaren Simulationswerkzeugen möglich sein. Da insbesondere 3D-Simulationswerkzeuge für die Durchführung von Simulationsläufen einen hohen Speicherbedarf benötigen, sind die Hardwareanforderungen hoch. Die hohe Rechenleistung der verschiedenen Programme erfordert mindestens einen 16GB RAM Arbeitsspeicher. Zudem erfordert

die Animation in dem Simulationswerkzeug eine 3D-fähige Grafikkarte.

## 6.2 Ableiten von Klassen, Attributen und Operationen aus der Anforderungsanalyse

Neben der Systemarchitektur wird im Folgenden die Anforderungsanalyse, durch die Ableitung von Klassen mit denen die Software arbeiten kann, verfeinert. Hierzu werden anhand der Abläufe der zu entwickelnden Software (vgl. Abschnitt 5.3) Klassen, Attribute und Operationen gebildet. Diese werden anhand der abgeleiteten Anforderungen überprüft und gegebenenfalls erweitert. Dadurch soll die Umsetzung aller ermittelten Anforderungen sichergestellt werden. Der Fokus für den IT-Dienstleister, wie auch für den Kunden, liegt darauf, dass der Kunde seine individuellen Daten in der Darstellung wieder erkennt. Die jeweiligen Anforderungen zu den Klassen werden zur besseren Nachverfolgung mit aufgenommen.

Wichtige Klassen stellen die initial übertragenen Stammdaten dar, weil vor allem durch diese eine Wiedererkennung für den Kunden geschaffen wird (vgl. Anforderung A3.1). Darüber hinaus wird von den Lieferbelegen auf die Produkt- und Geschäftspartnerstammdaten zurückgegriffen (vgl. Anforderung A2.4), um alle relevanten Informationen zu erlangen. Für die kundenindividuelle Darstellung sind nur die Stammdaten zu den Materialien von Bedeutung, welche auch physisch eingelagert werden. Rohstoffe, die für die Produktion eines Materials notwendig sind, aber innerhalb dieses Lagers nicht eingelagert werden (z. B. innerhalb eines Fertigteilelagers), sind nicht relevant. Folglich sind für die Betrachtung vor allem die Produktstammdaten wie Produktbezeichnung, Rohdaten (Abmessungen und Gewicht), Verpackungsinformationen und Lagerbedingungen (siehe Abbildung 6.2) wichtig. Dahingegen spielen Finanzdaten für das Lagerverwaltungssystem im Wareneingangs- und Warenausgangsprozess eine untergeordnete Rolle und sollen für diese Betrachtung außer Acht gelassen werden.

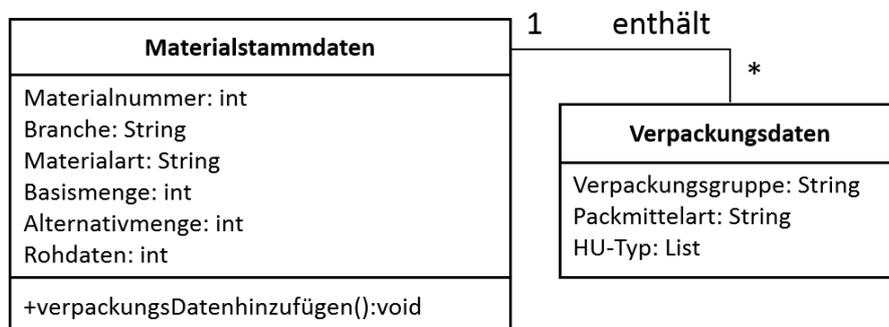


Abbildung 6.2: Klasse Materialstammdaten

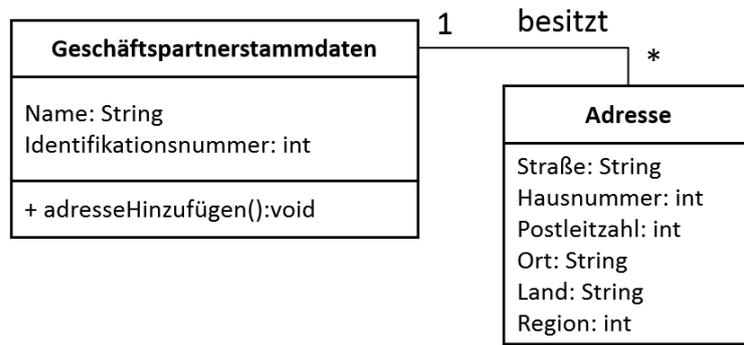


Abbildung 6.3: Klasse Geschäftspartnerstammdaten

Da innerhalb des SAP EWMs die Materialstammdaten eng mit den Geschäftspartnerstammdaten verknüpft sind, ist es ratsam diese ebenso mit zu bestimmen. So wird bspw. bei der Anlieferung der Lieferant und bei der Auslieferung der Warenempfänger mit aufgeführt. Zur Vervollständigung und zum besseren Verständnis für den Kunden können somit diese Daten herangezogen werden (siehe Abbildung 6.3). Dabei reichen die aus Abschnitt 2.3.4 benannten Stammdaten zu Geschäftspartnern, Name und Adresse. Sollten hierzu von dem Kunden keine Daten bereitgestellt werden, könnte auf eine Musterfirma zurückgegriffen werden. Dies soll leere Felder (z. B. bei der Ansicht des Warenempfängers innerhalb der Belege) bei der Präsentation vermeiden.

Wie bereits in Abschnitt 5.3 dargestellt, nehmen insbesondere Lieferbelege eine zentrale Funktion in der Kommunikation zwischen SAP ERP und SAP EWM ein. Insbesondere für die Auslösung von Wareneingangs- oder Warenausgangsprozessen sind diese notwendig und müssen in die Betrachtung mit aufgenommen werden. Generell repräsentiert die Klasse Lieferbelege (Abbildung 6.4) alle Belegtypen aus Abschnitt 5.3. Die Positionsinformationen setzen sich aus Materialstammdaten zusammen. Für die Auslösung eines Prozesses ist somit zuerst der jeweilige Prozess z. B. Wareneingang oder Warenausgang auszuwählen und daraufhin das jeweilige Material.

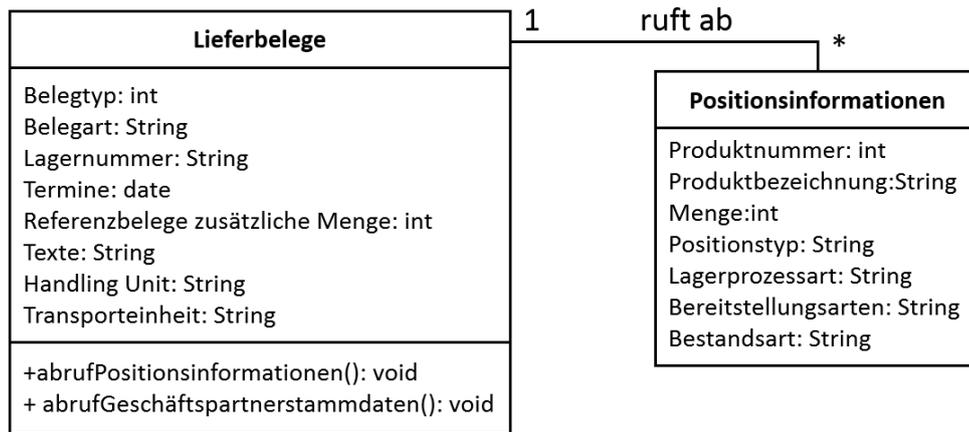


Abbildung 6.4: Klasse Lieferbelege

Neben diesen Stammdaten müssen die verschiedenen Lagertypen und Schnittstellenlagertypen bestimmt werden (vgl. Anforderung A2.5 - A2.7). Für die Lagertypen lassen sich in SAP EWM verschiedenste Einstellungen vornehmen, die zum Customizing für den Kunden dienen. Zur Erstellung der individuellen Szenarien dienen diese Daten, zum einen um die Lagerplatzstruktur für das SAP EWM zu generieren und zum anderen um eine bessere Darstellung im Modell des Simulationswerkzeuges zu erreichen. Trotz der Anpassung an den Kunden, sollen, im Rahmen dieser Arbeit, für den Vertriebsprozess die spezifischen Ein- und Auslagerstrategien nicht weiter beachtet werden. Dies folgt daraus, dass für einen Prozess immer nur der Ablauf für eine Palette betrachtet werden soll.

Die Lagernummer kann durch den IT-Dienstleister entweder eigenständig oder von dem jeweiligen Kunden vorgegeben werden. Lagertypen und Schnittstellenlagertypen lassen sich in der Klasse synonym verwenden. Daher wird für diese Klasse entweder der Lager- oder der Schnittstellenlagertyp bestimmt (siehe Abbildung 6.5). Operationen, die in Zusammenhang

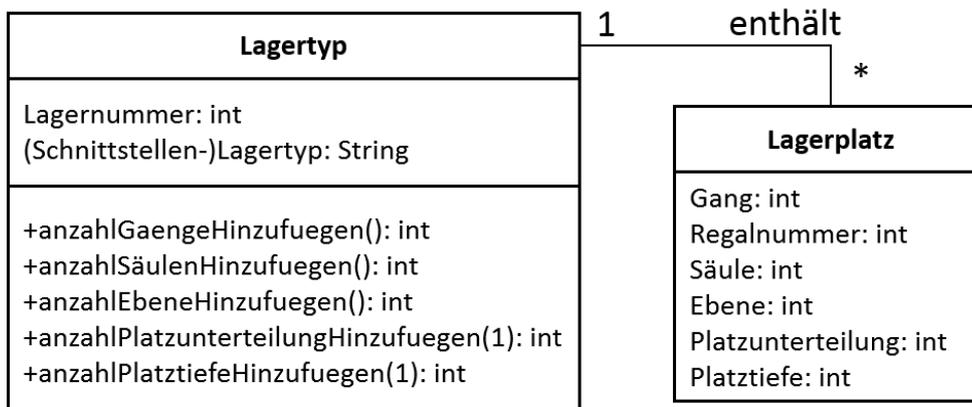


Abbildung 6.5: Klasse Lagertyp und Lagerplatz

mit dieser Klasse stehen, sind die Bestimmung von Gang (A = Aisle), Regal (R = Rack), Säule (S = Stack), Ebene (L = Level) sowie Platzunterteilung (B = Bin Section) und Platztiefe (D = Bin Depth). Durch die in Abschnitt 2.4.2 vorgestellte Lagerplatzstruktur ergibt sich für die zu vergebenden Lagerplätze das Schema AA-RR-SSSS-LL-BB-DD. Somit würde für den Lagerplatz in Gang 2, Regal 1, Säule 3, Level 5, ohne Platzunterteilung und auf dem ersten Platz folgende Lagerplatzbezeichnung entstehen: 02-01-0003-05-01-01.

In Bezug auf das Simulationswerkzeug sollten für eine automatische Erstellung Positionsangaben und Abmessungen für Regale, Arbeitsplätze und die verschiedenen Bereiche gegeben sein. Liegen hierfür keine Informationen (z. B. durch ein fehlendes Layout) vor, ist es dem Anwender überlassen, ob eine Positionierung anhand eines Standardmodells oder überhaupt keine Erstellung eines Modells vorgenommen wird. Diese Entscheidung des Anwenders hängt von der Art des Projektes und der Beziehung zu dem Kunden ab. Eine Entscheidung für die Verwendung eines Modells sollte immer dann positiv ausfallen, wenn es sich um ein Projekt mit einem Neukunden oder den Neubau eines Lagers handelt. In diesen Fällen hilft die Visualisierung, um ein einheitliches Verständnis zu der Funktionsweise von SAP EWM zu schaffen. Bei Bestandskunden oder der Modernisierung der Lagerverwaltungssysteme ist die Durchführung der Visualisierung nicht unbedingt notwendig. Insbesondere im letzteren Fall ist es sogar möglich, dass sich der Kunde aufgrund geringerer Detailgenauigkeit des Modells nicht repräsentiert sieht und Nebensächlichkeiten bei der Vorstellung in den Fokus rücken.

Bei der Erstellung eines Modells werden verschiedene Klassen verwendet. Zum einen wird auf den Lagertyp zurückgegriffen, um die Informationen für den zu erstellenden Lagerbereich zu erhalten. Zum anderen werden Daten zur Fördertechnik (insbesondere bei automatischen Systemen) und Arbeitsplätzen verwendet, soweit diese vorliegen. Durch die Unterschiede in der Fördertechnik der verschiedenen Hersteller und zum Teil hohen Komplexität der Materialflusssysteme, ist eine automatische Positionierung in den nächsten Jahren nicht zu erwarten. Zur Vereinfachung und Standardisierung der Modelle sollen die einzelnen Elemente (Arbeitsplätze, Regalsysteme und Fördertechnik) als Baugruppen zusammengefasst werden. Innerhalb von Demo3D können Regale oder Regalsysteme bereits anhand ihrer Attribute erweitert werden.

Die Arbeitsplätze sollen als Baugruppe für die Modellierung verfügbar sein (beispielhaft ist ein Arbeitsplatz zur Kommissionierung in Anhang L abgebildet). Sie bestehen aus einzelnen Modellelementen, die zu einer Gruppe zusammengefasst sind. Dadurch ist es auch möglich, die Anzahl bestimmter Arbeitsplätze zu bestimmen und diese in das Modell zu importieren (vgl. Anforderung A2.10). Der Endanwender soll daraufhin lediglich die Verbindungen zwischen den einzelnen Baugruppen herstellen, um somit den jeweiligen Materialfluss nachbilden zu können. Weiterhin sollten bei den Arbeitsplätzen Meldepunkte implementiert sein, die mit dem Software-Tool kommunizieren, und einen Status zu ihrer jeweiligen Position

(z. B. „Offen“, „in Bearbeitung“ oder „Quittiert“) abgeben können.

### **6.3 Überlegungen zur Oberflächenentwicklung**

Das Konzept des Software-Tools, welches im Rahmen dieser Arbeit entwickelt werden soll ist im Hinblick auf verschiedene Anforderungen zu erstellen (vgl. 5.4). Die Benutzbarkeit des Nutzers sowie die leichte Erlernbarkeit sind dabei zentrale Anforderungen der Nutzer an das Software-Tool (Anforderungen A3.2 - A3.4). Durch die Verwendung einer bekannten Benutzeroberfläche, welche z. B. die Windows-Style-Guides beachtet, soll dem Nutzer das Gefühl einer vertrauten Umgebung vermittelt werden. Weiterhin soll die Nutzbarkeit durch die Menüführung erhöht werden. Soweit möglich sollen Eingaben vermieden werden und auf Dropdown-Listen zurückgegriffen werden. Getätigte Eingaben werden auf ihre Plausibilität überprüft und dem Nutzer unmittelbar mitgeteilt. Um die Abläufe schneller zu gestalten, sind die Auswahlmöglichkeiten auch per „Drag-and-Drop“ hinzuzufügen. Diese Maßnahmen sollen dazu beitragen, dass eine intuitive Handhabung des Programmes möglich ist, die kundenindividuelle Gestaltung der Prozesse durchgeführt werden kann und alles zusammen einen geringen Zeitaufwand erfordert. Die Anlage eines Projektes und die Bearbeitung (öffnen, speichern, löschen und ändern) durch den Benutzer muss gewährleistet werden (Anforderungen A1.1 - A1.4).

Nach der Überlegung über die grundlegenden systemseitigen Randbedingungen, sind grundsätzliche Entscheidungen hinsichtlich der Funktionsweise der Oberfläche zu treffen. Hier gilt es zu klären, welche Abfragen bzw. Masken nach außen sichtbar sein sollen sowie die Verwendung von Werten aus Eingabemasken. Dabei müssen die einzelnen Objekte keine Parameter enthalten und können lediglich textuell beschrieben sein. Auch in dieser Phase ist es ratsam, sich Überlegungen zu der Realisierung des späteren Aussehens der Benutzeroberfläche zu machen, auch wenn dies ausführlich im Feindesign vorgenommen wird.

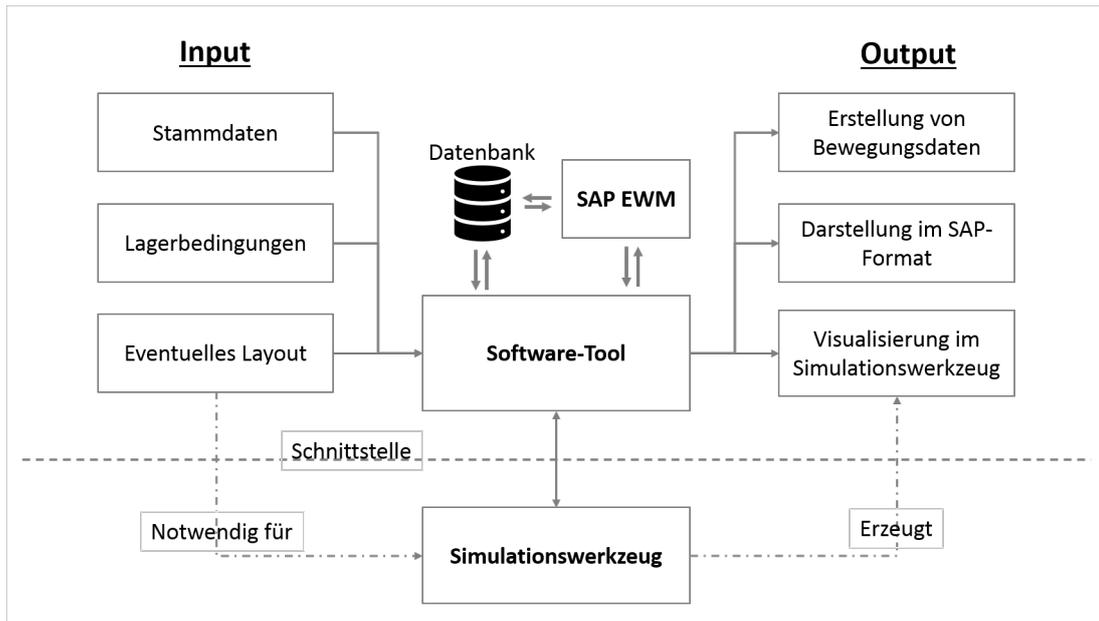


Abbildung 6.6: Ein- und Ausgabedaten des Softwarekonzepts

Abbildung 6.6 beschreibt die zu entwickelnde Software zunächst als Blackbox. Eingangsdaten (Stammdaten, Lagerdaten und Layout) werden innerhalb der Software umgewandelt und in einer Datenbank abgespeichert. Auf diese Datenbank hat das SAP EWM sowohl Lese- als auch Schreibrechte. Durch die Kommunikation zwischen dem Software-Tool und SAP EWM können die verschiedenen Prozesse ausgelöst werden. Weiterhin ist ein Simulationswerkzeug an das Software-Tool angebunden (vgl. Anforderung A2.8) und erhält von diesem alle notwendigen Daten um ein Simulationsmodell zu erstellen. Ausgabedaten des Software-Tools sind zum einen Abbildungen der Prozessschritte im SAP-Format und die dort entstandenen Bewegungsdaten. Dem Kunden soll das Gefühl vermittelt werden, dass die Software schon im Einsatz seines Unternehmens ist. Dieses soll durch ein Simulationswerkzeug visualisiert werden.

Aufbauend auf der Klasseneinteilung im vorherigen Abschnitt, soll nun die Oberfläche der Software betrachtet werden. Den Einstieg in die Software bildet die Graphical-User-Interface (GUI)-Steuerung. Innerhalb dieser kann entschieden werden, ob

- ein neues Projekt erstellt oder bearbeitet,
- die Projektverwaltung aufgerufen oder
- die Verbindung mit einem Simulationswerkzeug hergestellt werden soll.

Daraus ergeben sich für die Oberfläche verschiedene Masken, auf die im Folgenden näher eingegangen wird. Zum einen ergibt sich die Stammdatenmaske. Innerhalb dieser wird ausgewählt, ob die Stammdaten hochgeladen oder aber manuell eingeben werden sollen. Im

ersten Fall muss gewährleistet sein, dass das Format der Daten korrekt in der Datenbank gespeichert werden kann. Darüber hinaus können über eine Layoutmaske ein entsprechendes Layout des Lagers und die Abmessungen der eingesetzten Fördertechnik hochgeladen werden. Durch eine Plausibilitätsprüfung muss ausgeschlossen werden, dass ein falsches Format eingelesen wird. In der Projektverwaltung können weiterhin die Prozesse Wareneingang, Warenausgang oder lagerinterne Prozesse ausgewählt werden (vgl. Anforderung A3.9). Diesen werden die jeweiligen Arbeitsplätze zugeordnet und, je nach Kunden, angeordnet. Dies soll die Erstellung einer individuellen Demonstration gewährleisten.

Über eine Schnittstelle zwischen dem Software-Tool und dem Simulationswerkzeug wird die Übertragung der in dem Software-Tool festgelegten Daten zum Layout und den Lagertypen in einer standardisierten Form an das Simulationswerkzeug vorgenommen. Anhand dieser Daten können die einzelnen Elemente entsprechend zueinander platziert werden. Durch die vorherige Auswahl der Arbeitsplätze können die Baugruppen in dem Modell platziert werden. Durch die Verbindung der einzelnen Elemente über die entsprechenden Konnektoren lässt sich die Richtung des Materialflusses einrichten. Für die Kundenpräsentation soll eine Verknüpfung zwischen dem SAP EWM, Software-Tool und dem Simulationswerkzeug in Form eines Emulators erfolgen.

Das Software-Tool wird an die Schnittstellen CIF, Lieferschnittstelle und Warenbewegungsschnittstelle angeschlossen. Somit wird dem EWM suggeriert mit SAP ERP zu kommunizieren. Dadurch müssen auch die gesendeten und empfangenen Belege durch das Software-Tool verarbeitet werden. Durch die Anbindung des Simulationswerkzeuges erfolgt simultan eine Visualisierung der physischen Warenbewegung. Bei Zustandsänderungen innerhalb von SAP EWM, wird die Visualisierung angehalten, um die Änderung der Daten betrachten zu können.

Hierfür sollen die jeweiligen SAP-Befehle zum Aufrufen der bestimmten Sicht in das Software-Tool integriert werden. Durch die Anfertigung eines Lieferbelegs wird eine Replikation an das SAP EWM gesendet und dort der jeweilige Prozess angestoßen. Darauf aufbauend wird der Prozess ausgeführt und alle weiteren Belege generiert. Für eine bestmögliche Übersicht sollen die GUIs der einzelnen Programme in separaten Fenstern auf dem Desktop angeordnet werden (vgl. Abbildung 6.7). Diese Anordnung ist flexibel durch den Benutzer anpassbar und in der Größe verstellbar. Die verschiedenen Ansichten können zudem ein- oder ausgeblendet werden.

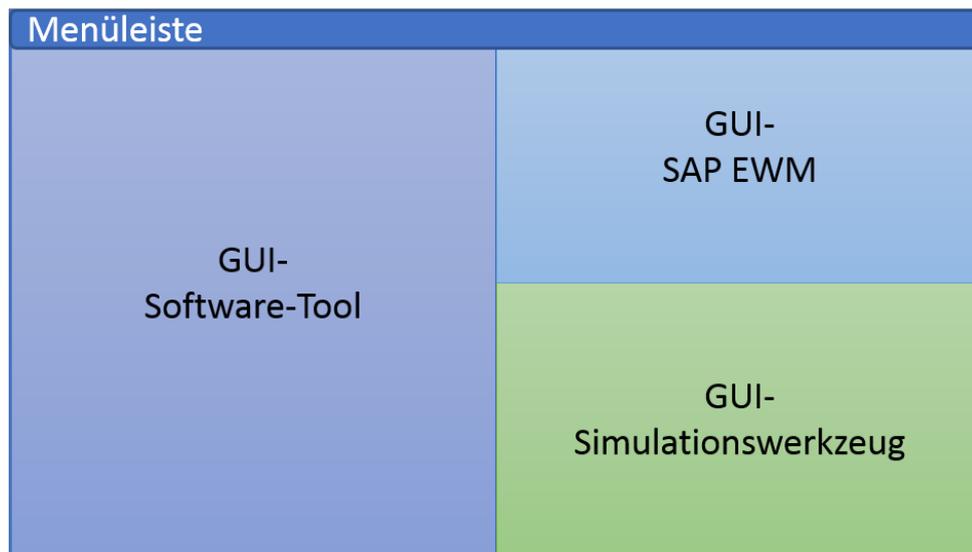


Abbildung 6.7: Beispielhafte Anordnung der unterschiedlichen GUIs

## 6.4 Vorkonfiguration von SAP EWM für die Verwendung mit dem Software-Tool

Neben der allgemeinen Oberflächengestaltung des Software-Tools muss darauf eingegangen werden, welche Werte durch den IT-Dienstleister als Standard angesehen werden, um somit den Aufwand zu reduzieren. Hierbei geht es um Annahmen, die nicht mit der Realität übereinstimmen müssen, für die Funktionsweise von SAP EWM relevant sind, aber keinen unmittelbaren Einfluss auf die Ergebnisse haben. Zur Erhöhung der Leserlichkeit werden in diesem Kapitel definierte Werte immer als zu implementierende Standard-Werte angenommen. Nichtsdestotrotz soll auch weiterhin die Möglichkeit bestehen im Bedarfsfall Änderungen vorzunehmen.

Die Lagernummer innerhalb von SAP EWM besteht aus vier Zeichen, die für die Beispiele im Regelfall eine Standardbezeichnung enthalten kann, wie z. B. *LG01*. Ebenso muss generell der Liefersplit gewährleistet sein, andernfalls ist die korrekte Verteilung der Lieferung nicht gegeben. Für die Verwaltung des Lagers muss ebenfalls ein Geschäftspartner zugeordnet werden, dieser kann in der Realität entweder Besitzer, Verfügungsberechtigter oder Eigentümer sein. Diese Unterscheidung bezieht sich vor allem auf die rechtliche Unterscheidung zu dem Besitz des Materials. Zu Demonstrationszwecken soll angenommen werden, dass alle drei Parteien derselbe Geschäftspartner sind und somit erhält dieser die Bezeichnung des in SAP ERP hinterlegten Werkes. Darüber hinaus muss eine Supply Chain Unit (SCU) im Hinblick auf den genauen Standort, die Zeitzone und die Geschäftsbeziehung definiert werden. Für die Bezeichnung der SCU soll der Lagernummer ein *PL* für die Bezeichnung Werk (englisch

Sicht „Zuordnung: Lagernummer/Geschäftspartner“ ändern: Detail

Daten Bearbeiten    Neue Einträge

Lagernummer    LG01

Zuordnung: Lagernummer/Geschäftspartner

Bezeichnung	Lager
Supply-Chain-Unit	PLLG01
Besitzer	LG01
DfltVerfBer.	LG01
Dflt-Warenempfänger	STPRT

Abbildung 6.8: Anlehnung an die SAP Sicht für die Zuordnung von Lagernummer und Geschäftspartner in der SCU

Plant) vorangestellt werden. Diese Verknüpfung lässt sich aus Abbildung 6.8 entnehmen. Die Standortangaben sind jeweils dem ausgewählten Lager und Geschäftspartner hinterlegt. Die Bezeichnung „DeflVerfBer.“ steht für den Verfügungsberechtigten. Für die Lagertypen soll als Standard die Pflicht von HUs vorgegeben sein, da in der Regel davon ausgegangen wird, dass Materialien in Verpackungen und auf Ladungsträgern eingelagert werden.

Als Bestandsarten, welche die Verfügbarkeit der Gruppe bestimmen, soll sich grundlegend auf die Gruppen *Ware in Einlagerung*, *Ware voll verfügbar*, *Bestand in Fertigung* und *Cross Docking* bezogen werden. Trotz der Möglichkeit die verschiedenen Lagertypen, Lagerbereiche und Arbeitsplätze auszuwählen, können und müssen auch hier Standardisierungen vorgenommen werden. Bereitstellungszone wie Wareneingang und Warenausgang müssen definiert und können voreingestellt werden. Diese Konfiguration bestimmt, dass z. B. mit dem Beladen begonnen werden kann, wenn die erste HU ankommt. Dies resultiert daraus, dass beispielhaft der Prozess für eine Ladung die An- oder Auslieferung betrachtet werden soll. Auch für die Anlage von Arbeitsplätzen kann eine Standardisierung vorgenommen werden. Je nach gewähltem Prozess soll so auf Voreinstellungen zurückgegriffen werden, die die entsprechenden Handlungen des Arbeitsplatzes darstellen. So können Arbeitsplätze unterschiedlichen Lagertypen zugeordnet werden, ein entsprechendes Arbeitsplatz-Layout hinterlegt werden und ein Ausgangsprozess bestimmt werden.

Beispielhaft soll die Standardisierung für einen LZL-Arbeitsplatz gezeigt werden (vgl. Abbildung 6.9). Festzulegen sind für den oder die LZL-Arbeitsplätze sowohl die Produktgruppenarten als auch die Produktgruppe. Dabei lassen sich den Produktgruppenarten beliebig viele Produktgruppen zuordnen. Die Standardisierung soll je nach Prozessauswahl entweder eine Produktgruppe für einen Eingangs-LZL-Arbeitsplatz (Produktgruppe = VAS Inbound) oder einen Ausgangs-LZL-Arbeitsplatz (Produktgruppe = VAS Outbound) anlegen. Damit

Sicht „Steuerung: Anlegen LZL und Existenzprüfung Packspezifikationen“	
Daten Bearbeiten	
Neue Einträge	
Lagernummer	LG01
Belegtyp	PDO Auslieferung
Belegart	OUTB
Positionsart	ODLV
Produktgruppe	VAS OUTBOUND
<b>Steuerung: Anlegen LZL und Existenzprüfung der Packspezifikation</b>	
Schema Packspez.	PS01
LZL-Auftrag	1. Beim Anlegen der Lageranf./Lageranf.Postion erzeugen
PSExistPrfg	Existenzprüfung nicht durchführen
Partnerrolle	STPRT
Terminart	TDelivery

Abbildung 6.9: Anlehnung an die SAP Sicht für die Steuerung der LZL für einen Warenausgangsprozess

die Durchführung für diesen Prozess auch gewährleistet ist, ist die Anpassung der Steuerung auf die Belege vorzunehmen. Dafür ist für den Arbeitsplatz standardmäßig der Anlieferungsbeleg (PDI) oder Auslieferungsbeleg (PDO) auszuwählen. Ebenso ist bei der Anlage eines solchen Beleges automatisch einzustellen, dass ein LZL-Auftrag erstellt wird. Darüber hinaus ist eine Beleg- und Positionsart für diesen Prozess festzulegen. Weiterhin muss für den Arbeitsplatz die Auswahl einer Packspezifikation (z. B. PS01) erfolgen und die dafür benötigten Materialien, wie z. B. der benötigte Karton. Weiterhin muss eine Partnerrolle vergeben werden, die sich z. B. auf den Lieferanten oder den Warenempfänger (STPRT) beziehen. Diese Partnerrolle ist je nach Prozess vorzugeben. Als Bearbeitungstermin (Terminart) kann immer der aktuelle Tag gewählt werden. Nach Abschluss des LZL-Prozesses ist die Weiterführung zum nächsten Arbeitsplatz zu gewährleisten.

Die Vorkonfiguration des Simulationswerkzeugs wird durch die Erstellung von Baugruppen für die verschiedenen Arbeitsplätze und die Bereitstellungszone im Wareneingangs- und Warenausgangsbereich vorgenommen. Die Baugruppen bestehen dabei aus einzelnen Modellelementen und lassen sich je nach Bedarf anordnen. Darüber hinaus lassen sich die Von-Nach-Verbindungen für die richtige Funktionsweise setzen. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die für die Darstellung richtige Fördertechnik verwendet wird (z. B. Rollenförderer für den Transport von Paletten oder Gitterboxen). Zum einfacheren Verständnis können der Bereich bzw. Arbeitsplatz beschriftet werden. Die Baugruppen werden in einem Katalog abgelegt, welcher immer im Zusammenhang mit dem Software-Tool verwendet werden soll.

# 7 Darstellung der Funktionsweise des Software-Tools anhand eines Praxisbeispiels

## 7.1 Vorstellung der Beispielfirma

Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse und des Grobdesigns sollen nun anhand eines Beispiels auf ihre Korrektheit überprüft werden. Es wird angenommen, dass die Vorkonfiguration bereits vorgenommen wurde. Aus Sicht des IT-Dienstleisters wird die Anwendung des Software-Tools beschrieben, welches zur Unterstützung für die Erstellung von kundenindividuellen Szenarien einer Beispielfirma angewendet werden soll.

Als Beispiel wird eine Firma beschrieben, die den Neubau eines Lagers plant und dort ein neues SAP EMW implementieren möchte. Das Lager beinhaltet sowohl ein einfachtiefes automatisches HRL mit 5 Gassen, 20 Säulen und 10 Ebenen, als auch ein automatisches SHL mit 3 Gassen, 25 Säulen und 15 Ebenen. Es wird angenommen, dass eine Auswahl der benötigten Stammdaten anhand einer Microsoft-Excel Tabelle eingelesen werden kann. Da hier nur das Zusammenspiel des Software-Tools mit SAP EWM und Simulationswerkzeug dargestellt wird, ist eine genaue Betrachtung der Stammdaten nicht erforderlich. Die Benutzeroberfläche des Software-Tools wird innerhalb des Kapitels nur beschrieben. Ein Layout liegt für die Darstellung nicht vor, die Erstellung eines Modells innerhalb des Simulationswerkzeug Demo3D wird aber vorgenommen (vgl. Anhang M).

### 7.1.1 Anlegen der Daten für die Beispielfirma

Anhand dieser Firma soll nun die Vorgehensweise für die Erstellung eines kundenindividuellen Szenarios gezeigt werden. Zuerst wird ein Projekt mit einem eindeutigen Namen festgelegt. Daraufhin können unter den verschiedenen Masken zunächst die Lagertypen und Schnittstellenlagertypen definiert werden, um somit die jeweilige Bezeichnung der Lagerplätze zu erhalten. Somit ergibt sich für das Kundenbeispiel die Organisationsstruktur aus Abbildung 7.1. Das Lager an sich wird unter der Nummer *LG01* angelegt. Darunter finden sich die Lagertypen HRL, SHL sowie die Bereitstellungszonen. Die Arbeitsplätze sollen keine Lagerflächen beinhalten.

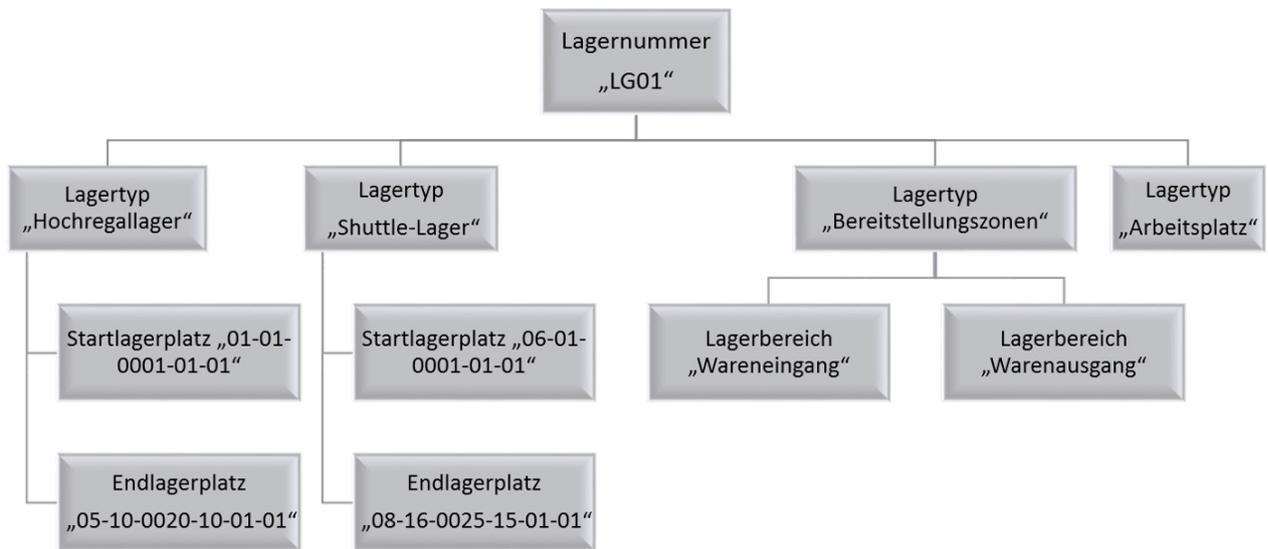


Abbildung 7.1: Organisationsstruktur der Beispielfirma

Die beiden ersten Lagertypen beinhalten keine Lagerbereiche, da keine Unterscheidung in z. B. Schnell- oder Langsamdreher vorgenommen wird. Die Bereitstellungszonen können anhand der Lagersteuerung definiert werden und durch Einbezug oder Auslassen von Arbeitsplätzen bereits den weiteren Materialfluss bestimmen. Der Materialfluss für den Wareneingang lässt sich aus Abbildung 7.2 entnehmen. Die blauen Pfeile visualisieren die unterschiedlichen Materialflüsse innerhalb der Beispielfirma.

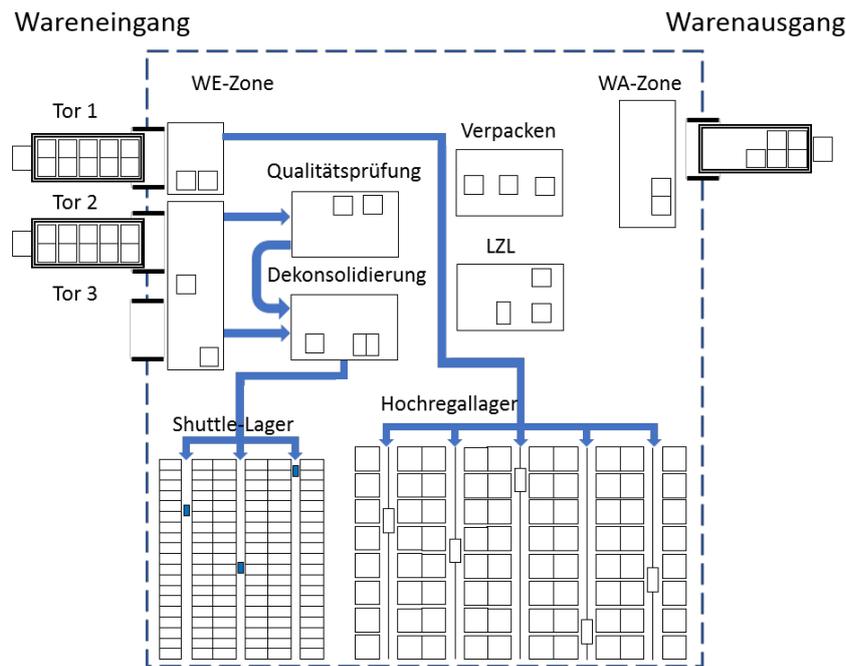


Abbildung 7.2: Schematische Darstellung des Wareneingangs in der Beispielfirma

Wie bereits in Abschnitt 6.4 beschrieben, wird anhand der prozessorientierten Lagerungssteuerung der korrekte Materialfluss bestimmt und automatisch die Generierung von Lageraufgaben durchgeführt, sobald Tätigkeiten an einem Lagerplatz abgeschlossen sind. Daraus folgt, dass für die Beispielfirma zwei Bereitstellungsbereiche im Wareneingang anzulegen sind. HUs, die von Tor 1 kommen, werden anhand von HU-Lageraufgaben entladen. Da die Firma ein automatisches HRL implementiert hat, kann keine direkte Einlagerung erfolgen. Aus diesem Grund muss ein Transport zu einem Übergabepplatz erfolgen. Waren, die hingegen an dem Tor 2 oder 3 entladen werden, werden entweder direkt oder mit dem Zwischenschritt Qualitätsprüfung zur Dekonsolidierung transportiert. Dies bedeutet, dass an diesen Toren nur Mischpaletten angeliefert werden. An dem Dekonsolidierungsarbeitsplatz erfolgt die Auflösung der Palette in kleinere HUs und daraufhin die Einlagerung in das Shuttle-Lager.

Anhand dieser Prozesse lässt sich die Auswahl der Lagerungssteuerung für die Einlagerprozesse wie in Abbildung 7.3 darstellen. Aus der Seite der Prozessauswahl lassen sich die einzelnen Tätigkeiten auswählen und entweder über die Pfeile „»“ oder über „Drag-and-Drop“ in die Spalte des Customizing einfügen. Über die Pfeile „hoch“ und „runter“ lassen sich die ausgewählten Prozesse weiterhin nach oben oder unten verschieben. Ist ein Prozess falsch oder zu viel in die Spalte geraten, kann dieser auch wieder über die Pfeile „«“ oder „Drag-and-Drop“ entfernt werden. Dabei bildet der Prozess „Entladen“ standardmäßig den Start und das „Einlagern“ den Abschluss des Einlagerungsprozesses.

Die Qualitätsprüfung wird im Falle der Beispielfirma als Blackbox angenommen, daher

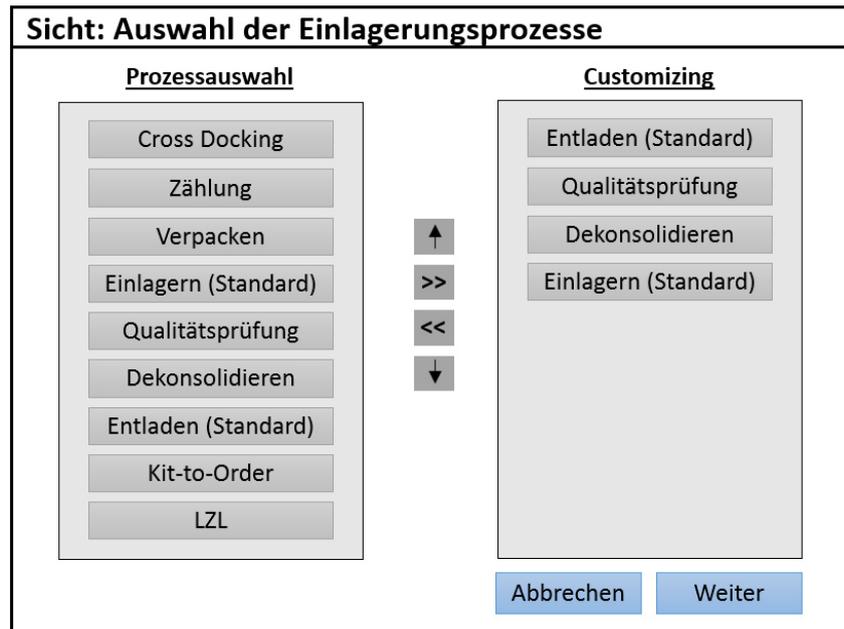


Abbildung 7.3: Darstellung des Auswahlfensters für Einlagerprozesse

werden die Kriterien zur Auswahl von zu prüfenden Paletten nicht weiter betrachtet. Es wird lediglich berücksichtigt, dass ein gewisser Prozentsatz dieser Prüfung unterzogen wird und nach Quittierung der Prüfung weiter an den Dekonsolidierungsarbeitsplatz beauftragt wird. Für die Dekonsolidierung besteht die Möglichkeit, dass bereits bei der Erstellung der ersten Lageraufgabe für den ersten Prozessschritt die Lagerplätze für die einzelnen HUs der Dekonsolidierung angelegt und reserviert werden. Diese Einstellung wird auch hier verwendet, um über den gesamten Prozess die Warenbewegungen nachverfolgen zu können. Die Entscheidung für die Dekonsolidierung wird anhand der unterschiedlichen Konsolidierungsgruppen bestimmt. Für die Waren auf der Mischpalette werden die Konsolidierungsgruppen anhand der voreingestellten Werte und durch die Anzahl unterschiedlicher Positionen auf der Mischpalette festgelegt. Nachdem die Bearbeitung beendet ist, wird die Lageraufgabe abgeschlossen.

Analog zu der Lagerungssteuerung für den Wareneingang, wird die Steuerung für den Warenausgang ausgeführt. Durch die Auswahl und Bestimmung der Reihenfolge wird auch für den Warenausgang die Lagerungssteuerung angelegt. Diese generiert automatisch die Lageraufgaben für den Auslagerungsprozess. Zum einen können bei der Auslagerung (siehe Abbildung 7.4) Komplettpaletten direkt aus dem HRL entnommen und im Warenausgangsbereich bereitgestellt werden. Zum anderen können Waren aus dem HRL und dem Shuttle-Lager innerhalb des Arbeitsplatzes LZL bearbeitet, an den Verpackungsarbeitsplatz weitergegeben und im Warenausgangsbereich bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung im Warenausgangsbereich findet die Bestätigung des Warenausgangs statt.

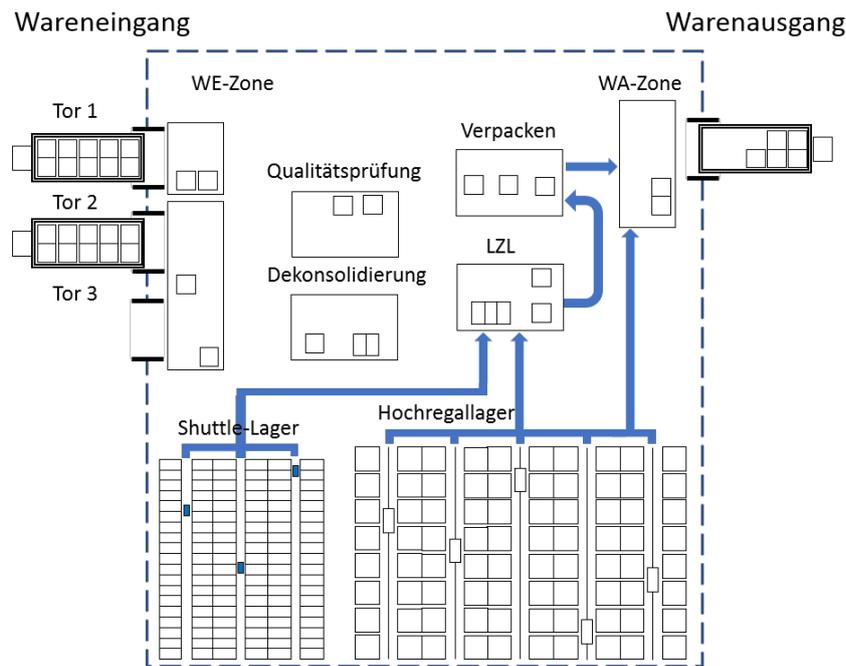


Abbildung 7.4: Schematische Darstellung des Warenausgangs in der Beispielfirma

Nachdem der ausgelagerte Behälter den LZL-Behälter erreicht hat, bleibt die HU an dem Meldepunkt stehen und eine Ankunftsmeldung wird an das SAP EWM gesendet. Die Materialstammdaten werden der Auslieferung entnommen. Durch die Voreinstellungen werden die übrigen Daten „aufgefüllt“. Der IT-Dienstleister hat nun die Möglichkeit über die entsprechende SAP Transaktion „/SCWM/TODLV\_O“ die Lageraufgabe abzurufen. Dort kann nach Anlegen der neuen HU die voreingestellte Tätigkeit des Arbeitsplatzes durchgeführt werden. Durch das Setzen des Status „Ende, ohne Abweichung“ wird die Endzeit aktualisiert und der Prozess abgeschlossen. Die HU wird per Lageraufgabe zum nächsten Arbeitsplatz beauftragt.

### 7.1.2 Erstellung des Modells der Beispielfirma

Für die Erstellung des Modells innerhalb des Simulationswerkzeuges muss eine Verbindung zwischen Software-Tool und Simulationswerkzeug hergestellt werden. Nur in einem solchen Fall ist die Datenübertragung untereinander möglich. Da eine vollautomatische Erstellung eines Modells bisher noch nicht durchführbar ist, wird lediglich die Möglichkeit betrachtet durch die Auswahl von zuvor erstellten Baugruppen ein Modell zu erstellen. Jede dieser Baugruppen enthält einen Meldepunkt über welchen die HU, mittels Telegrammen, an den folgenden Arbeitsplatz gesendet werden. Für den Kunden werden die Baugruppen für den Wareneingangs- und Warenausgangsbereich sowie den Arbeitsplätzen Qualitätsprüfung, De-

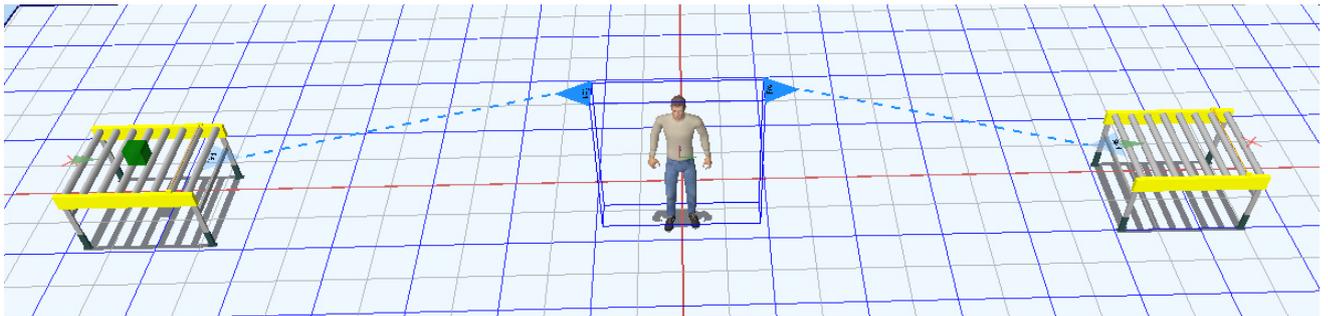


Abbildung 7.5: Beispielhafte Darstellung der Verbindung zweier Förderer durch eine Person in Demo3D

konsolidierung, LZL und Verpacken anhand der Lagerungssteuerung bestimmt.

Die Einstellungen für die Lagerregale werden den Daten zu den Lagertypen HRL und SHL entnommen. Nachdem die verschiedenen Baugruppen in der Modellebene platziert worden sind, müssen Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen gesetzt werden. Diese Verbindungen sind notwendig um die Transportrichtung festzulegen. Darüber hinaus kann durch die Verbindung eine Person oder Fördertechnik für den Transport bestimmt werden. Da es sich bei der Beispielfirma, um keine durchgehende Fördertechnik handelt, ist entweder die Flurfördertechnik oder eine Person für den Warentransport zuständig. Hier sind die entsprechenden Von-Nach-Verbindungen durch den Modellersteller zu setzen (vgl. Abbildung 7.5). Nach Überprüfung der korrekten Funktionsweise des Modells durch den Entwickler, anhand eines Probelaufs, ist dieser Prozess abgeschlossen. Hiernach kann mit der Erstellung der kundenindividuellen Szenarien begonnen werden.

### 7.1.3 Durchführung der kundenindividuellen Szenarien

Im Folgenden wird eine Beschreibung für die Durchführung der kundenindividuellen Präsentation durchgeführt. Hierfür muss eine Verbindung mit dem Simulationswerkzeug hergestellt werden. Innerhalb der Maske lassen sich, für die Erstellung der kundenindividuellen Szenarien, die verschiedenen Prozesse auswählen. In Form des Wareneingangs soll der Verlauf hierfür kurz dargestellt werden. Durch Auswahl des Wareneingangsprozesses hat der Anwender die Möglichkeit einen zuvor definierten Einlagerungsprozess auszuwählen.

Angelegt wird der Einlagerungsprozess über die Dekonsolidierung in das Shuttle-Lager. Hierzu werden von dem Software-Tool anhand der Materialstammdaten passende Produkt vorgeschlagen. Durch die Auswahl der Materialien wird eine Anlieferung mit den entsprechenden Positionen an „Tor 2“ generiert. In dem Simulationswerkzeug soll gleichzeitig in der Bereitstellungszone eine Load mit einer entsprechenden HU-Nummer generiert werden (siehe Anhang N). Der Anwender hat die Möglichkeit über die SAP Transaktion `/SCWM/TO_CONF`

den Wareneingang automatisch zu buchen. Dies ist notwendig damit die Entladung bereits in die Lagerungssteuerung integriert wird. Durch die Quittierung der Entladung wird der Folgeprozess angestoßen. Die HU wird innerhalb des Modells zu dem Dekonsolidierungsarbeitsplatz transportiert.

An dem dortigen Meldepunkt angekommen, bleibt die Ladung stehen und wird auf den Arbeitsplatz-Status „Offen“ gesetzt. Der Endanwender kann innerhalb der Arbeitsplatztransaktion */SCWM/DCONS* den Status auf „In Bearbeitung“ setzen, wodurch die Palette im Modell dekonsolidiert wird. Nach Abschluss der Bearbeitung wird der Prozess quittiert, wodurch wiederum die folgende Lageraufgabe angestoßen wird. Durch das Aufsetzen auf die Fördertechnik wird die HU in diesem Fall zu dem Shuttle-Lager weitergeleitet. Die Einlagerung beginnt mit der Aufnahme der Ladung durch das Lagerbediengerät und endet mit der Abgabe auf den endgültigen Lagerplatz. Hierbei meldet das Modell die Einlagerung an das SAP EWM. Dieses erstellt wiederum die Umbuchung des Lagerplatzes und gibt diese an das SAP ERP weiter.

## **7.2 Zusammenfassung und Fazit**

Die Implementierung einer betriebswirtschaftlichen Standardsoftware und insbesondere eines Lagerverwaltungssystems stellt für ein Unternehmen eine wichtige Entscheidung dar. Daher ist der Auswahlprozess der richtigen Software ein bedeutsamer Schritt. Für die hinzugezogenen Software-Hersteller bzw. IT-Dienstleister besteht die Anforderung sich von der Konkurrenz abzuheben und zudem eine hohe Kundenzufriedenheit zu erzielen, die durch eine erfolgreiche Einführung erreicht werden kann.

Das in dieser Arbeit entwickelte Konzept für ein Software-Tool zur Unterstützung des Vertriebs von IT-Dienstleistern soll einen Beitrag dazu leisten. Durch den Einbezug kundenindividueller Stammdaten, soll ein Wiedererkennungswert für den Kunden geschaffen werden. Die Animation innerhalb eines Simulationswerkzeuges dient weiterhin dazu, dass der Kunde eine Verknüpfung der Prozesse innerhalb von SAP EWM und den „realen“ Abläufen herstellen kann.

Durch das Importieren eines Auszugs an Stammdaten kann für den IT-Dienstleister der Aufwand für die Erstellung von kundenindividuellen Szenarien reduziert werden. Damit aber insbesondere die Erstellung eines Modells nicht zu einer Belastung für den IT-Dienstleister wird, werden anhand eingegebener Daten Baugruppen und Regalelemente automatisch für das Modell ausgewählt. Die Aufgabe des Benutzers liegt nun in der Positionierung und Verbindung der Baugruppen und somit der Herstellung des Materialflusses. Hierdurch lässt sich der Ablauf von lagerinternen Vorgängen visualisieren und gleichzeitig die zugehörigen

Sichten des SAP EWMs im Bezug auf den Kunden darstellen.

Von Seiten des Vertriebs können so theoretisch Besuche bei Beispielpkunden oder Präsentationen in Showrooms zur Darstellung der Funktionsweise von SAP EWM vermieden und somit der zeitlichen Aufwand reduziert werden. Für den Kunden bietet es hingegen die Möglichkeit einen einfachen Einstieg in die Software zu erhalten und schließlich eine breite Akzeptanz bei dem Management und den Mitarbeiter zu schaffen.

Durch den Einbezug von kundenspezifischen Stammdaten, welche von einem ERP-System angelegt und verwaltet werden, wird eine Wiedererkennbarkeit des Kunden erlangt. Dabei wird die für SAP Systeme typische 3-Ebenen-Struktur mit einbezogen. Hieraus haben sich in Abschnitt 2.5 die für das Software-Tool darzustellenden Prozesse Wareneingang und Warenausgang ergeben, welche trotz verschiedener Abläufe eine hohe Ähnlichkeit auch in unterschiedlichen Unternehmen aufweisen. Für den Vertrieb von IT-Dienstleistern bietet gerade diese Darstellung der Prozesse die Möglichkeit Neukunden davon zu überzeugen, dass die vorgestellte Software für das Unternehmen am Besten geeignet ist.

Die Verwendung eines Simulationswerkzeuges ermöglicht die Darstellung des jeweiligen Lagersystems in einem geeigneten Detailgrad. Die Zusammenhänge zwischen der Materialbewegung, den Tätigkeiten der Arbeitsplätze und die Funktionsweise von SAP EWM kann hierdurch aufgezeigt werden. Jedoch ist eine genaue Darstellung des gesamten Fördersystems, je nach Unternehmen, nicht zielführend, da dies zurzeit nicht automatisiert durchzuführen ist. Insbesondere komplexe automatische Materialflusssysteme lassen sich in diesem Prozess nur vereinfacht darstellen.

Die Animation der jeweiligen Prozesse dient dazu ein besseres Verständnis und somit eine höhere Akzeptanz der beteiligten Personen im Vertriebsprozess zu schaffen. Insbesondere der Einsatz eines Simulationswerkzeuges zur Visualisierung von Prozessen, die durch SAP EWM gesteuert werden, ist unter Beachtung von Randbedingungen erforderlich. Innerhalb des Lagers unterscheiden sich zwar die physischen Anforderungen (Lagerfläche, Lagergut und Lagertyp), jedoch orientiert die Mehrzahl der Unternehmen zunächst an den Standardprozessen. Dadurch kann der Einsatz von Baugruppen innerhalb des Modells zur Repräsentation von Arbeitsplätzen angewendet werden, was zu einem geringeren Zeitaufwand für die Erstellung eines Modells führt.

Die Vorstellung des Vorgehensmodells in Abschnitt 4.2 bestimmte dabei den weiteren Ablauf für die Erstellung des Software-Konzepts, wobei der Fokus für die Erstellung auf die Schritte Anforderungsanalyse und Grobdesign gelegt wurde. Innerhalb der Anforderungsanalyse wurden die verschiedenen Stakeholder, das SAP EWM und das Simulationswerkzeug auf die Anforderungen untersucht. Besonders die Usability und Erlernbarkeit des Software-Tools wurden als Benutzeranforderungen hervorgehoben. Das Software-Tool beinhaltet die typischen Bedienungselemente zum Erstellen und Bearbeiten von Projekten und ist als Emulator

für das Senden, Empfangen und Weiterleiten von Nachrichten sowohl an das SAP EWM als auch das Simulationswerkzeug zuständig.

Insbesondere im Hinblick auf die Erstellung des Computermodells erfolgt die Eingabe der notwendigen Daten, sowie des Layouts innerhalb des Software-Tools und wird an das Simulationswerkzeug für die Erstellung übergeben. Trotz aller vorgegebenen Maßnahmen wurde darauf hingewiesen, dass auch hier Anpassungen der Daten auf den jeweiligen Kunden vorgenommen werden können. Die Einbindung eines Layouts des jeweiligen Lagers ermöglicht keine detaillierte Nachbildung der Realität, jedoch lässt sich die Relation der Lagertypen und Arbeitsplätze zueinander darstellen. Die Standardisierung der Arbeitsplätze durch das Bilden von Baugruppen führt zu einer vergleichsweise schnellen Erstellung des Computermodells. Der sich dadurch ergebende geringere Detaillierungsgrad lässt sich jedoch nicht vermeiden.

# 8 Würdigung der Ergebnisse und Ausblick

## 8.1 Kritische Würdigung

Die Erstellung von individuellen Szenarien ist ein hilfreiches Mittel, um den Vertrieb des IT-Dienstleisters zu unterstützen. Erkennt der Kunde seine eigenen Daten in der ihm unbekanntem Software wieder, lassen sich für ihn Parallelen ziehen. Diese Wiedererkennung wird durch die korrekte Visualisierung der Prozesse gesteigert und kann das Vertrauen in den IT-Dienstleister stärken. Dieses ist wichtig, um eine Beziehung zwischen den beteiligten Personen aufzubauen. Dabei spielt das Vertrauen der beratenen Organisation in den IT-Dienstleister eine ebenso große Rolle wie in den jeweiligen Berater. In diesem Punkt soll das Software-Tool unterstützend in den Vertriebsprozess eingreifen.

Trotz der Möglichkeit eine hohe Anzahl der Firmen innerhalb des Software-Tools darzustellen und kundenindividuelle Szenarien durchzuführen, sind einige Punkte zu beachten. Als Emulator zwischen dem SAP EWM und dem Simulationswerkzeug ist die korrekte Datenübertragung zu gewährleisten. Dieses erfordert einen nicht unerheblichen Programmieraufwand und dadurch auch Kosten. Direkte Gewinne lassen sich nur schwierig ermitteln, da abschließend nicht gesagt werden kann, aus welchem Grund sich ein Kunde für die Vergabe des Projektes an den IT-Dienstleister entschieden hat. Die Konsolidierung des SAP Marktes erfordert jedoch, dass sich IT-Dienstleister von ihrer Konkurrenz abheben und bereits bei dem ersten Vertriebsgespräch einen nachhaltigen Eindruck hinterlassen.

Durch die Interaktion des Anwenders mit dem SAP EWM über das Software-Tool ist es möglich, dass die Funktionsweisen der betriebswirtschaftlichen Standardsoftware gezeigt werden können. Obwohl eine Individualisierung vorgenommen werden kann, ist die Nutzung von standardisierten Abläufen nicht zu vermeiden. Diese können jedoch im Vertriebsprozess zu einer Diskussion über Umsetzungsmöglichkeiten führen. Hierdurch soll der Kunde von der Auswahlphase bereits zur Entscheidungsphase geführt werden. Dies resultiert daraus, dass der Kunde bereits hier über das Customizing der Software nachdenken soll.

Auch wenn sowohl der Wunsch des Kunden als auch des IT-Dienstleisters auf eine Umsetzung möglichst nahe am Standard besteht, müssen realistische Aussagen über die Umsetzungsmöglichkeiten von Seiten des IT-Dienstleisters getroffen werden können und darauf hingewiesen werden, falls die Umsetzung eine tiefer gehende Programmierung erfordert. Un-

realistische Erwartungen über die Umsetzungen dürfen jedoch durch den Berater des IT-Dienstleisters nicht geweckt werden. Sowohl für den Kunden als auch den IT-Dienstleister kann die Präsentation als Basis genommen werden, um eine Aufwandsabschätzung für die Umsetzung zu treffen.

Der Einbezug des Simulationswerkzeuges kann aufgrund verschiedener Punkte kritisiert werden. Zum einen wird das erstellte Modell nicht zur Untersuchung auf ein bestimmtes Systemverhalten eingesetzt und ebenso kein Experiment daran durchgeführt. Der reine Zweck des Modells ist die Visualisierung und Animation der durchzuführenden Prozesse. Je höher der Detailgrad des Modells ist, desto höher ist die Möglichkeit, dass hieraus falsche Rückschlüsse aus dem Modell gezogen werden oder sich von der beratenen Organisation auf Nebensächlichkeiten fokussiert wird.

Auch kann bei einem zu geringem Detailgrad die Visualisierung eine zu starke Vereinfachung darstellen und nicht zielführend für den IT-Dienstleister angewendet werden. Weiterhin beruht das betrachtete Simulationswerkzeug Demo3D auf der Verwendung von Standardbausteinen. Bei der Darstellung von Sonderfällen sind somit entweder neue Bausteine zu erstellen (was den Zeitaufwand bei der Ersterstellung erhöht) oder es muss auf Standardbausteine zurückgegriffen werden.

Für die Schaffung eines einheitlichen Verständnisses über die Funktionsweise von SAP EWM sollte eine hinreichende Übereinstimmung des Modells mit der Realität gegeben sein. Dies kann insbesondere bei komplexen und vollautomatisierten Materialflusssystemen oder bei über mehrere Ebenen verteilten Systemen eine Herausforderung darstellen. Hier ist von dem Entwickler abzuwägen inwiefern eine Vereinfachung der Materialflüsse die Darstellung erleichtert und trotzdem das Verständnis durch den Kunden ermöglicht.

## 8.2 Ausblick

Das Software-Tool emuliert ein ERP-System und ermöglicht durch die Verknüpfung mit dem Simulationswerkzeug eine Visualisierung der jeweiligen Prozesse. Die Übertragung auf andere SAP Bereiche ist allerdings zu überprüfen. Ebenso sind weitere, in dieser Arbeit nicht betrachtete, Arbeitsplätze auf ihre Anwendung zu untersuchen. Für Prozesse die keine Animation erfordern, stellt sich die Frage der ordnungsgemäßen Modellierung. In diesen Fällen könnte die automatische Erstellung von Modellen in einer anderen Modellierungssprache, wie z. B. UML, stattfinden.

Obwohl die Entwicklungskosten für das Software-Tool in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden, sind diese in der weiteren Erstellung nicht unerheblich. Die Konsolidierung des Marktes von ERP-Systemen und die hohe Ähnlichkeit der betriebswirtschaftlichen Stan-

dardsoftware erfordert jedoch eine Abgrenzung der IT-Dienstleister untereinander. Hierzu kann das Software-Tool neben der Funktionalität, kundenindividuelle Szenarien anzufertigen, einen Beitrag leisten.

Für die Entwicklung der Software ist es notwendig einen Standard für die Ablage der Daten in der Datenbank zu entwickeln, sodass der korrekte Zugriff der Programme gewährleistet ist. Die Form der Telegramme von und an das Simulationswerkzeug sind zu implementieren und auch das daraus folgende Modellverhalten. Dabei ist zu beachten, dass die HUs von einem Meldepunkt zu dem nächsten Meldepunkt gesendet werden müssen.

In dieser Arbeit wurde nicht die Möglichkeit untersucht das Modell während der Präsentation zu aktualisieren. Sollte bei der Präsentation vor dem Kunden ein Arbeitsplatz hinzugefügt, entfernt oder die Reihenfolge verändert werden, sollte ein Update ohne großen Zeitaufwand erfolgen können. Dadurch besteht die Möglichkeit nicht nur vorbereitete Szenarien durchzuführen, sondern auch vor Ort dem Kunden weitere Abläufe demonstrieren zu können.

Abschließend könnte zukünftig die Modellerstellung im Vertriebsprozess einen ersten Schritt darstellen, das Unternehmen innerhalb eines Simulationsmodells für die Digitale Fabrik nachzubilden. Dabei wird das Modell nicht nur für die Vorstellung der Funktionsweise des Lagerverwaltungssystems verwendet, sondern im Laufe des Implementierungsprozesses immer weiter verfeinert und angepasst. Sodass bei der Fertigstellung ein experimentierfähiges Modell entstanden ist, welches die Realität des Unternehmens nachbilden kann.

# Literaturverzeichnis

- [AN95] Agnar Aamodt und Mads Nygård. „Different roles and mutual dependencies of data, information, and knowledge — An AI perspective on their integration“. In: *Data & Knowledge Engineering* 16.3 (1995), S. 191–222.
- [ASI97] ASIM. „Leitfaden für Simulationsbenutzer in Produktion und Logistik“. In: *Arbeitsgemeinschaft Simulation in der Gesellschaft für Informatik*. ASIM - Mitteilungen aus den Arbeitskreisen. Kassel, s.l.: ASIM, 1997.
- [Bal09] Helmut Balzert. *Lehrbuch der Softwaretechnik: Basiskonzepte und Requirements-Engineering*. 3. Auflage. Lehrbücher der Informatik. Heidelberg: Spektrum Akad. Verl., 2009.
- [BDH15] Peter Buxmann, Heiner Diefenbach und Thomas Hess. *Die Softwareindustrie: Ökonomische Prinzipien, Strategien, Perspektiven*. 3. Auflage. Berlin: Springer Gabler, 2015.
- [Bec98] Jörg Becker. „Grundsätze ordnungsmäßiger Modellierung“. In: *Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung*. Hrsg. von Reinhard Schütte. Neue Betriebswirtschaftliche Forschung. Wiesbaden: Gabler Verlag, 1998, S. 435–445.
- [BGW18] Uwe Bracht, Dieter Geckler und Sigrid Wenzel. *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele*. 2. Auflage. VDI-Buch. Berlin: Springer Vieweg, 2018.
- [BK15] Hans Brandt-Pook und Rainer Kollmeier. *Softwareentwicklung kompakt und verständlich: Wie Softwaresysteme entstehen*. 2. Auflage. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- [Bun+13] Hans-Joachim Bungartz u. a. *Modellbildung und Simulation: Eine anwendungsorientierte Einführung*. 2. Auflage. eXamen.press. Berlin und Heidelberg: Springer Spektrum, 2013.
- [Eig+12] Martin Eigner u. a., Hrsg. *Informationstechnologie für Ingenieure*. SpringerLink Bücher. Berlin und Heidelberg: Springer Vieweg, 2012.
- [FGS08] Detlev Frick, Andreas Gadatsch und Ute G. Schäffer-Külz. *Grundkurs SAP ERP: Geschäftsprozess-orientierte Einführung mit durchgehendem Fallbeispiel*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2008.

- [FP17] Gunther Friedl und Burkhard Pedell. *Controlling mit SAP®: Eine praxisorientierte Einführung mit umfassender Fallstudie und beispielhaften Anwendungen*. 7. Auflage. Lehrbuch. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2017.
- [Fuc01] Klaus Fuchs-Kittowski, Hrsg. *Organisationsinformatik und Digitale Bibliothek in der Wissenschaft*. 1. Aufl. Bd. 2000. Wissenschaftsforschung. Berlin: GeWiF, 2001.
- [Gro01] Norbert Gronau. *Industrielle Standardsoftware: Auswahl und Einführung*. München: Oldenbourg, 2001.
- [Gro10] Norbert Gronau. *Enterprise Resource Planning: Architektur, Funktionen und Management von ERP-Systemen*. 2. Lehrbücher Wirtschaftsinformatik. München: Oldenbourg, 2010.
- [Gro12] Norbert Gronau. *Handbuch der ERP-Auswahl: Mit Mustervorlagen auf CD*. Bd. 1. Handbücher ERP-Management. Berlin: GITO, 2012.
- [Gub09] Holger Gubbels. *SAP® ERP - Praxishandbuch Projektmanagement*. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 2009.
- [Gut+17] Kai Gutenschwager u. a. *Simulation in Produktion und Logistik: Grundlagen und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017.
- [Hac84] Rolf Hackstein. *Produktionsplanung und -steuerung (PPS): Ein Handbuch für die Betriebspraxis*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 1984.
- [Har09] Ronald Hartwig. *Ergonomie interaktiver Lernmedien: Kriterien und Entwicklungsprozesse für E-Learning-Systeme*. Lehrbuchreihe Interaktive Medien. München: Oldenbourg, 2009.
- [Her18] Michael Herczeg. „Software-Ergonomie: Theorien, Modelle und Kriterien für gebrauchstaugliche interaktive Computersysteme“. In: *Lehrbücher Technik und Informatik*. De Gruyter Studium. München und Wien: De Gruyter Oldenbourg, 2018.
- [Hil18a] Knut Hildebrand. *Informationsmanagement: Wettbewerbsorientierte Informationsverarbeitung mit Standard-Software und Internet*. 2. Auflage. Lehr- und Handbücher der Betriebswirtschaftslehre. Berlin und Boston: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2018.
- [Hil18b] Knut Hildebrand. „Management von Logistik-Stammdaten in SAP“. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 55.1 (2018), S. 76–90.
- [Hom17] Christian Homburg. *Marketingmanagement: Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung*. 6. Auflage. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017.

- [Hop07] Marc Hoppe. *Absatz- und Bestandsplanung mit SAP APO: Konfiguration und Einsatz von APO-DP und APO-SNP ; verständliche Darstellung der betriebswirtschaftlichen Grundlagen ; Funktionen, Anwendung, Customizing und Stammdatenparameter ; aktuell zu mySAP SCM 5.0*. 1. Aufl. SAP Press. Bonn: Galileo Press, 2007.
- [Kle13] Stephan Kleuker. *Grundkurs Software-Engineering mit UML: Der pragmatische Weg zu erfolgreichen Softwareprojekten*. 3. Auflage. Wiesbaden und s.l.: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013.
- [Kna17] Matthias Knapp. „Stammdaten - zentrale Herausforderung für ERP-Projekte“. In: *Die Rolle von ERP-Systemen im Zeitalter der Digitalisierung*. Hrsg. von Norbert Gronau und Christian Glaschke. Expertenwissen für die Praxis. Berlin: GITO mbH Verlag, 2017, S. 111–158.
- [Kur16] Karl Kurbel. *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie: Von MRP bis Industrie 4.0*. 8. Auflage. De Gruyter Studium. Berlin/Boston: De Gruyter, 2016.
- [Lan+11] Jörg Lange u. a. *Warehouse Management mit SAP EWM: Ihr umfassendes Handbuch zu SAP Extended Warehouse Management ; Funktionen, Prozesse und Customizing von EWM verständlich erklärt ; Nachschubsteuerung, Materialflussanbindung, Radio Frequency, Yard Management, RFID, Cross-Docking, Ressourcenmanagement u.v.m.* SAP Press. Bonn: Galileo Press, 2011.
- [Lan+13] Jörg Lange u. a. *Warehouse Management mit SAP EWM: Ihr umfassendes Handbuch zu SAP Extended Warehouse Management ; Funktionen, Prozesse und Customizing von EWM verständlich erklärt ; inkl. der Neuerungen von SAP EWM 9.0: Behälterfördertechnik, TM-Integration, Pick-by-Voice, Verpackungsplanung u.v.m.* 2. Auflage. SAP Press. Bonn: Galileo Press, 2013.
- [Lan+17] Jörg Lange u. a. *Warehouse Management mit SAP EWM: Prozesse und Customizing der Lagerverwaltung mit SAP Extended Warehouse Management 9.4*. 3. Auflage. SAP Press. Bonn: Rheinwerk Verlag, 2017.
- [Ley11] Christian Leyh. „Critical Success Factors for ERP System Selection, Implementation and Post-Implementation“. In: *Readings on enterprise resource planning*. Hrsg. von Pierre-Majorique Léger u. a. Montréal: ERPsim L@b, HEC Montréal, 2011, S. 63–77.
- [McH91] Roger McHaney. *Computer simulation: A practical perspective*. San Diego: Academic Press, 1991.

- [Mer+17] Peter Mertens u. a. *Grundzüge der Wirtschaftsinformatik*. 12., grundlegend überarbeitete Auflage. Berlin: Springer Gabler, 2017.
- [Mer13] Peter Mertens. *Operative Systeme in der Industrie*. 18. Auflage. Bd. 1. Lehrbuch. Wiesbaden: Springer Gabler, 2013.
- [Mor14] Hannah Mormann. „Das Projekt SAP: Zur Organisationssoziologie betriebswirtschaftlicher Standardsoftware“. Dissertation. Bielefeld: Universität Bielefeld, 2014.
- [NW00] Bernd Noche und Sigrid Wenzel. „Simulationsinstrumente in Produktion und Logistik - eine Marktübersicht“. In: *The new simulation in production and logistics: prospects, views and attitudes*. Hrsg. von Kai Mertins. Berlin: IPK Eigenverlag, 2000, S.423–432.
- [OÖ16] Boris Otto und Hubert Österle. *Corporate Data Quality: Voraussetzung erfolgreicher Geschäftsmodelle*. Berlin: Springer Gabler, 2016.
- [Ost14] Wolfgang W. Osterhage. *ERP-Kompendium: Eine Evaluierung von Enterprise Resource Planning Systemen*. Xpert.press. Berlin: Springer Vieweg, 2014.
- [oVa] o.V. *Belege in der Lieferabwicklung*. Hrsg. von SAP SE. Walldorf. URL: <https://help.sap.com/viewer/9832125c23154a179bfa1784cdc9577a/1809.000/de-DE/eacdcb53ad377114e1000000a174cb4.html> (besucht am 28. Jan. 2019).
- [oVb] o.V. *Gründe für die Zusammenarbeit mit SAP-Partnern: Partnerlevel und Expertise*. Hrsg. von SAP SE. Walldorf. URL: <https://www.sap.com/germany/partner/find.partner-levels-and-expertise.html#partner-levels-and-expertise>, (besucht am 21. Nov. 2018).
- [oVc] o.V. *Lokation*. Hrsg. von SAP SE. Walldorf. URL: <https://help.sap.com/viewer/feae3cea3cc549aaa9d9de7d363a83e6/1808/de-DE/32fe72553d590c30e1000000a441470.html?q=Lokation> (besucht am 27. Jan. 2019).
- [oV18a] o.V. *Intelligente Unternehmen: Integrierter Bericht der SAP 2017*. Hrsg. von SAP SE. Walldorf, 2018. URL: <https://www.sap.com/docs/download/investors/2017/sap-2017-integrierter-bericht.pdf> (besucht am 7. Nov. 2018).
- [oV18b] o.V. *SAP Extended Warehouse Management (SAP EWM)*. Hrsg. von SAP SE. Walldorf, 2018. URL: <https://help.sap.com/viewer/3d97bec9bf1649099384bb8167df3cf2/9.5.0.2/de-DE/4ecb88b8b2422afee1000000a42189e.html>, (besucht am 14. Nov. 2018).

- [Pet98] Wolfgang Peters. „Zur Theorie der Modellierung von Natur und Umwelt: Ein Ansatz zur Rekonstruktion und Systematisierung der Grundperspektiven ökologischer Modellbildung für planungsbezogene Anwendungen“. Dissertation. Berlin: Technische Universität Berlin, 1998.
- [RSW08] Markus Rabe, Sven Spieckermann und Sigrid Wenzel. *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik: Vorgehensmodelle und Techniken*. VDI-Buch. Berlin und Heidelberg: Springer, 2008.
- [Rup14] Chris Rupp. *Requirements-Engineering und -Management: Aus der Praxis von klassisch bis agil*. 6. Auflage. München: Hanser, 2014.
- [San09] Maurizio Sanna. *SAP ERP (ECC 6.0) und NetWeaver Portal*. Bodenheim: Herdt, 2009.
- [Sch13] Jan Werner Schemm. *Zwischenbetriebliches Stammdatenmanagement: Lösungen für die Datensynchronisation zwischen Handel und Konsumgüterindustrie*. Business-Engineering. Berlin: Springer, 2013.
- [Sch98] Hans-Jochen Schneider. *Lexikon Informatik und Datenverarbeitung*. 4. Auflage. s.l.: De Gruyter, 1998.
- [SG06] Jochen Seemann und Jürgen Wolff von Gudenberg. *Software-Entwurf mit UML 2: Objektorientierte Modellierung mit Beispielen in Java*. 2. Auflage. Xpert.press. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.
- [SG07] Günther Schuh und Andreas Gierth. „Einführung“. In: *Produktionsplanung und -steuerung*. Hrsg. von Günther Schuh. VDI-Buch. Dordrecht: Springer, 2007, S. 3–10.
- [SMK14] Carsten Schmidt, Christoph Meier und Stefan Kompa. „Informationssysteme für das Produktionsmanagement“. In: *Produktionsmanagement*. Hrsg. von Günther Schuh und Carsten Schmidt. VDI-Buch. Berlin: Springer Vieweg, 2014, S. 281–378.
- [Spi07] Sven Spieckermann. „Wie soll ich glauben, was ich nicht sehe – die Rolle der Animation im Simulationsalltag“. In: *Modellbildung und Simulation in der Praxis*. Hrsg. von VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik. Bd. VDI-Berichte Nr. 1989. VDI-Berichte. Düsseldorf: VDI Verlag, 2007, S. 45–53.
- [SPK10] Katharina Schweiger, Christoph Pitzl und Jens Kruse. „Integriertes Master Planning“. In: *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 47.2 (2010), S. 71–80.
- [Sta73] Herbert Stachowiak. *Allgemeine Modelltheorie*. Wien: Springer, 1973.

- [Tie14] Ernst Tiemeyer. *Handbuch IT-Projektmanagement: Vorgehensmodelle, Managementinstrumente, Good Practices*. 2. Auflage. München: Hanser, 2014.
- [VDI08] VDI. *VDI 4499 Blatt 1 - Digitale Fabrik: Grundlagen*. Berlin, 2008. (Besucht am 17. Okt. 2018).
- [VDI09] VDI. *VDI 3633 Blatt 11 - Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen: Simulation und Visualisierung*. Berlin, 2009. (Besucht am 27. Okt. 2018).
- [VDI14] VDI. *VDI 3633 Blatt 1 - Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen: Grundlagen*. Berlin, 2014. (Besucht am 17. Okt. 2018).
- [VDI18] VDI. *VDI 3633 - Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen: Begriffe*. Berlin, 2018.
- [Wag12] Klaus-P. Wagner. „ERP-Systeme: Wie sich die Zusammenarbeit in Unternehmen gestalten lässt“. In: *Einführung Wirtschaftsinformatik*. Hrsg. von Iris Vieweg u. a. Wiesbaden: Gabler Verlag, 2012.
- [Weg08] Hans Wegener. „Metadaten, Referenzdaten, Stammdaten“. In: *Integrierte Informationslogistik*. Hrsg. von Barbara Dinter und Robert Winter. Business Engineering. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, S. 189–210.
- [Wen+08] Sigrid Wenzel u. a. *Qualitätskriterien für die Simulation in Produktion und Logistik: Planung und Durchführung von Simulationsstudien*. VDI-Buch. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [Wen18] Sigrid Wenzel. „Simulation logistischer Systeme“. In: *Modellierung logistischer Systeme*. Hrsg. von Horst Tempelmeier. Fachwissen Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2018, S. 1–34.
- [Zoe12] Peter Zoellner. *SAP EWM - technische Grundlagen und Programmierung: Das EWM-Handbuch für ABAP-Entwickler ; Architektur, Funktionen, Programmierbeispiele, Lösungswege ; Best Practices für eigene Erweiterungen und Zusatzentwicklungen*. 1. Aufl. SAP Press. Bonn: Galileo Press, 2012.

# Abbildungsverzeichnis

2.1	Wissenspyramide nach Fuchs-Kittowski [vgl. Fuc01, S. 21 f.] . . . . .	4
2.2	Arten der Integration nach Mertens [vgl. Mer13, S. 14] . . . . .	10
2.3	ERP Funktionskreise nach [vgl. Kur16, S. 209] . . . . .	11
2.4	Struktureller Aufbau von ERP-Systemen [vgl. Wag12, S. 152] . . . . .	13
2.5	Unterschiedliche Arten von Stammdaten nach Hildebrand [vgl. Hil18b, S. 77]	15
2.6	Kategorien der Artikelstammdaten . . . . .	17
2.7	3-Ebenen Modell von SAP nach Hildebrand [vgl. Hil18a, S. 210] . . . . .	18
2.8	Aufbau des SAP-ERP nach Friedl und Pedell [vgl. FP17, S. 11] . . . . .	20
2.9	Core Interface SAP ERP - SAP EWM nach Kurbel [vgl. Kur16, S. 484] . . .	21
2.10	Entwicklungsstufen von SAP EWM nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 15] . .	22
2.11	Struktur des Lagers nach SAP EWM nach Kurbel [vgl. Kur16, S. 493] . . . .	23
2.12	Stammdatenobjekte die in SAP EWM aus SAP ERP übernommen werden nach Schweiger, Pitzl und Kruse [vgl. SPK10, S. 75] . . . . .	25
2.13	EWM Wareneingang im SAP Standard nach Lange u. a. [Lan+17] . . . . .	28
2.14	EWM Warenausgang im SAP Standard nach Lange u. a. [Lan+17] . . . . .	29
2.15	Phasen der Anbietersauswahl bei der Implementierung von ERP-Systemen nach Gronau [vgl. Gro01, S. 101] . . . . .	35
3.1	Übersicht über System- und Modelleigenschaften von Systemen und Modellen nach Gutenschwager u. a. [vgl. Gut+17, S. 16] . . . . .	38
3.2	Mögliche Ebenen für den Einsatz von Emulation . . . . .	49
4.1	Entwicklungsphasen des Vorgehensmodells nach Kleuker [Kle13, S. 27] . . . .	51
4.2	Zusammenhang der Anforderungstypen nach Kleuker [vgl. Kle13, S. 79] . . .	57
4.3	Anforderungsschablone nach Kleuker [Kle13] . . . . .	58
4.4	Zusammenhang zwischen Klasse, Attribute und Operationen nach Seemann und Gutenberg [vgl. SG06, S. 43 ff.] . . . . .	62
5.1	Prozess Projekt anlegen . . . . .	70
5.2	Prozess Bearbeitung von Daten . . . . .	71
5.3	Aktivitätsdiagramm für die Prozessauswahl . . . . .	72
6.1	Schichtenmodell der Systemarchitektur des Software-Konzeptes . . . . .	80
6.2	Klasse Materialstammdaten . . . . .	81

---

6.3	Klasse Geschäftspartnerstammdaten . . . . .	82
6.4	Klasse Lieferbelege . . . . .	83
6.5	Klasse Lagertyp und Lagerplatz . . . . .	83
6.6	Ein- und Ausgabedaten des Softwarekonzepts . . . . .	86
6.7	Beispielhafte Anordnung der unterschiedlichen GUIs . . . . .	88
6.8	Anlehnung an die SAP Sicht für die Zuordnung von Lagernummer und Geschäftspartner in der SCU . . . . .	89
6.9	Anlehnung an die SAP Sicht für die Steuerung der LZL für einen Warenausgangsprozess . . . . .	90
7.1	Organisationsstruktur der Beispielfirma . . . . .	92
7.2	Schematische Darstellung des Wareneingangs in der Beispielfirma . . . . .	93
7.3	Darstellung des Auswahlfensters für Einlagerprozesse . . . . .	94
7.4	Schematische Darstellung des Warenausgangs in der Beispielfirma . . . . .	95
7.5	Beispielhafte Darstellung der Verbindung zweier Förderer durch eine Person in Demo3D . . . . .	96

# Tabellenverzeichnis

4.1	Schablone für die Formulierung von Zielen nach Kleuker [Kle13, S. 61] . . . .	55
5.1	Schablone für die Formulierung des 1. Ziels . . . . .	65
5.2	Schablone für die Formulierung des 2. Ziels . . . . .	66
5.3	Schablone für die Formulierung des 3. Ziels . . . . .	66
5.4	Schablone für die Formulierung des 4. Ziels . . . . .	67
5.5	Ermittelte Benutzeranforderung . . . . .	68
5.6	Ermittelte Anforderungen der Hauptfunktionalitäten und Abläufe . . . . .	76
5.7	Ermittlung der nicht funktionalen Anforderungen . . . . .	78

# Abkürzungsverzeichnis

**ABAP** Advanced Business Application Programming

**AKL** automatisches Kleinteilelager

**API** Application Programming Interface

**BFT** Behälterfördertechnik

**CIF** Core Interface

**CRM** Customer Relationship Management

**DB** Datenbank

**DBMS** Datenbankmanagementsystem

**EAN** European Article Number

**ECC** ERP Central Component

**EDI** Electronic Data Interchange

**ERP** Enterprise Resource Planning

**EWM** Extended Warehouse Management

**GUI** Graphical-User-Interface

**HRL** Hochregallager

**HU** Handling Unit

**LANF** Lageranforderung

**LB** Lageraufgabe

**LZL** Logistischen Zusatzleistungen

**MFS** Materialflusssystem

**MFR** Materialflussrechner

**MRP** Material Requirement Planning

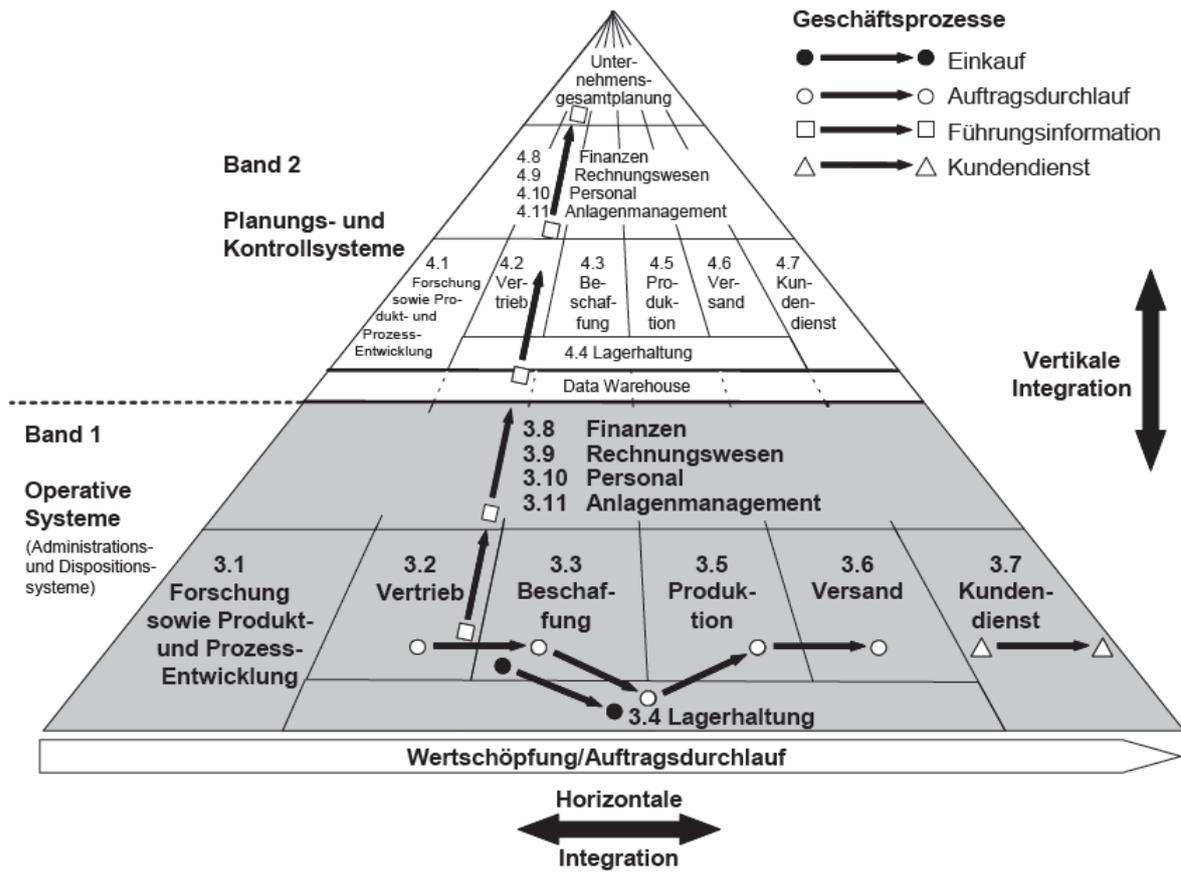
**MRPII** Manufacturing Resource Planning

**qRFC** queued Remote Function Calls

**PDI** Processing Document Inbound

<b>PDO</b>	Processing Document Outbound
<b>PLM</b>	Product Lifecycle Management
<b>PPS</b>	Produktionsplanung und -steuerung
<b>RBG</b>	Regalbediengerät
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RHB</b>	Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
<b>SCM</b>	Supply Chain Management
<b>SCU</b>	Supply Chain Unit
<b>SHL</b>	Shuttle-Lager
<b>SLS</b>	Staplerleitsystem
<b>SPL</b>	Sperrigteilelager
<b>SPS</b>	Speicherprogrammierbare Steuerung
<b>SRM</b>	Supplier Relationship Management
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>UPC</b>	Universal Product Code
<b>VAS</b>	Value Added Services
<b>WA</b>	Warenausgang
<b>WE</b>	Wareneingang
<b>WM</b>	Warehouse Management

# A Integrationsrichtung



Horizontale und vertikale Integrationsrichtung [Mer13, S. 19]

# B Übersicht der Lagertypen

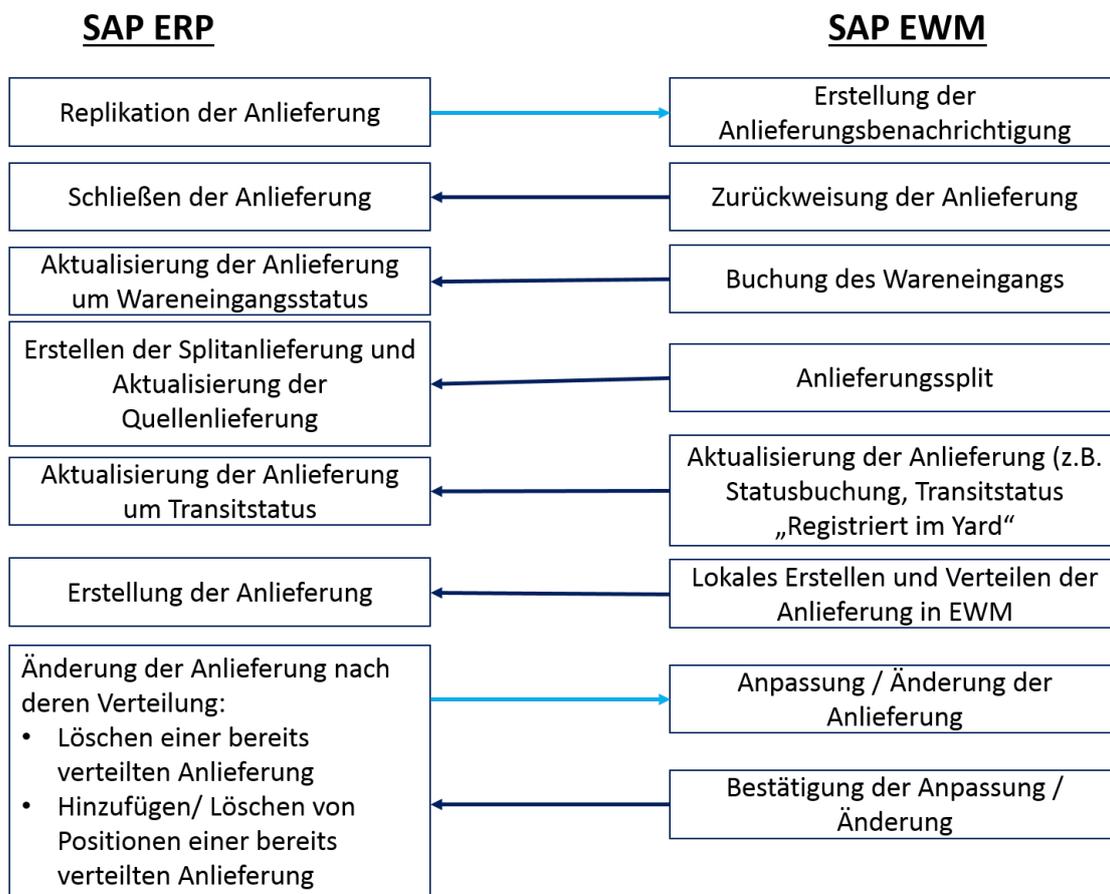
## B.1 Auszug der Bezeichnung von Lagertypen in SAP EWM

Lagertyp in SAP EWM	Bezeichnung	Beschreibung
AKL AZF	Automatisches Kleinteilelager Auftragszusammenführungsfläche	Zusammenführungsfläche Verpacken zur Bereitstellung von Zusammenführungswagen (da hier keine Inventur statt findet, ist AZF von VERP zu separieren. Abbildung über einen eigenen Lagerbereich reicht hierfür nicht aus).
BFT	Behälterfördertechnik	
DDH	Düsseldorfer-Halle	
FT	Fördertechnik Hochregallager	
HRL	(Automatisches) Hochregallager	
KPIE	Kommissionierbereich Pick-it-Easy	AKL / Shuttle
KHRL	Kommissionierbereich HRL	
KL	Manuelles Kommissionierlager	
KLK	KL Kommissionierte Zielpaletten	
LADE	Verladungsbereich	Langgut / Pakete
NIO	NiO Klärplatz Wareneingang	
PFT	Palettenfördertechnik	
SHL	Shuttle	
SOND	Sonderlager	z. B. Bruchware
VAS	Value Added Services Lager	
VERP	Verpackungslager	
WE99	Klärplatz	
1000	Rückstandsauflösung	
1100	Stollenlager	

Lagertyp in SAP EWM	Bezeichnung	Beschreibung
1101	Durchlaufregal	
1102	Top 50	
1121	Fachboden (Kleinstmengenregal)	
1180	Repacking	
1190	Betriebsmittel/ OSStorage	
1400	Schmalganglager	
19PP	Paketpuffer	
8010	WE Dekonsolidierung	
8011	I-Punkt Mischpaletten Kleinmengen	
8012	I-Punkt Paletten Verwiegen aus WE	
8013	Rücklieferung an Lieferanten	
8019	Q- Prüfung/ NiO	
801R	Routenzug VZ Alt an VZWest	
801W	Weiterleitung andere Lager	
900T	Transfer WM	
9004	WE-Puffer Nachschubumlagerung Shuttle	Freilager
9005	WE-Puffer Regal Europalette	
9006	WE-Puffer Bodenlager	
9007	WE-Puffer Schnelldeko	Freilager
9008	WE-Puffer Direkteinlagerung	
9009	WE-Puffer	Freilager
9010	Wareneingangsbereich	Bereitstellen im Wareneingang
9011	Wareneingangsbereich Verfügbarkeitsgruppe 2	Bereitstellen für Cross Docking
9020	Warenausgangsbereich	Bereitstellen im Warenausgang
9030	Wareneingangstore	Tore Wareneingang
9901	Puffer leere HUs aus WE	
XXXX	Verschrottung	

# C Lieferbelege in der Kommunikation zwischen SAP ERP und SAP EWM

## C.1 Anlieferungsbelege zwischen SAP ERP und SAP EWM



Austausch der Anlieferungsnachrichten zwischen SAP ERP und SAP EWM nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 260]

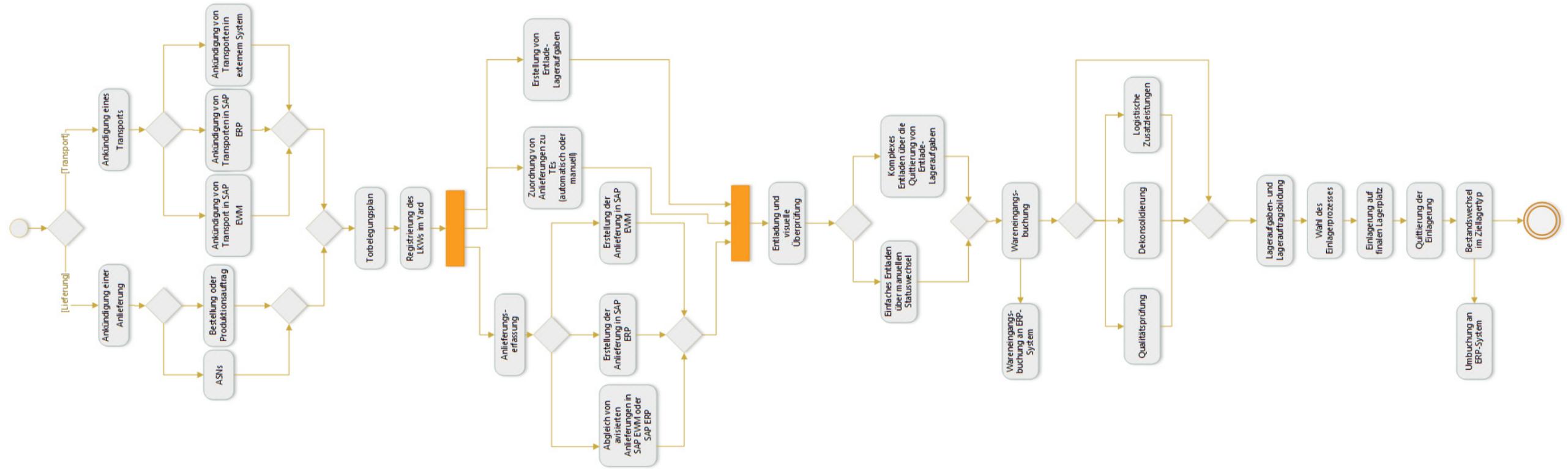
## C.2 Anlieferungsbelege zwischen SAP ERP und SAP EWM



Austausch der Auslieferungsnachrichten zwischen SAP ERP und SAP EWM nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 264]

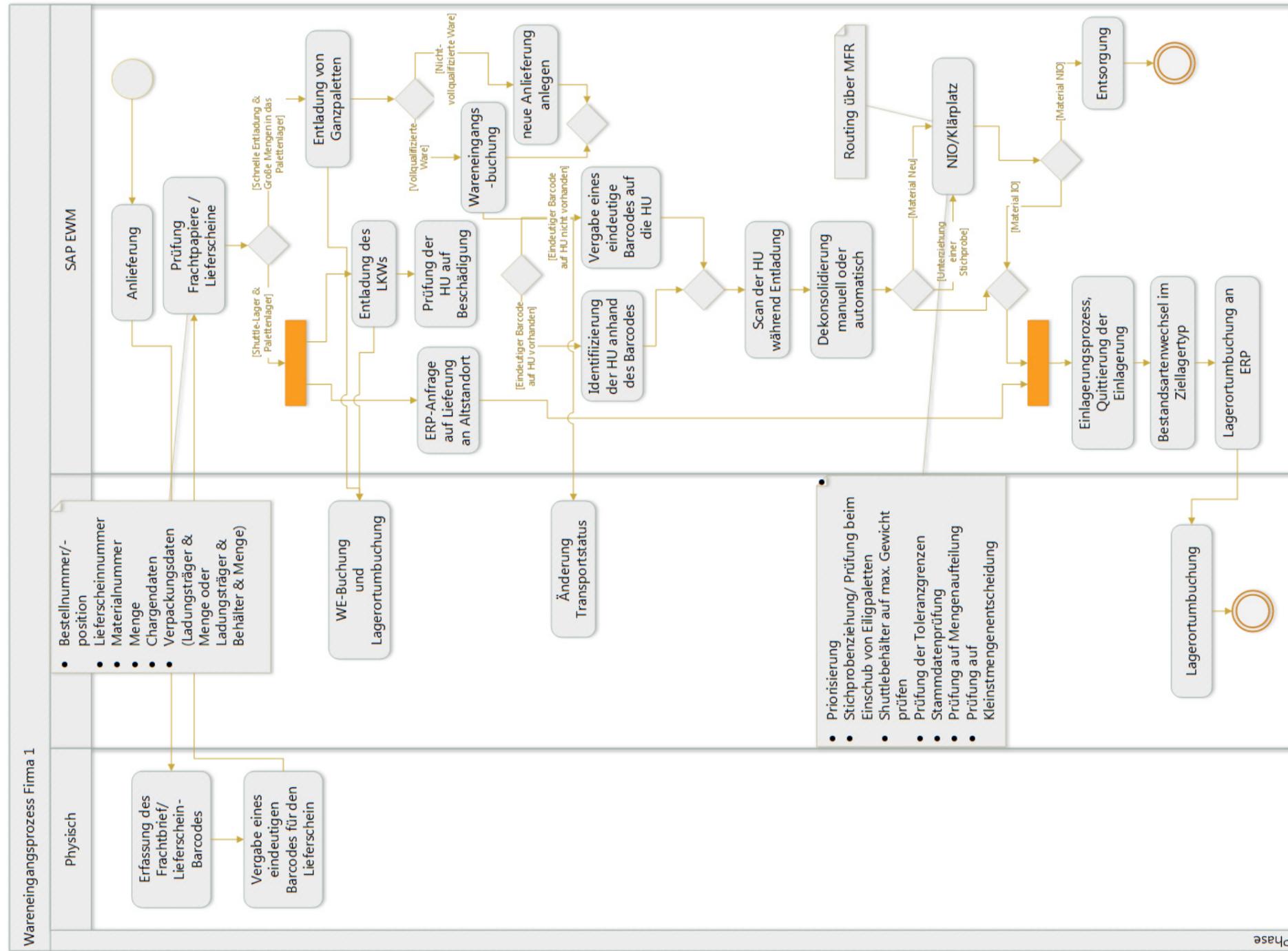
# D Wareneingangsprozess in SAP EWM

## D.1 Standard Wareneingangsprozess



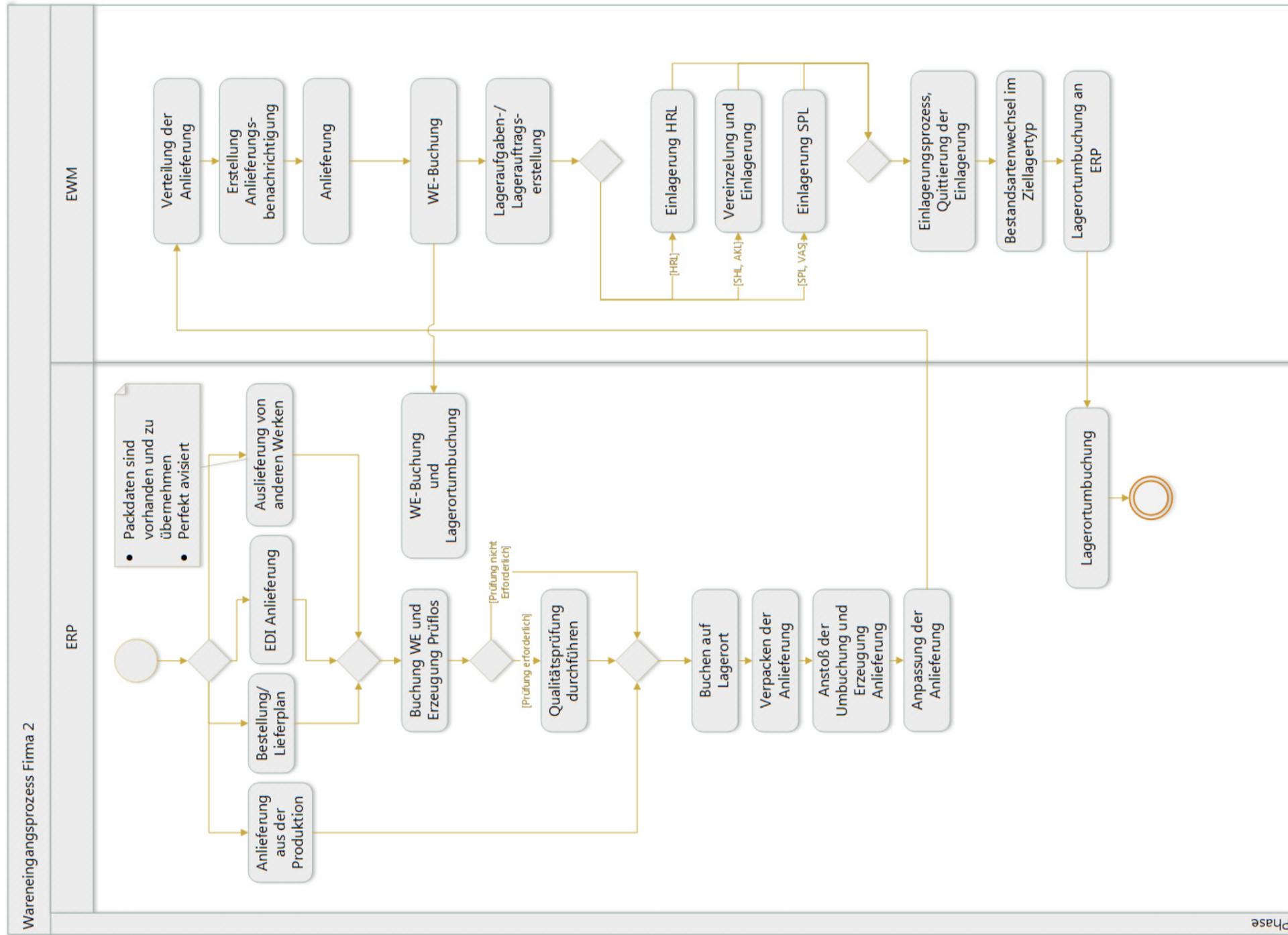
Beispielhafter Wareneingangsprozess (eigene Darstellung nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions)

## D.2 Wareneingangsprozess Firma 1



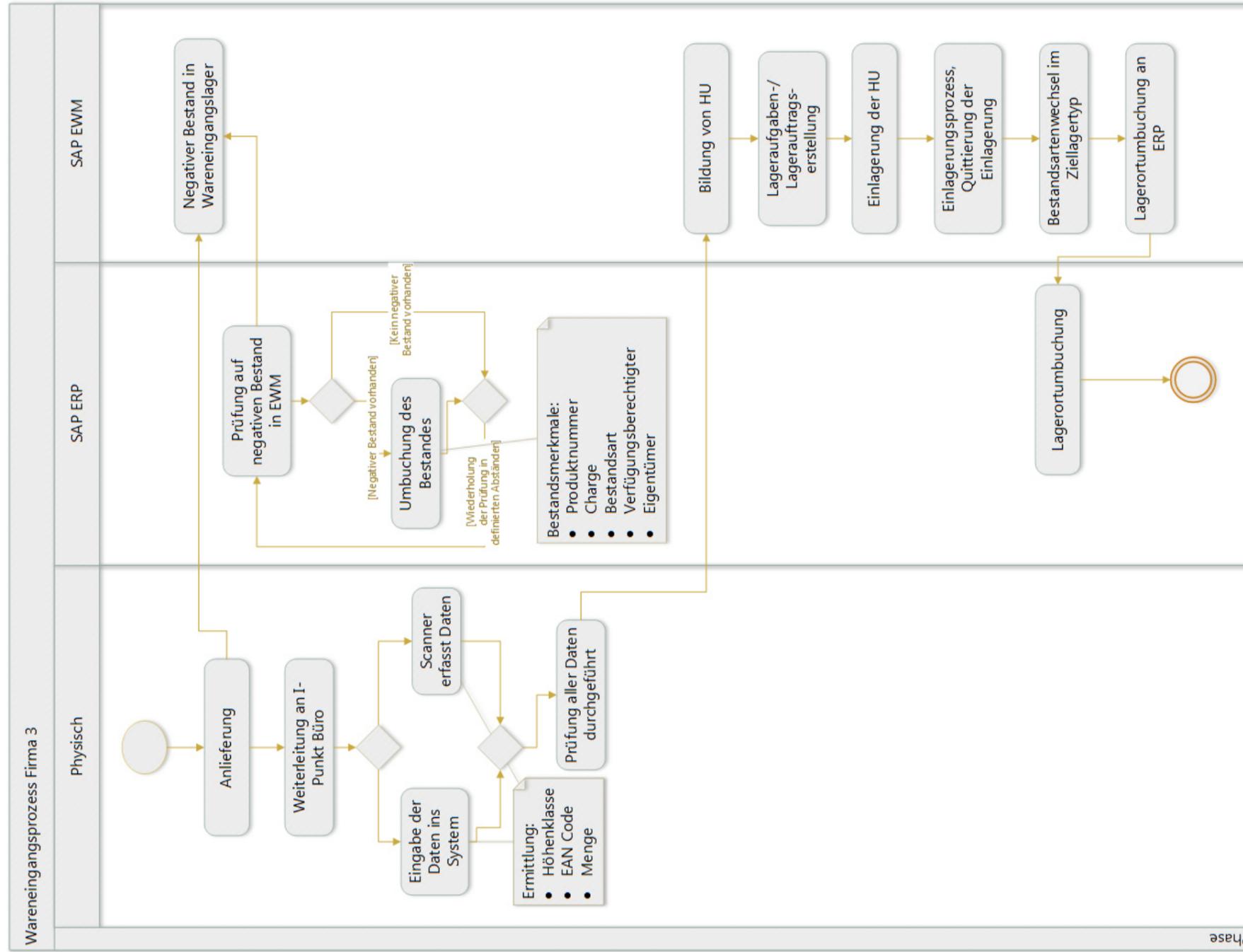
Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 1 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

### D.3 Wareneingangsprozess Firma 2



Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 2 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

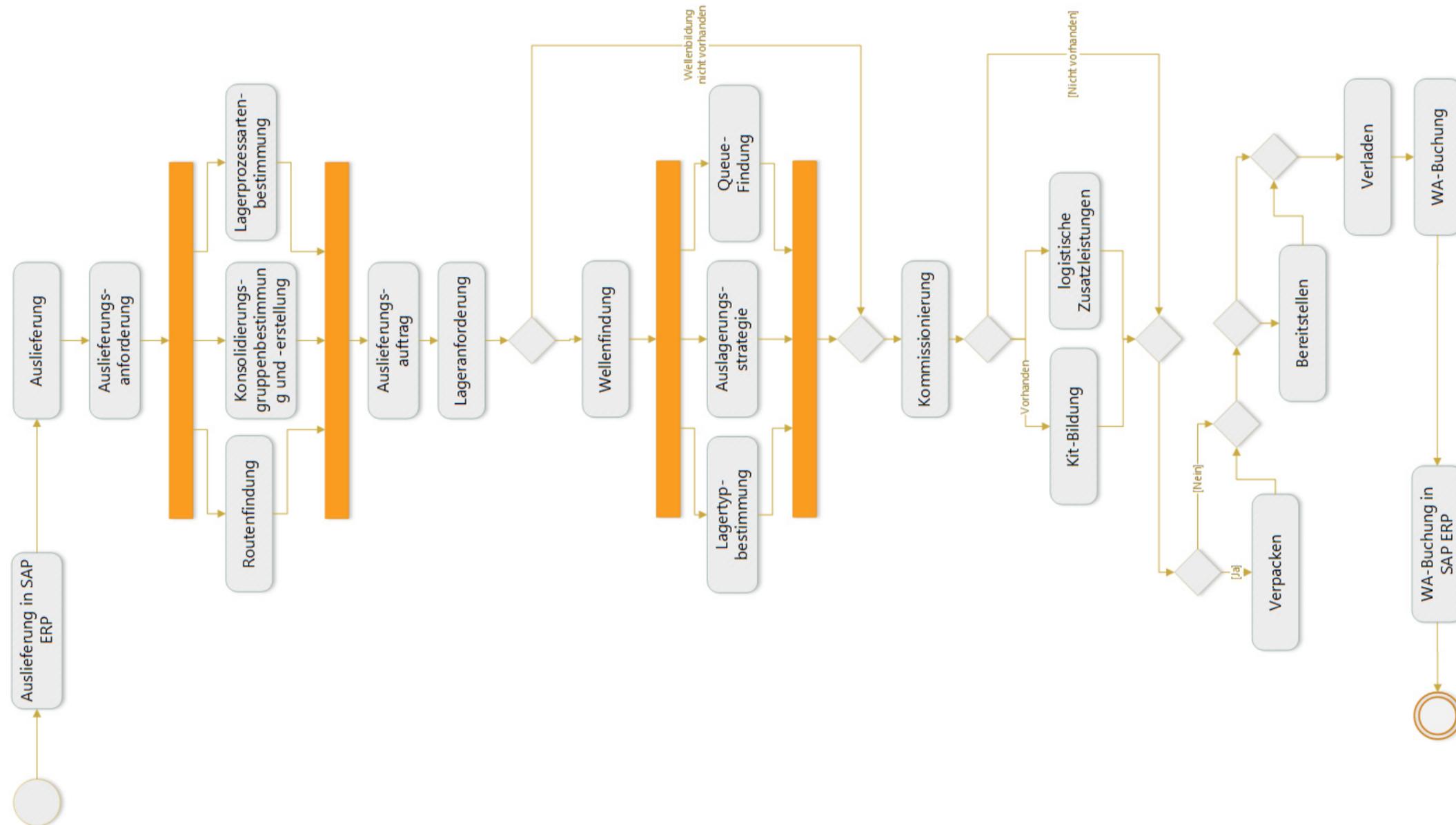
### D.4 Wareneingangsprozess Firma 3



Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 3 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

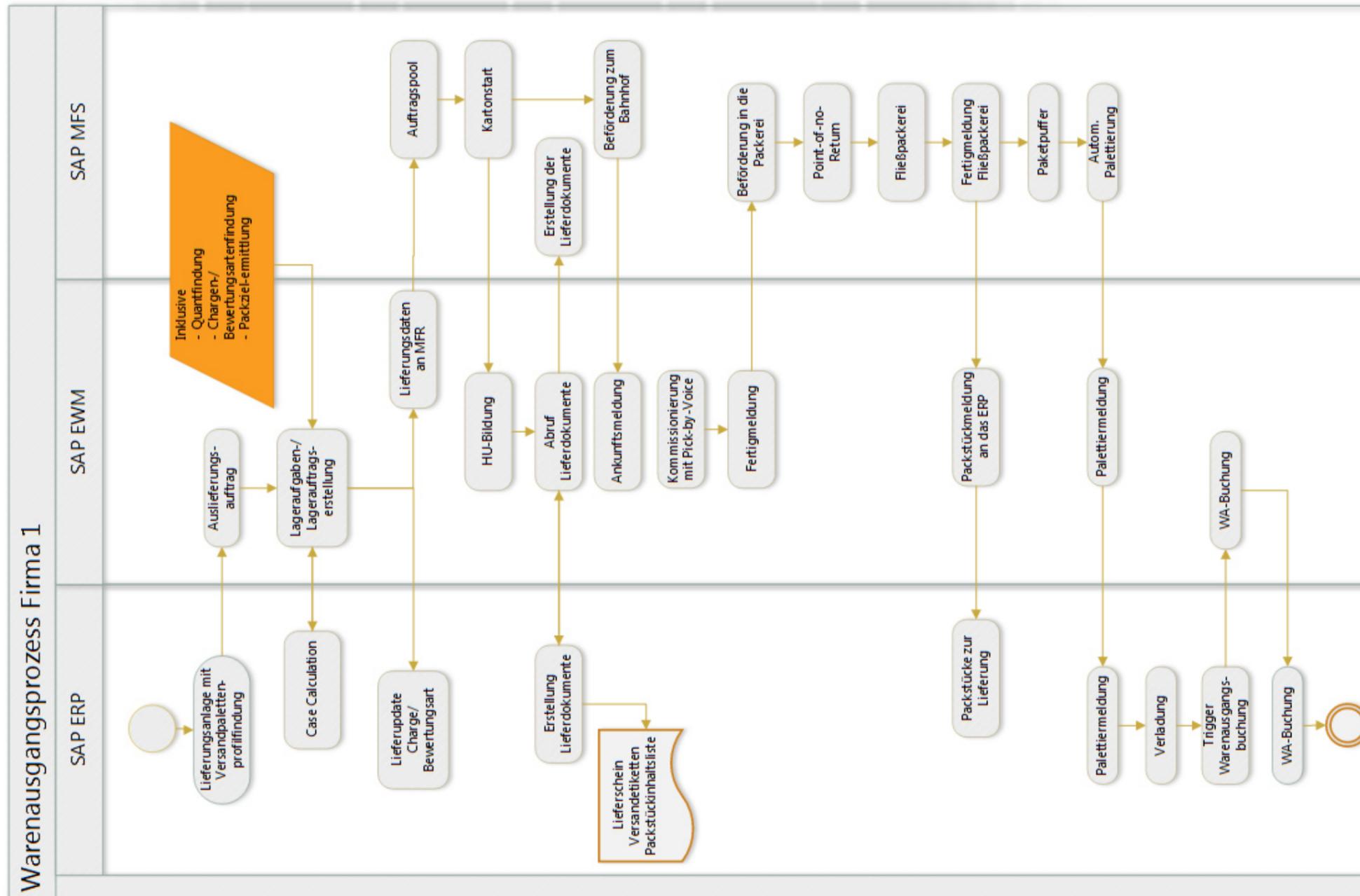
# E Warenausgangsprozess

## E.1 Standard-Warenausgangsprozess



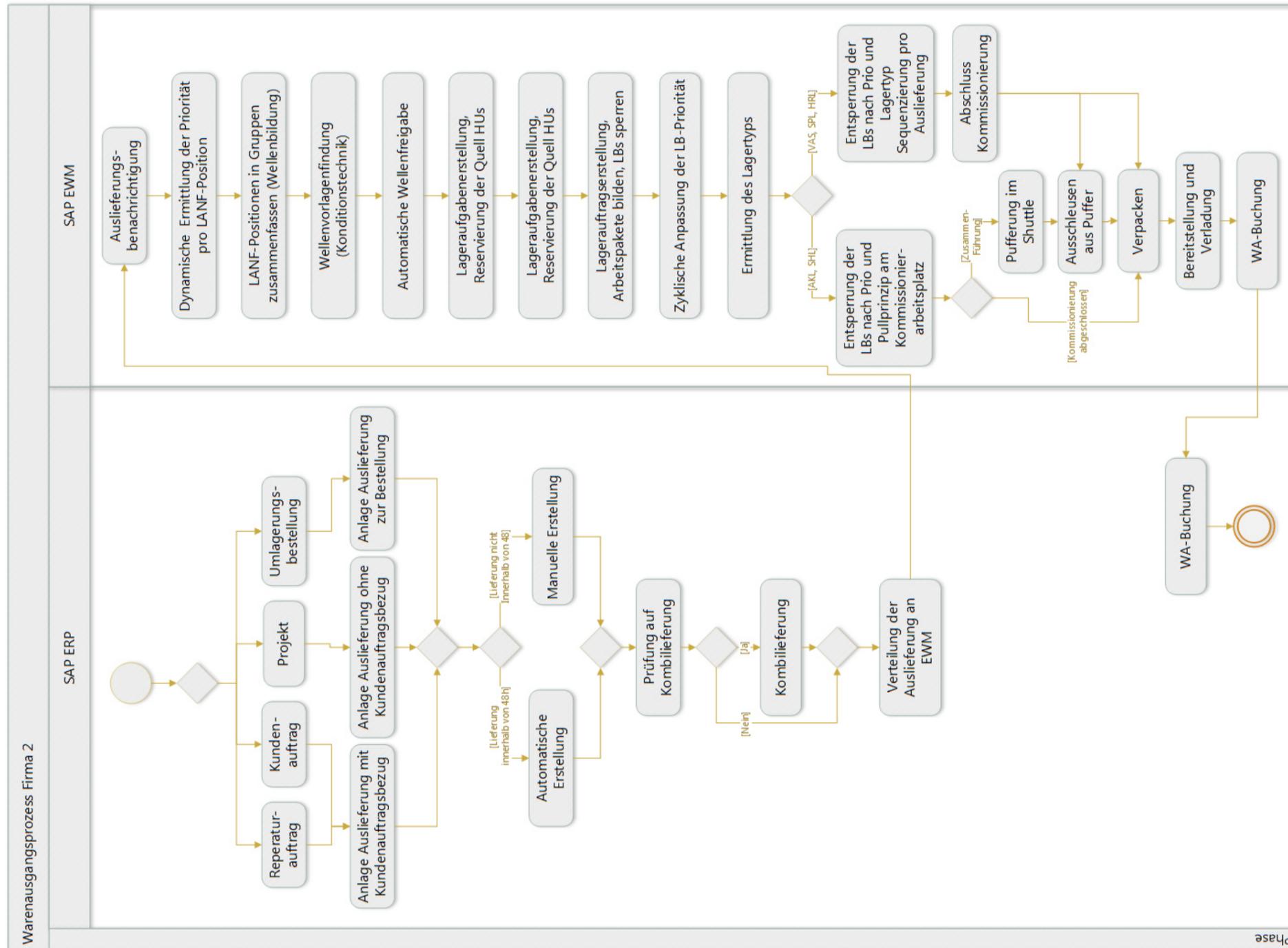
Standard-Warenausgangsprozess nach Lange u. a. [vgl. Lan+17, S. 471 ff.]

## E.2 Warenausgangsprozess Firma 1



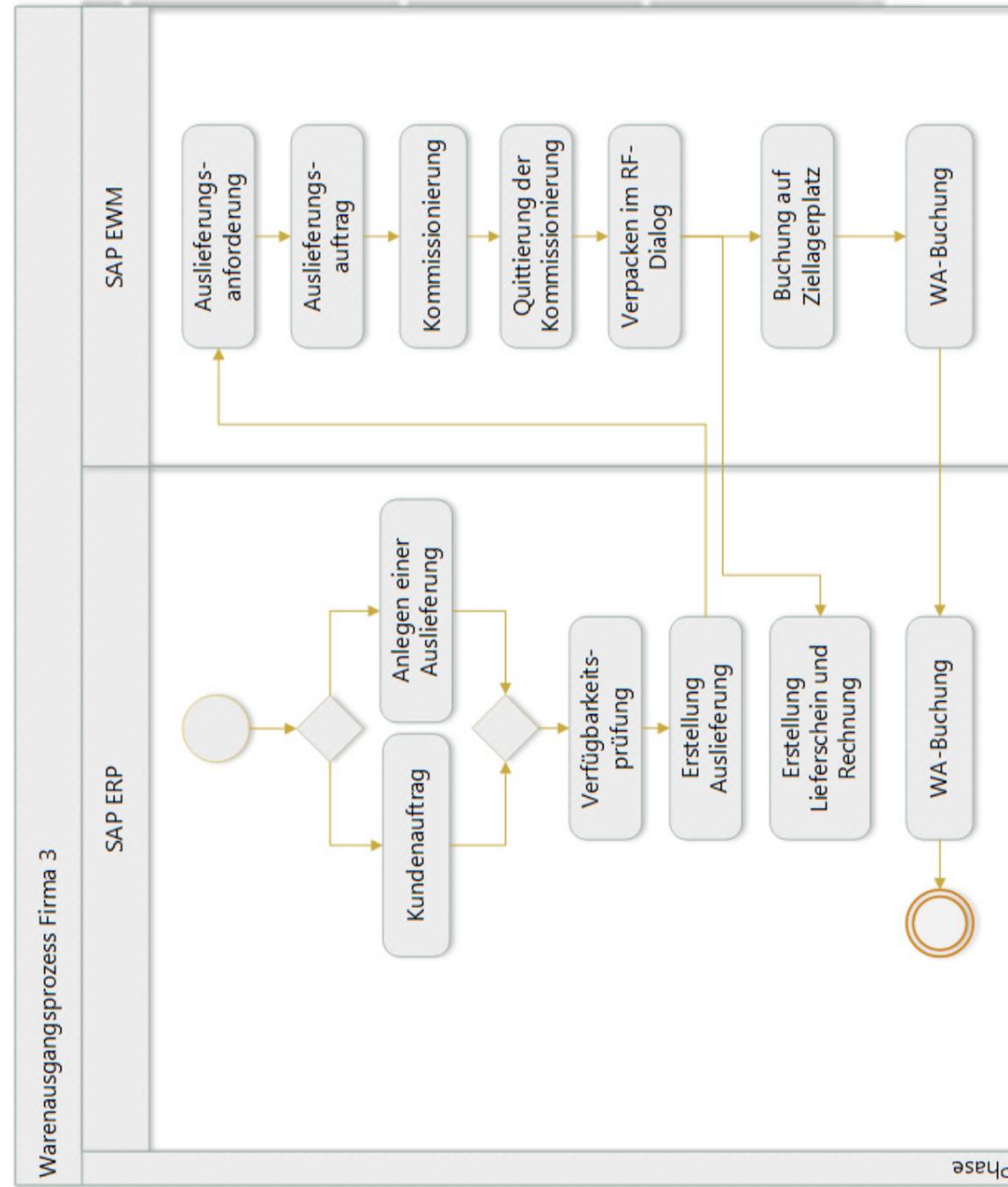
Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 1 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

### E.3 Warenausgangsprozess Firma 2



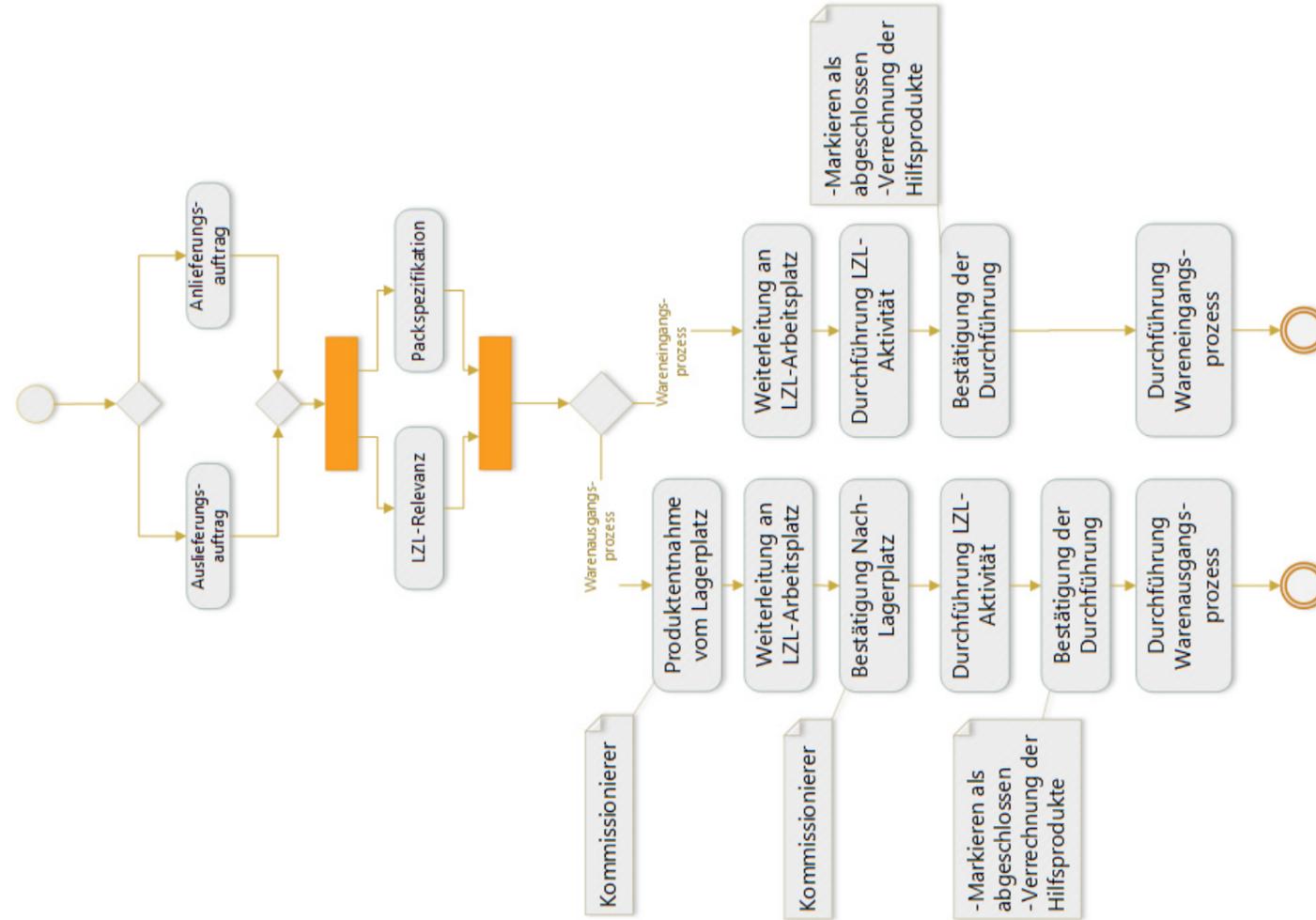
Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 2 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

### E.4 Warenausgangsprozess Firma 3



Beispielhafter Wareneingangsprozess der Firma 3 nach Prozessbeispiel der Firma Salt Solutions

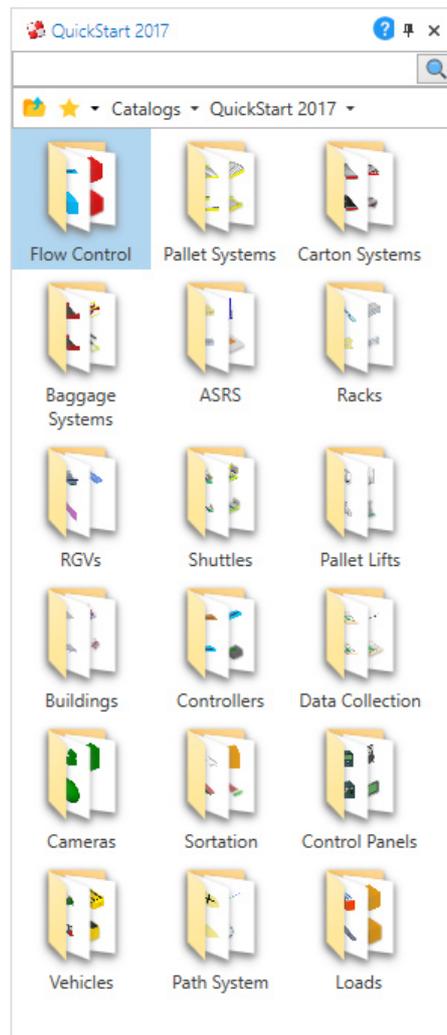
# F Prozess Logistische Zusatzleistungen



Standardprozess der LZL nach [vgl. Lan+17, S. 738]

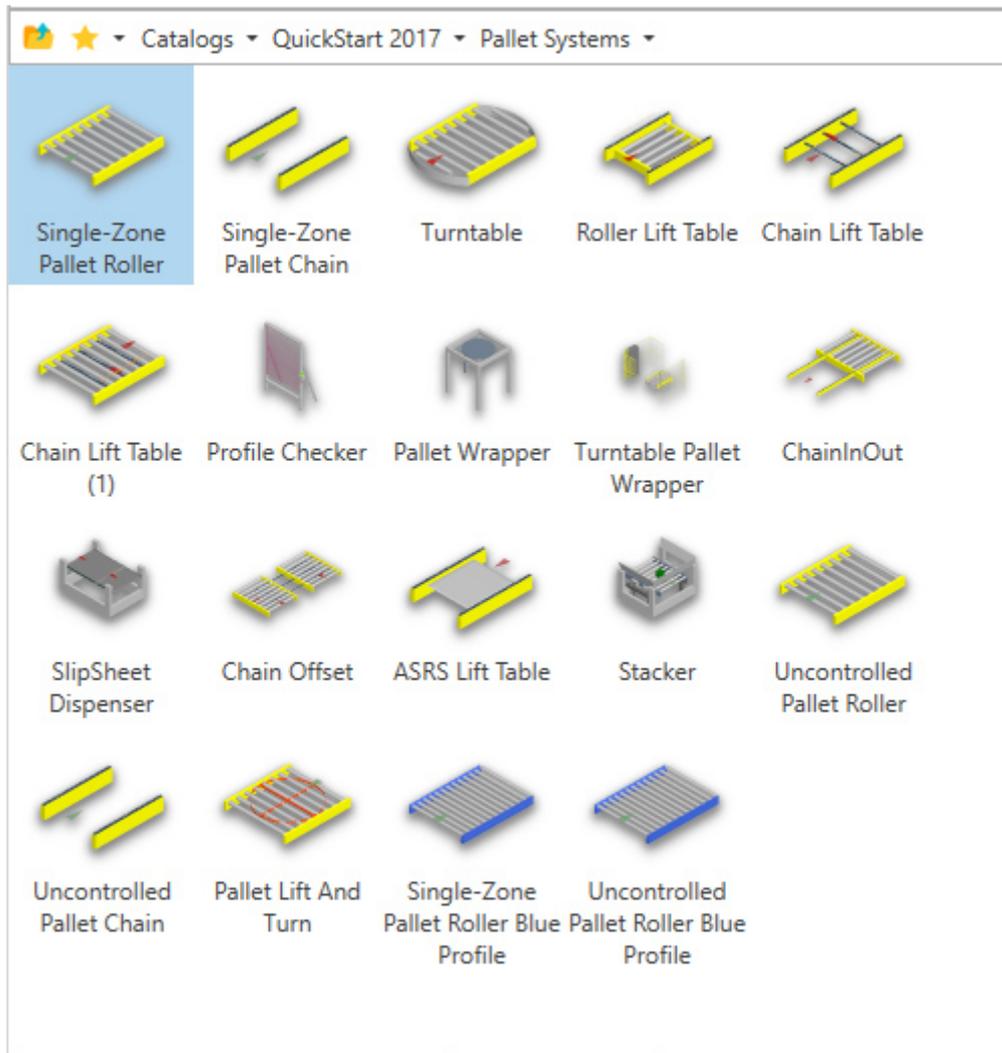
# G Standardbausteine von Simulationswerkzeugen

## G.1 Beispiele für Kataloge in Demo3D



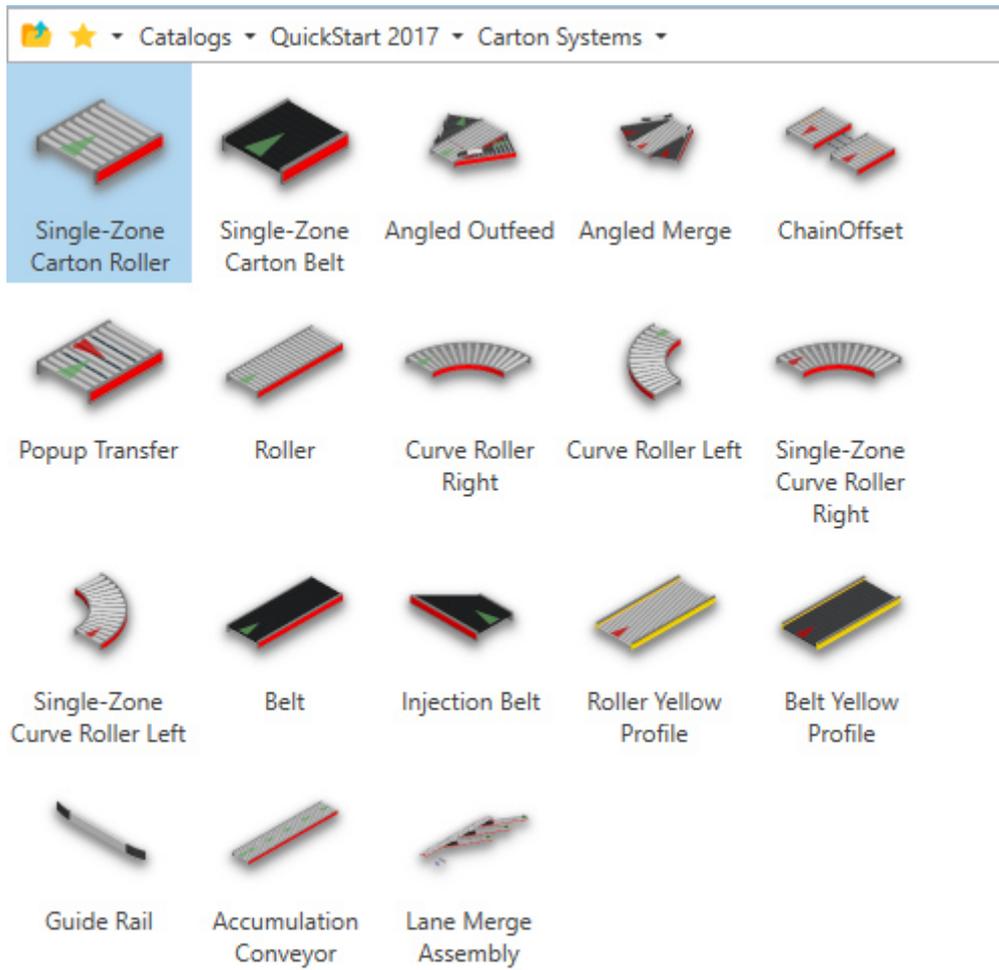
Übersicht über Standardkataloge des Simulationswerkzeuges Demo3D

## G.2 Beispiele für Kataloge in Demo3D



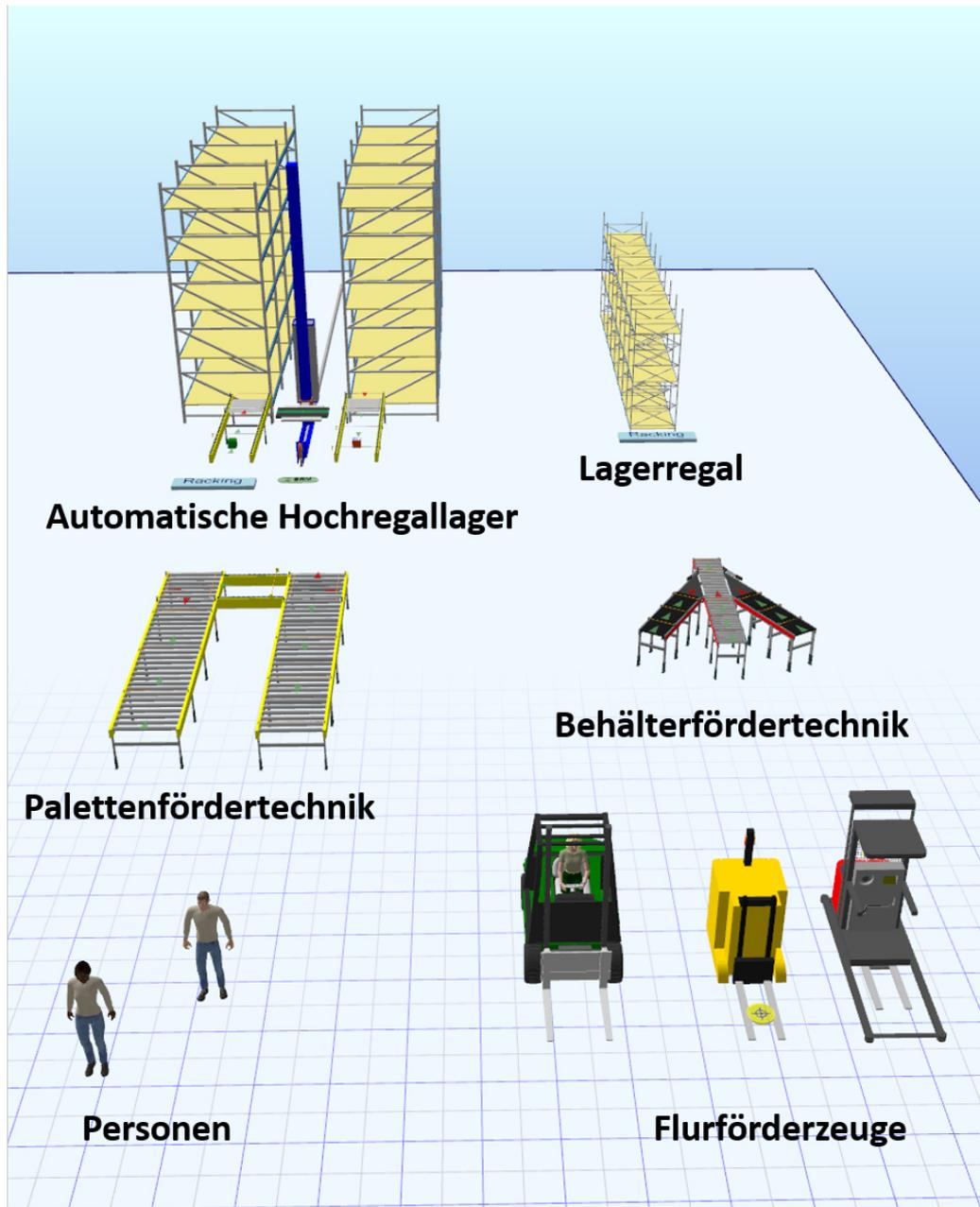
Darstellung des Kataloges Roller Conveyor des Simulationswerkzeuges Demo3D

### G.3 Beispiele für Kataloge in Demo3D



Darstellung des Kataloges Belt Conveyor des Simulationswerkzeuges Demo3D

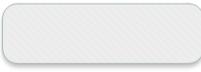
## G.4 Beispiele für Kataloge in Demo3D



Darstellung der Bauelemente in der Modellumgebung des Simulationswerkzeuges Demo3D

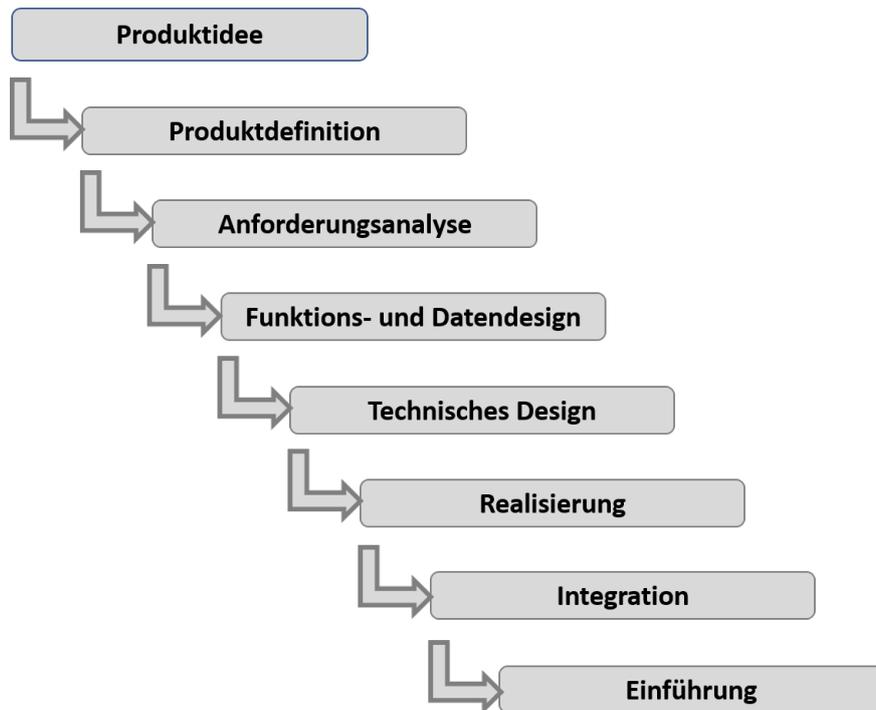
# H Bestandteile des Aktivitätsdiagramms

## Beschreibung der Symbole des Aktivitätsdiagramms

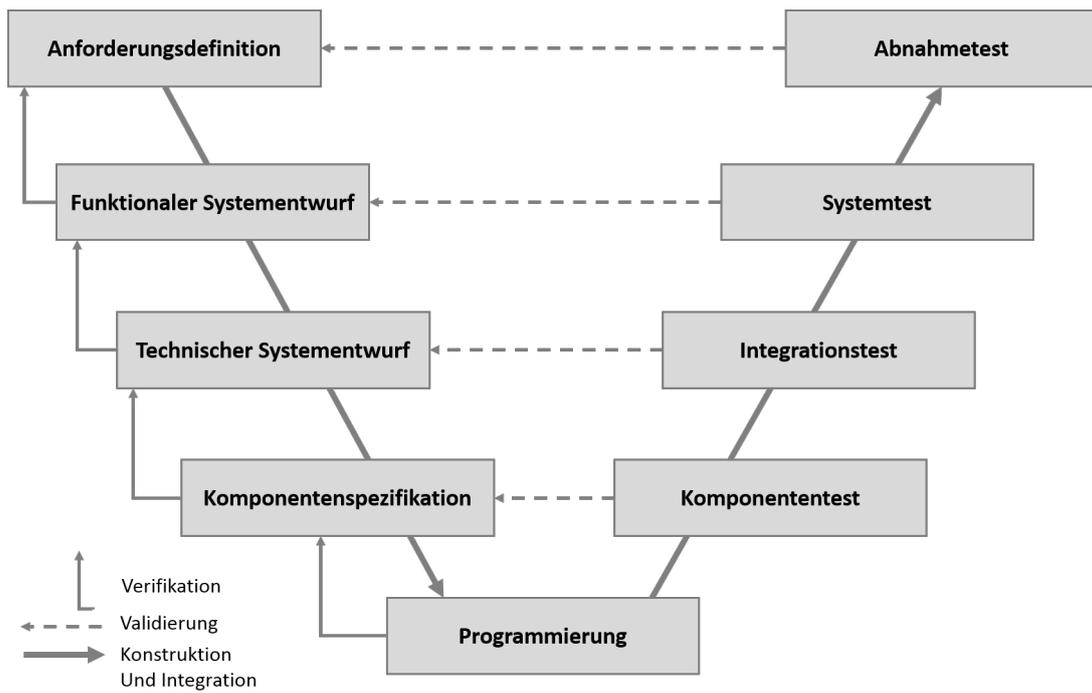
Symbol	Bezeichnung	Beschreibung
	Anfangsknoten	Ist der Anfangspunkt jedes Prozesses
	Abschlussknoten	Ist der Endpunkt des Prozesses
	Aktion	
	Entscheidung / Zusammenführung	Entscheidungen bilden den Anfang einer „Oder“-Entscheidung. Zusammenführungen stellen das Ende dar. Die Ausgehenden Kanten sind mit den Bedingungen zu beschriften
	Verzweigung / Verbindung	Verzweigungen sind am Anfang von „Und“-Entscheidungen. Verbindungen bilden das Ende
	Hinweis	Hinweise liefern weitere Informationen zu Aktionen
	Schwimmbahn	Schwimmbahnen ordnen einen Prozess einer Person oder einem System zu

Beschreibung der Elemente des Aktivitätsdiagramms

# I Vorgehensmodelle in der Software-Entwicklung



Wasserfallmodell nach Kleuker [Kle13]

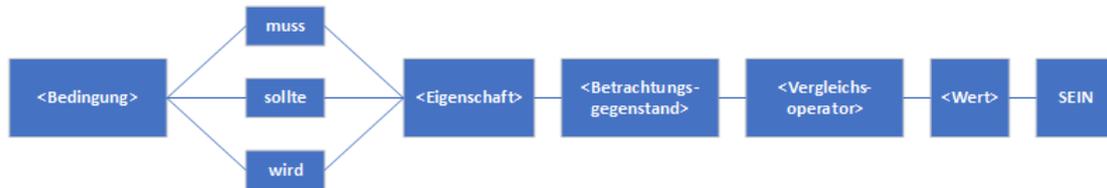


V-Modell nach Kleuker [Kle13]



Spiralmodell nach Brandt-Pook und Kollmeier [BK15]

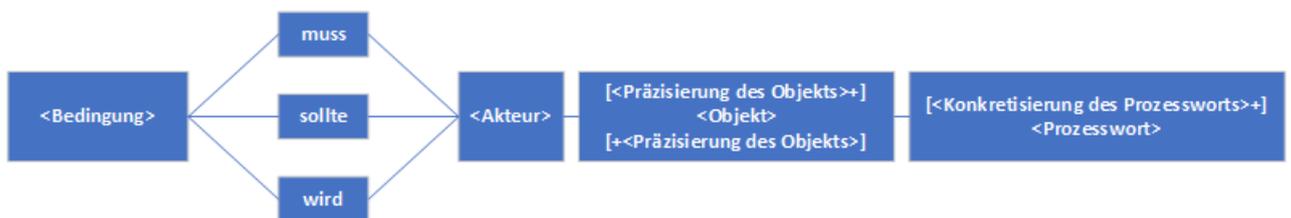
# J Anforderungsschablonen für nicht funktionale Anforderungen



Anforderungsschablone für Eigenschaften von nicht funktionalen Anforderungen nach Rupp [Rup14, S. 219]



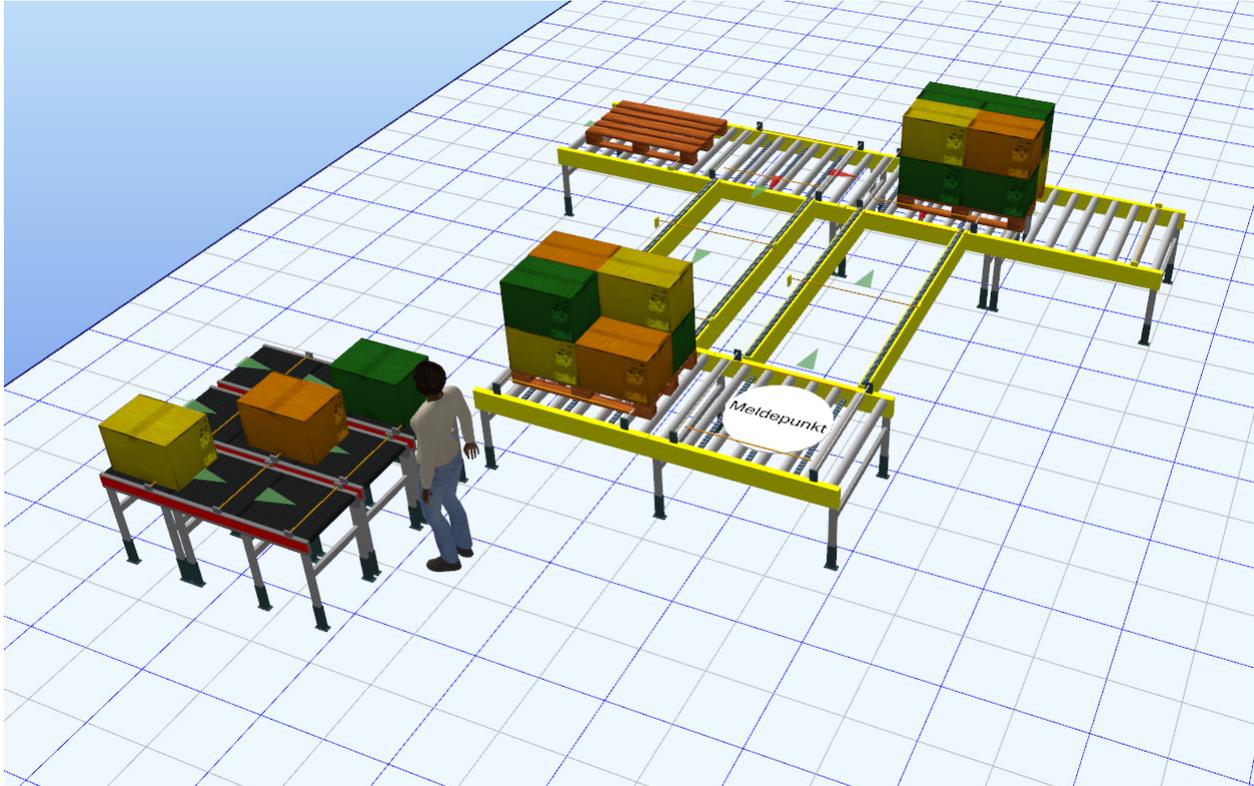
Anforderungsschablone für Umgebungen von nicht funktionalen Anforderungen nach Rupp [Rup14, S. 219]



Anforderungsschablone für Prozesse in nicht funktionalen Anforderungen nach Rupp [Rup14, S. 219]

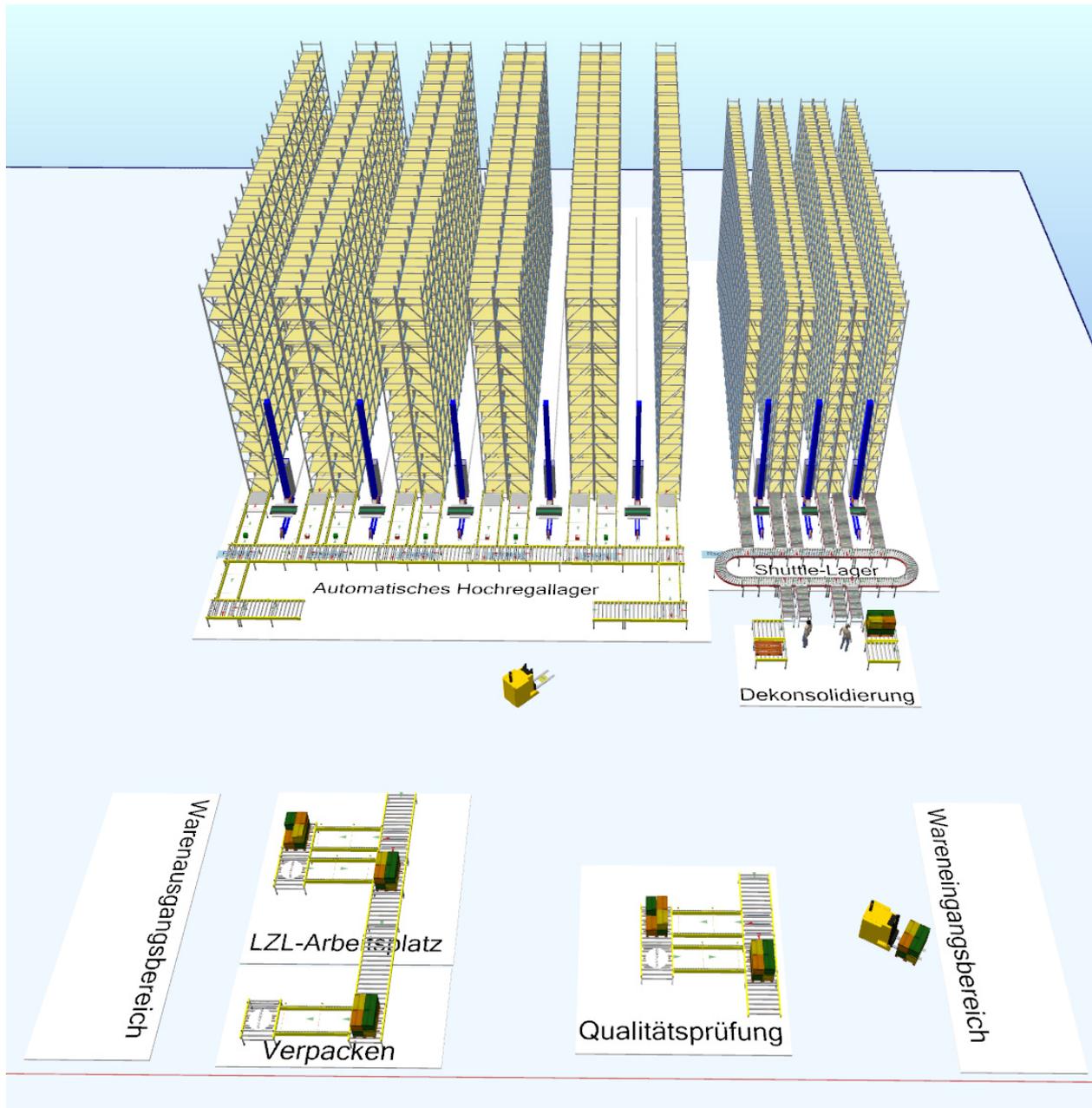


# L Beispielhafte Darstellung für einen Kommissionierarbeitsplatz



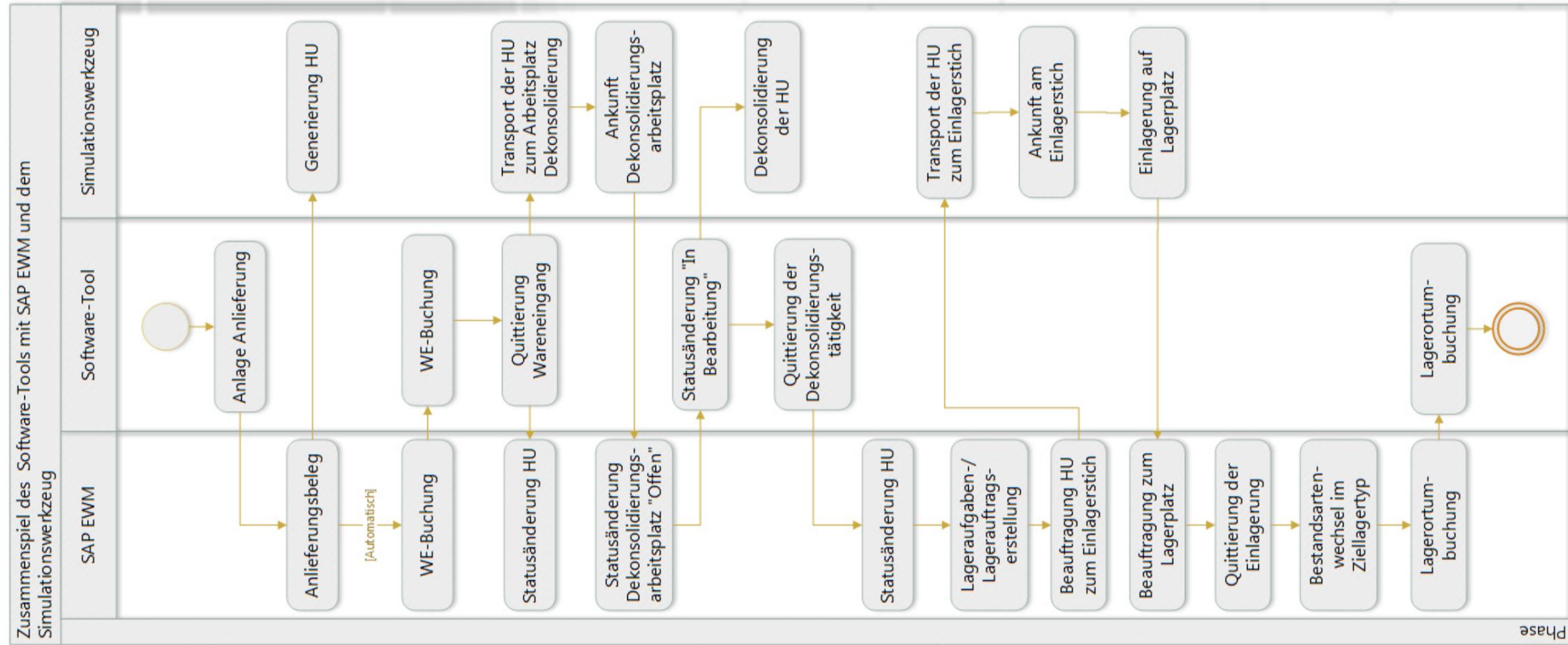
Beispielhafte Darstellung für einen Kommissionierarbeitsplatz

# M Modell der Beispielfirma im Simulationswerkzeug



Darstellung der Beispielfirma im Simulationswerkzeug

# N Zusammenspiel des Simulationswerkzeugs mit SAP EWM und dem Simulationswerkzeug



Beispielhafte Darstellung des Zusammenspiels des Software-Tools mit SAP EWM und dem Simulationswerkzeug