



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Konzeption und Umsetzung des Auftragsabwicklungsprozesses der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Detlef Gerhard

(E307 Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik, Bereich:
Maschinenbauinformatik und Virtuelle Produktentwicklung)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Florian Schinagl, BSc.

1227076 (066 482)

Leoprechting 3

4775 Taufkirchen an der Pram

Wien, im September 2017

Florian Schinagl



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im September 2017

Florian Schinagl

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, welche mich bei der Erstellung dieser wissenschaftlichen Arbeit und während meines gesamten Studiums unterstützt haben.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Detlef Gerhard, welcher trotz seines sehr straffen Terminplans immer ein offenes Ohr für mich hatte. Seine Fachexpertisen und Hilfestellungen waren ein wesentlicher Grundstein für den Erfolg meiner Arbeit.

Ein weiterer Dank gilt allen Mitarbeiter/innen des Instituts für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik der TU Wien, Forschungsbereich Maschinenbauinformatik und virtuelle Produktentwicklung, mit welchen ich im Zuge meiner Diplomarbeit zusammenarbeiten durfte, im speziellen bei Herrn Dipl.-Ing. Martin Hennig. Bei etlichen Fragestellungen stoß ich nie vor geschlossene Türen.

Weiters möchte ich mich bei allen Freunde/innen und Studienkollege/innen bedanken, welche mir über meine gesamte Studienzeit den erforderlichen sozialen Rückhalt boten. Durch sie wurde dieser unvergessliche Lebensabschnitt erst vervollständigt.

Einen ganz speziellen und persönlichen Dank möchte ich Frau Zita Maria Furtner aussprechen, welche mich bei allen Entscheidungen immer unterstützte und motivierte. Des Weiteren bot sie durch ihr Germanistik Studium hervorragende Voraussetzungen, um meine gesamte Diplomarbeit in kürzester Zeit auf Sprachrichtigkeit zu korrigieren.

Der größte Dank gebührt meinen Eltern, Helga und Johann Schinagl, welche mich während meiner gesamten Ausbildungszeit in allen Belangen immer unterstützt haben. Ohne diese Hilfe wäre weder diese Arbeit entstanden, noch hätte ich so sorgenfrei mein Studium beenden können.

Kurzfassung

Das Prinzip von Industrie 4.0 ist einfach, die Implementierung ist anspruchsvoll. Die Losgröße 1 ist der langgehegte Traum von Produktionsunternehmen und ein Mantra der digitalisierten Produktion. Ziel ist die Serienfertigung von Unikaten zu möglichst geringen Stückkosten. Die Fertigung von Losgröße 1 ist realistischer geworden denn je, weil die Anpassungsfähigkeit aller beteiligten Systeme durch Industrie 4.0-Technologien gewährleistet werden kann. Die Digitalisierung und Vernetzung versetzt die Produktion in die Lage, auf individuelle Anforderungen von Produkten flexibel einzugehen.

Um die eigene Produktion digital abbilden zu können, werden in beinahe allen Unternehmen modernste ERP Systeme eingesetzt. Die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 hat als Schwerpunkt die variantenreiche Serienfertigung und produziert als Demonstrationsprodukt einen FDM 3D-Drucker. Ziel dieser Diplomarbeit ist es, den gesamten Auftragsabwicklungsprozess bzw. die Produktion von der Produktkonfiguration bis zum fertig montierten Produkt inklusive aller Informationsflüsse in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 rechnergestützt abzubilden. ProALPHA steht hierbei als ERP System zur Verfügung, welches auch im Zuge dieser wissenschaftlichen Arbeit in die bereits bestehende IT Verfahrenslandschaft eingebettet werden muss.

Für eine fundierte Ausarbeitung werden daher zu Beginn dieser Arbeit theoretische Einstiegskapitel sowohl über das Gebiet der Betriebswirtschaftslehre als auch über Industrielle Informationssysteme ausgearbeitet. Basierend auf diesen Erkenntnissen, werden die Prozesse zur Auftragsabwicklung in der Pilotfabrik schrittweise erarbeitet. Bei der Erarbeitung dieser Prozesse wird großen Wert darauf gelegt, so wenige Schnittstellen zwischen den einzelnen Industriellen Informationssystemen entstehen zu lassen wie nur möglich. Durch diese systematische Vorgehensweise während der Erarbeitung der gesamten Diplomarbeit ergibt sich ein Auftragsabwicklungsprozess, welcher ganzheitlich mit dem ERP System von proALPHA abgebildet werden kann.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist ein Auftragsabwicklungsprozess, welcher durch zwei notwendige Schnittstellen (PDM – ERP und ERP – Maschinenterminal) konzipiert ist und in Kapitel 5 dieser Arbeit als Ist-Testdurchlauf dokumentiert ist. Der zentralen Zieldefinition von Industrie 4.0 wurde dabei Rechnung getragen, indem der FDM 3D-Drucker variantenreich konfiguriert werden kann und auch in der Losgröße 1 in einer Serienfertigung produziert wird.

Abstract

The principle of industry 4.0 is simple, but the implementation is demanding. Lot size one is for many years a dream of production companies and an advertisement of the digitization. The goal is a series production of unique with low unit costs. The production of lot size one is now very realistic, because of industry 4.0 technologies. Digitization and networking allows companies to customize their products very flexible.

To generate a digital twin of the own production, many companies use therefore enterprise resource planning systems. The aim of this thesis is to digitize the whole order management process and all information flows in the TU Vienna testing factory industry 4.0. Demonstration product in the TU Vienna testing factory is a fused deposition modelling 3D printer and the main focus of their research is the varied series production. As an enterprise resource planning system is proALPHA for this thesis in use.

For this purpose, theoretical introductory chapters about business administration and industrial information systems will be elaborated. Based on this knowledge the order management process of the TU Vienna testing factory industry 4.0 will be developed step by step. Because of this systematic approach the whole order management process can be digitized with the enterprise resource planning system of proALPHA.

The result of this thesis is an order management process, which was realised only by two interfaces. This process is documented as a test run in chapter five of the thesis. The central goal definition of industry 4.0 was taken into account, in which the fused deposition modelling 3D printer can be configured in a variety of ways and is also produced in lot size one in a serial production.

Abkürzungsverzeichnis

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
APS	Advanced Palnning and Scheduling
ARIS	Architektur integrierter Informationssysteme
BG	Baugruppe
bzw.	beziehungsweise
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality Management
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CPS	Cyber-Physische Systeme
CRM	Customer Relationship Management
CRP	Capacity Requirements Planning
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMS	Document Management System
EPK	ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Resource Planning
ESB	Enterprise Service Bus
FDM	Fused Deposition Modelling
FFG	Forschungsförderungsgesellschaft
GPS	Ganzheitliche Produktionssysteme
IfM	Institut für Mittelstandsforschung
IIS	Industrielle Informationssysteme
INWB	Integration Workbench
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnik
Kap.	Kapitel
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
max.	maximal
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Enterprise Solution Assiciation
min.	minimal
MRP	Material Requirements Planning
MRP II	Manufacturing Resource Planning
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PC	Polycarbonate
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management

PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PPS	Polyphenylensulfid
RFID	Radio Frequency Identification
SCM	Supply Chain Management
SOA	serviceorientierte Architektur
TQM	Total Quality Management
TU	Technische Universität
u.	und
uvm.	und vieles mehr
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WKO	Wirtschaftskammer Österreich
z.B.	zum Beispiel

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Ausgangssituation	3
1.2	Problemstellung / Zielsetzung / Forschungsfrage	4
1.3	Aufbau und Struktur der Arbeit	4
2	Relevante betriebswirtschaftliche Grundlagen	7
2.1	Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)	8
2.1.1	Einleitung zum Begriff KMU	8
2.1.2	Normen und Richtlinien	9
2.2	Industrie 4.0	10
2.2.1	Industrie 4.0: Vergangenheit - Gegenwart - Zukunft	11
2.2.2	Begriffsdefinitionen zu Industrie 4.0	13
2.2.3	Potentiale und Auswirkungen von Industrie 4.0	15
2.3	Auftragsabwicklung	16
2.3.1	Produktionsplanung und –steuerung	18
2.3.2	Materialwirtschaft	20
2.3.3	Produktkonfiguration	22
2.3.4	ARIS	23
2.4	Produktionssysteme	25
2.4.1	Historische Entwicklung	26
2.4.2	Fertigungstypen- u. Fertigungsprinzipien	27
2.4.3	Lean Manufacturing & Ganzheitliche Produktionssysteme	29
2.4.4	Ausblick	31
3	Industrielle Informationssysteme	32
3.1	Grundlagen Industrielle Informationssysteme	33
3.2	Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme	37
3.2.1	Historische Entwicklung	37
3.2.2	Aufbau und Systemarchitektur	39
3.2.3	Funktionen und Einsatz	43
3.2.4	Das ERP System proALPHA	44

3.3	Product Data Management (PDM)	47
3.3.1	Historische Entwicklung	49
3.3.2	Aufbau und Systemarchitektur	49
3.3.3	Funktionen und Einsatz	51
3.4	Manufacturing Execution System (MES)	52
3.4.1	Historische Entwicklung	53
3.4.2	Funktionen und Einsatz	53
3.5	Schnittstellen	56
3.5.1	ERP – PDM	57
3.5.2	ERP – MES	59
4	Auftragsabwicklungsprozess in der Pilotfabrik	61
4.1	TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0	62
4.1.1	Allgemeines	62
4.1.2	Layout und Organigramm der Pilotfabrik	63
4.1.3	F&E-Inhalte der Pilotfabrik	65
4.2	FDM 3D-Drucker	67
4.2.1	Funktionsprinzip eines FDM 3D-Druckers	67
4.2.2	Aufbau des 3D-Druckers	68
4.3	Konzept des Auftragsabwicklungsprozesses	70
4.3.1	Vertriebsprozess	72
4.3.2	Produktionsprozess	74
4.3.3	Beschaffungsprozess	77
4.3.4	Versandprozess	80
4.3.5	Rechnungsprozess	81
4.4	ProALPHA Implementierung in der Pilotfabrik	82
4.5	Teamcenter	84
5	Umsetzung	87
5.1	Auftragsabwicklung	88
5.1.1	Anlage spezifischer Stammdaten der Pilotfabrik	88
5.1.2	Produktionsdurchlauf	98
5.2	Schnittstellen	109
5.2.1	PDM - ERP	110

5.2.2	ERP - Maschinenterminal	112
6	Zusammenfassung & Ausblick	113
6.1	Zusammenfassung	114
6.2	Ausblick	115
7	Anhang	117
8	Literaturverzeichnis	124
9	Abbildungsverzeichnis	128
10	Formelverzeichnis	131
11	Tabellenverzeichnis	132

1 Einleitung¹

1.1 Ausgangssituation

Die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 hat als Schwerpunkt die variantenreiche Serienfertigung und produziert als Demonstrationsprodukt einen FDM 3D-Drucker. Ziel ist die Serienfertigung von Unikaten zu möglichst geringen Stückkosten, denn die wachsende Macht des Kunden in der Geschäftswelt zwingt Unternehmen zu immer höherer Flexibilität. In ganzen Industriezweigen hat das Internet und die dadurch allgemein zugängliche Information das Geschäftsgebaren grundsätzlich verändert. Daraus resultiert eine noch nie dagewesene Kundenmacht. Diese schlägt sich in den Forderungen nach besseren Dienstleistungen, niedrigeren Preisen und stärker individualisierten Produkten nieder. Dadurch werden Unternehmen gezwungen, ihre Produkte noch mehr auf den Kunden zu individualisieren und die Kundenkommunikation zu den niedrigstmöglichen Kosten zu bewerkstelligen.

Weltweit ist ein Trend hin zu Industrie 4.0 zu erkennen, welcher allerdings eine verstärkte Vernetzung und Kooperation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen verlangt. Neue Produktionstechnologien und hochwertige Fertigungsqualität schaffen sichere Arbeitsplätze und benötigen wiederum bestens ausgebildete Fachkräfte. Pilotfabriken schaffen hierfür ideale Strukturen und Plattformen. Österreichische Unternehmen wollen daher diese Forschungseinrichtung nutzen, um die bestehenden Produktionsabläufe zu modernisieren und eigene Prototypen zu entwickeln. Ziel ist es, die Wettbewerbsfähigkeit der heimischen Wirtschaft für die Zukunft zu sichern.²

Die konkrete Ausgangssituation zur Bearbeitung dieser Diplomarbeit bestand darin, dass der fertig konstruierte 3D-Drucker mit allen notwendigen Konstruktionsdaten in Teamcenter zur Verfügung steht. Das zum Erreichen der Ziele zu verwendende ERP System von proALPHA wurde auch bereits ausgewählt. Weiters sind notwendige Schnittstellen zur Bearbeitung der Auftragsabwicklung und ein Konzept für den Auftragsabwicklungsprozess noch nicht vorhanden.

¹ In der gesamten vorliegenden Arbeit sind immer weibliche und männliche Vertreter aller erwähnten Personengruppen angesprochen, wenn von Mitarbeitern, Studenten, Managern usw. die Rede ist. Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird jedoch auf eine Schreibweise wie Absolvent/inn/en oder MitarbeiterInnen verzichtet.

² (vgl. https://www.bmvit.gv.at/service/faktenblaetter/industrie40_pilotfabrik.pdf (Gelesen am: 30.05.2017))

1.2 Problemstellung / Zielsetzung / Forschungsfrage

Ziel ist es den gesamten Auftragsabwicklungsprozess bzw. die Produktion von der Produktkonfiguration bis zum fertig montierten Produkt inklusive aller Informationsflüsse in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 rechnergestützt abzubilden. ProALPHA steht als ERP System zur Verfügung und soll parallel zu SAP betrieben werden, um Anwendungsunabhängigkeit sicherzustellen. Die Teilprozesse, Informationsflüsse und Schnittstellen sind zu erarbeiten und proAlpha entsprechend einzurichten. Dies umfasst Module zur Produktkonfiguration, Auftragsabwicklung, Produktionsplanung und -steuerung, Materialwirtschaft und MES. Ferner sind notwendige Stammdaten im System zu pflegen. Als Grundlage steht der fertig entwickelte 3D-Drucker mit allen Konstruktions- und Strukturdaten in Teamcenter von Siemens zur Verfügung.

Einem weiteren Grundgedanken von Industrie 4.0 folgend soll auch durch diese Aufgabenstellung Rechnung getragen werden. Die gesamte Auftragsabwicklung soll nicht durch Excel-Listen und verschiedenen ausgedruckten Dokumenten bewerkstelligt werden, sondern diese soll vollautomatisiert mittels eines ERP Systems durchlaufen werden.

Zur Wissenschaftlichen Bearbeitung dieser Aufgabenstellung wird folgende Forschungsfrage definiert, welche nach erfolgreicher Abarbeitung beantwortet werden soll.

Wie können moderne ERP Systeme und Industrie 4.0 Technologien Unterstützung bieten, um den Auftragsabwicklungsprozess so zu gestalten, dass eine variantenreiche Serienfertigung bei der Losgröße 1 verwirklicht werden kann?

Um diese Hauptforschungsfrage schrittweise beantworten zu können, wurden folgende Subfragen definiert:

- Wie muss der Auftragsabwicklungsprozess hierfür gestaltet werden?
- Wie kann ein ERP System bei der Einführung von Industrie 4.0 unterstützen?
- Welche möglichen Schnittstellen zu anderen industriellen Informationssystemen sind hierbei notwendig und wie müssen diese definiert werden?

Als praxisnahes Demonstrationsobjekt zur Beantwortung dieser Forschungsfrage wird die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 herangezogen.

1.3 Aufbau und Struktur der Arbeit

Abbildung 1 zeigt nicht nur eine Übersicht über die Struktur und den Aufbau dieser wissenschaftlichen Arbeit, sondern gibt auch Auskunft über die Vorgehensweise während der Erarbeitung der gesetzten Ziele. Diese Diplomarbeit ist grundsätzlich in

drei große Blöcke aufgeteilt. Im ersten Block (Kapitel 2 & 3) erfolgt eine theoretische Ausarbeitung des notwendigen Grundlagenwissens. Hier werden grundlegende Begriffe der Betriebswirtschaftslehre und ein vertieftes Basiswissen über industrielle Informationssysteme erarbeitet. Aufbauend auf diesen Grundlagen wird im zweiten Block (Kapitel 4) die praktische Vorgehensweise bei der Erfüllung der Aufgabenstellung dokumentiert. Zum einen wird hier die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 und die IT Verfahrenslandschaft im näheren Umfeld der Problemstellung dieser Arbeit beschrieben und zum anderen wird der zentrale Auftragsabwicklungsprozess in der Pilotfabrik dargestellt. Im abschließenden dritten Block (Kapitel 5 & 6) werden die Ergebnisse der Problemstellung und der Forschungsfrage protokolliert. Als Hauptergebnis dieser Diplomarbeit wird ein Testdurchlauf des Auftragsabwicklungsprozesses mit dem ERP System von proALPHA dokumentiert. Abschließend wird hier die vorliegende Arbeit zusammengefasst, kritisch betrachtet und es wird auch ein Ausblick über weitere mögliche Untersuchungsaspekte gegeben.

Die detaillierten Inhalte und Untersuchungsaspekte der jeweiligen Kapitel und Unterkapitel werden immer am Anfang jedes Kapitels angeführt. Ein Resümee und ein Zusammenhang in Betracht auf die TU Wien Pilotfabrik wird im Theorieteil jeweils am Ende jedes Unterkapitels angeführt. Die chronologische Vorgehensweise dieser Arbeit spiegelt sich auch in der Struktur wider. Zuerst werden die theoretischen Inhalte erarbeitet um im Anschluss daran die geforderte Aufgabenstellung abarbeiten zu können. Am Ende der Arbeit werden die Ergebnisse zusammengefasst und die vorliegende Arbeit wird durch einen Ausblick über mögliche zukünftige Entwicklungsziele abgeschlossen.

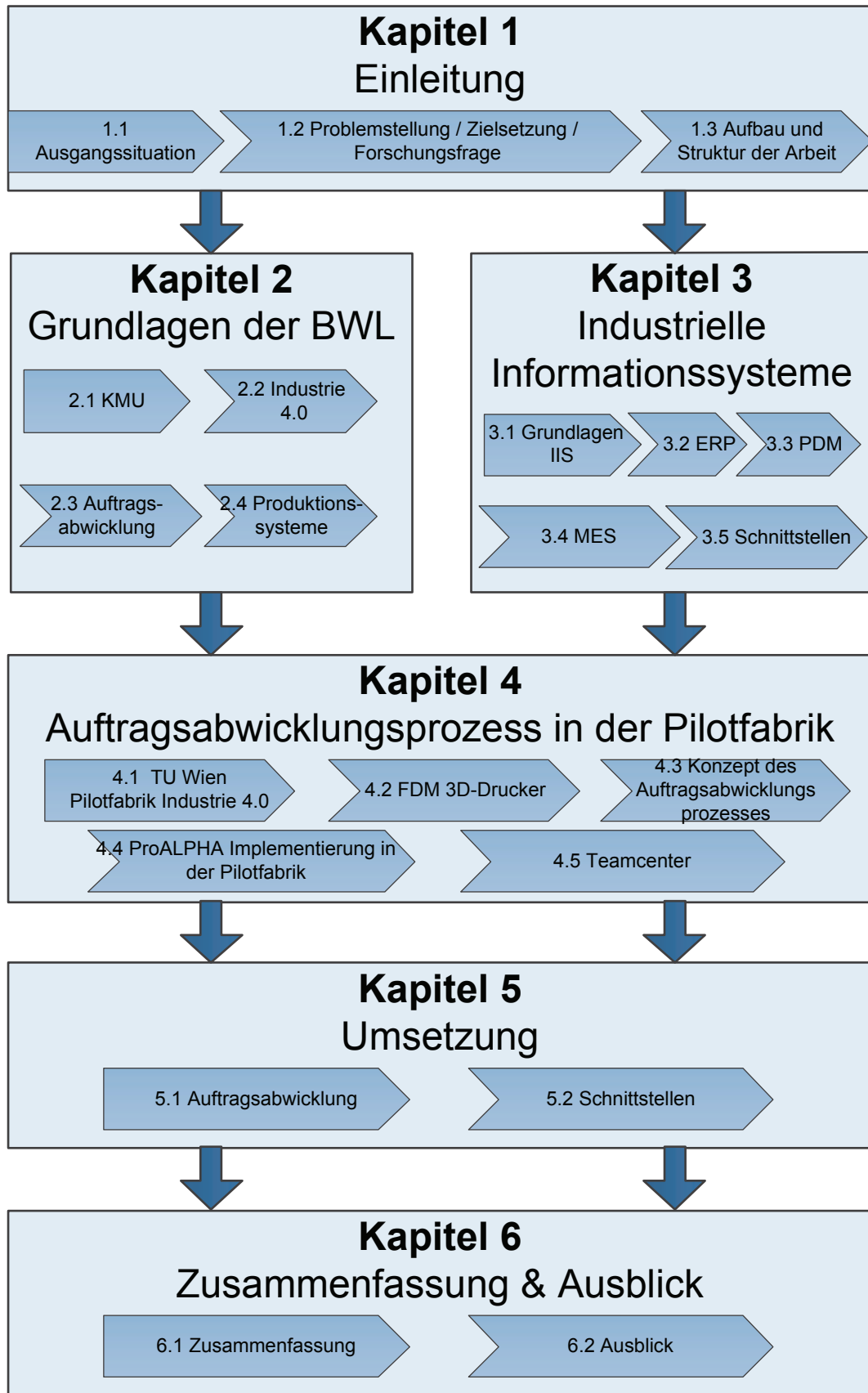


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

2 Relevante betriebswirtschaftliche Grundlagen

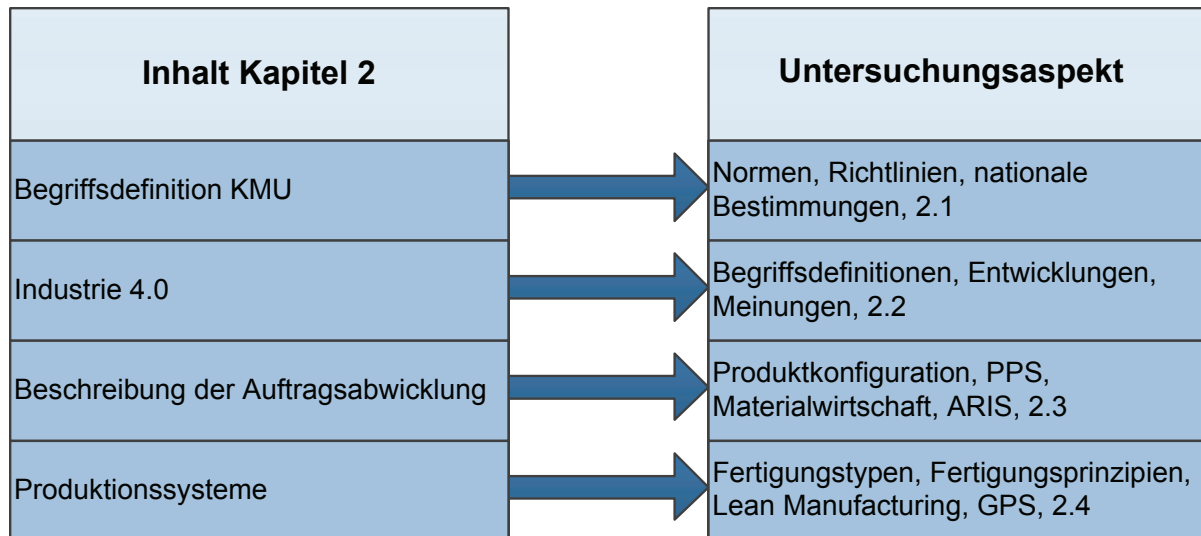


Abbildung 2: Aufbau Kapitel 2

In Abbildung 2 wird der Aufbau dieses Kapitels anhand des Inhalts sowie des jeweiligen Untersuchungsaspektes gezeigt. Das gesamte Kapitel 2 soll als erster theoretischer Grundlagenteil dienen. Hier werden elementare Begriffe und Definitionen der BWL erläutert, um die Zusammenhänge im späteren praktischen Teil dieser Arbeit besser verstehen zu können. Der erste Abschnitt gibt einen Einblick in die Begriffsdefinition, vorhandene Normen und Richtlinien für kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Nationale Bestimmungen für KMU werden diesen ersten Abschnitt abschließen (Kap. 2.1). Anschließend wird eine kritische Betrachtung des Begriffes Industrie 4.0 angeführt. Hierbei werden nicht nur verschiedenste Begriffsdefinitionen angeführt und beleuchtet, sondern es wird auch die Entwicklung bis Industrie 4.0 dargestellt. Dieses Unterkapitel soll den interessierten Leser den Begriff Industrie 4.0 greifbar machen und seine Aufmerksamkeit auf Industrie 4.0 Anwendungen sensibilisieren (Kap. 2.2). In weiterer Folge wird der allgemeine Prozess der Auftragsabwicklung beschrieben. Insbesondere wird hier näher auf die Produktkonfiguration, Produktionsplanung und -steuerung sowie auf die Materialwirtschaft eingegangen. Auch ARIS als Prozessmodellierungswerkzeug wird in diesem Unterkapitel behandelt (Kap. 2.3). Abgeschlossen wird der erste theoretische Bezugsrahmen durch eine Beschreibung verschiedenster Produktionssysteme. Definitionen zu den Begrifflichkeiten von Fertigungstypen, Fertigungsprinzipien, Lean Manufacturing und Ganzheitlichen Produktionssystemen werden angeführt (Kap. 2.4).

2.1 Kleine und mittlere Unternehmen (KMU)

2.1.1 Einleitung zum Begriff KMU

Im Laufe dieser Arbeit wird der Begriff KMU noch öfter verwendet, daher bedarf es zuerst der Konkretisierung dessen, was unter einem Klein- und Mittelunternehmen zu verstehen ist. Seitens der Politik, Wissenschaft und der Medien bekommen KMU deutlich weniger Aufmerksamkeit als große Unternehmen. Große Unternehmen stehen im Zentrum medialer Berichterstattung, wissenschaftlicher Forschung und politischer Diskussion. Auch an Schulen und Universitäten wird vermehrt anhand von Beispielen der großen Unternehmen gelehrt. Dies ist erstaunlich, denn auf der ganzen Welt, in allen Volkswirtschaften, sind es gerade KMU die für das Wachstum der jeweiligen Volkswirtschaften von starker Bedeutung sind. Auch in der betriebswirtschaftlichen Forschung hinsichtlich der Felder Unternehmensführung und strategisches Management spielen KMU eine große Rolle. In Österreich sind 99,5% aller Unternehmen KMU und diese halten einen Beschäftigungsanteil von mehr als zwei Drittel. Deshalb nehmen sie eine zentrale Stellung in der österreichischen Unternehmenslandschaft ein. Unterschieden werden kleine, mittlere und große Unternehmen durch eine Gruppierung nach der Betriebsgröße. Diese Bestimmung bzw. Unterscheidung anhand des Größenunterschiedes ist jedoch nicht einfach und bereitet insbesondere aufgrund der Vielseitigkeit realer Unternehmen große Schwierigkeiten. Zur Bestimmung der Betriebsgröße wird meistens ein Kriterium bzw. einige wenige Kriterien herangezogen. Dadurch ist eine möglichst repräsentative und objektive Erfassung der Betriebsgröße möglich. Hierbei können sowohl qualitative als auch quantitative Merkmale herangezogen werden.³

Ein weiterer Begriff, welcher eng mit KMU verknüpft wird, ist der Begriff des Mittelstandes. Dieser ist wiederum verbunden mit dem Modell der sozialen Marktwirtschaft. Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Größenstrukturen in der Produktion gehen mindestens bis ins 19. Jahrhundert zurück. Anfang 1990, mit der Entwicklung der angelsächsischen Wirtschaft, galten die Begriffe „Mittelstand“ und „KMU“ als veraltet und rückständig. Allerdings seit dem Ausbruch der Finanzmarktkrise 2008 hat sich dies wieder ins Gegenteil gewandt. Von nun an werden der Mittelstand und die soziale Marktwirtschaft wieder als Erfolgsgarant innerhalb der Wirtschaft angesehen. Leider teilen diese Begriffe trotz ihrer Beliebtheit ein Schicksal, nämlich, dass sie nicht einheitlich definiert sind und nahezu beliebig Verwendung finden.⁴

Im Folgenden werden die aus österreichischer Sicht bedeutendsten Definitionen vorgestellt.

³ (vgl. Reisinger, 2007, p. 126 ff.)

⁴ (vgl. Arentz and Münstermann, 2013, p. 1)

2.1.2 Normen und Richtlinien

International gesehen gibt es verschiedene Definitionen, Normen und Richtlinien des Begriffs KMU. Die beiden wichtigsten bzw. am ausschlaggebendsten für diese Arbeit sind die nach der Europäischen Kommission und die des IfM Bonn. Diese beiden werden im Folgenden nun näher betrachtet. Beide gehören zur Gruppe der quantitativen Abgrenzungen, welche ihre Grenzwerte über bestimmte wirtschaftliche Kennzahlen festlegen. Des Weiteren existieren Unterscheidungsmerkmale anhand qualitativer Merkmale, wie z.B. der Eigentümerstruktur.

Europäische Kommission⁵

Durch eine KMU-Empfehlung der Europäischen Kommission soll insbesondere gewährleistet werden, dass etwaige Förderungen und Hilfsmaßnahmen auch nur wirklich jene Unternehmen bekommen, welche diese auch benötigen. Dieser KMU-Definition liegen drei signifikante Kriterien zugrunde:

- Mitarbeiterzahl
- Jahresumsatz
- Jahresbilanzsumme

Nachfolgende Abbildung soll die Schwellenwerte dieser Kriterien zur Unterscheidung in Kleinstunternehmen, kleinen Unternehmen und mittleren Unternehmen darstellen. Das Mitarbeiterzahl-Kriterium ist zwingende Voraussetzung für die Einstufung in ein KMU. Weiters steht dem Unternehmen frei, entweder die Obergrenze für den Jahresumsatz oder die der Bilanzsumme einzuhalten. Es müssen nicht beide Kriterien eingehalten werden. Wird eines überschritten und das anderen nicht, kann das Unternehmen trotzdem noch als KMU eingestuft werden.

Kategorie des Unternehmens	Mitarbeiterzahl: Jahresarbeits- einheit (JAE)	Jahresumsatz	oder	Jahresbilanz- summe
Mittelgroß	< 250	≤ 50 Mio. EUR	oder	≤ 43 Mio. EUR
Klein	< 50	≤ 10 Mio. EUR	oder	≤ 10 Mio. EUR
Kleinst	< 10	≤ 2 Mio. EUR	oder	≤ 2 Mio. EUR

Abbildung 3: Schwellenwerte der Europäischen Kommission⁶

⁵ (vgl. Europäische Union, 2015, p. 4 ff.)

Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn⁷

Nachfolgende Tabelle soll die KMU-Definition des IfM Bonn darstellen, welche seit dem 01.01.2016 Gültigkeit besitzt. Da eine Harmonisierung mit der KMU-Definition der Europäischen Kommission angestrebt ist, wird nun auch in der IfM Definition in Kleinst- und Kleinunternehmen unterschieden. Bei mittleren Unternehmen bleibt jedoch der Schwellenwert des IfM erhalten, um die deutsche Besonderheit herzustellen.

Unternehmensgröße	Zahl der Beschäftigten	und	Umsatz €/Jahr
kleinst	bis 9		bis 2 Millionen
klein	bis 49		bis 10 Millionen
mittel	bis 499		bis 50 Millionen
(KMU) zusammen	unter 500		bis 50 Millionen

Tabelle 1: KMU-Definition des IfM Bonn

Österreichische Definition⁸

In Österreich existiert keine verbindliche Definition für KMU. Als Anhaltspunkt rät die Wirtschaftskammer Österreich (WKO) die Zuordnung der Unternehmen nach der Europäischen Kommission zu verwenden.

Im Verlauf dieser Arbeit wird auch die Begrifflichkeit nach der Europäischen Kommission als Begriffsdefinition verwendet.

Der Begriff KMU stellt für die Bearbeitung dieser Diplomarbeit aus vielerlei Hinsicht einen sehr bedeutenden Aspekt dar. Zum einen hat die TU Wien Pilotfabrik gerade Unternehmen mit kleinerer und mittlerer Größe als Zielgruppe auserkoren. Deren Bedarf und Interessenfelder wurden durch verschiedenste Kooperationskontakte erhoben und können dadurch in der TU Wien Pilotfabrik durch ausgewählte Aktivitäten adressiert werden. Zum anderen hat sich auch proALPHA, als ERP Software Partner, zum Ziel gesetzt mittelständische Unternehmen voran zu bringen.

2.2 Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist Ausdruck der Digitalisierung und sieht vor, dass Cyber-Physische Produktionssysteme zum Einsatz kommen. Industrie 4.0 verändert nicht nur die Art und Weise wie produziert wird, sondern auch Tätigkeiten und Berufe, Unternehmen

⁶ (Europäische Union, 2015, p. 11)

⁷ (vgl. <http://www.ifm-bonn.org/definitionen/kmu-definition-des-ifm-bonn/> (Gelesen am: 30.03.2017))

⁸ (vgl. <https://www.wko.at/service/zahlen-daten-fakten/KMU-definition.html> (Gelesen am 30.03.2017))

und Branchen, die Art und Weise, wie Betriebe kooperieren. Es geht nicht um die Veränderung in einem großen Schritt sondern primär um einen permanenten Wandlungsprozess, die Fähigkeit zu lernen und sich zu verändern.⁹

Große Bedeutung im Zusammenhang des Begriffes Industrie 4.0 bekommt die Echtzeit-Vernetzung von Produkten, Prozessen und Infrastrukturen, welche sich in erheblichem Maße auf die Produktion, Geschäftsmodelle, Produkte und Services sowie die Arbeitswelt auswirken.¹⁰

Die Vierte industrielle Revolution wird kommen, dies stellt mittlerweile fast niemand mehr in Frage. Die Wirtschaft befindet sich in einem Paradigmenwechsel, der viele Branchen auf Grund neuer Geschäftsmodelle stark verändern wird. Für Zentraleuropa stellt dies eine große Chance dar. Die industrielle Produktion kann gehalten bzw. weiter ausgebaut werden. Bereits viele ausgelagerte Produktionen, in anderen Kontinenten, können wieder zurückgeholt werden. Große Konzerne und industrialisierte Volkswirtschaften forschen und arbeiten schon länger an der Umsetzung der Vierten Industriellen Revolution. Der globale Wettstreit um die Produktionssysteme der Zukunft hat bereits begonnen.¹¹

Meistens wird der Begriff Industrie 4.0 mit der vierten Industriellen Revolution gleichgestellt. Jedoch macht es hierbei Sinn, zuerst den Blick auf die vorangegangenen drei Revolutionen zu werfen. Diese zu analysieren, in Betracht auf den chronologischen Aufbau der ersten drei industriellen Revolutionen.¹²

2.2.1 Industrie 4.0: Vergangenheit - Gegenwart - Zukunft

Vergangenheit

Mitte des 18. Jhdts wurde die Dampfmaschine entwickelt. Dies war der Grundstein für die erste Industrielle Revolution. Besonders Arbeits- und Kraftmaschinen haben einen großen Beitrag dazu geleistet, dass seit dieser Zeit keine strukturell bedingten Hungersnöte mehr entstanden sind. Diese Entwicklung führte zu einer Bevölkerungsexplosion in industriell geprägten Ländern. Natürlich zieht eine solche Revolution auch immer Nachteile mit sich. So entstanden zwei Schichten: Die Fabrikbesitzer und Fabrikarbeiterschaft. Die Schicht der Fabrikbesitzer profitierte sehr stark aus dieser Situation und die Schicht der Fabrikarbeiter wurde speziell in den Anfängen sehr stark ausgebeutet.

Dies führte zur zweiten Industriellen Revolution, welche auch die bürgerliche Revolution genannt wird. Diese war geprägt durch arbeitsteilige Massenproduktion

⁹ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 2)

¹⁰ (vgl. Abramovici and Herzog, 2016, p. 11)

¹¹ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 33)

¹² (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 5)

mit Hilfe von elektrischer Energie. Namhafte Revolutionäre und Vertreter dieser Zeit waren zum einen Henry Ford, mit seiner Entwicklung der Fließbandfertigung, und zum anderen Frederic W. Taylor, durch seine neuen Ansätze an die wissenschaftliche Betriebsführung. Weiters erhielt Erdöl eine immer größere Bedeutung als Grundstoff der chemischen Industrie. Besonders profitieren daraus konnte die Automobilebranche. Im Übergang zwischen der ersten und zweiten Industriellen Revolution entstand auch die Sozialdemokratie - die Basis für unsere heutige konsumorientierte Gesellschaft wurde gelegt.

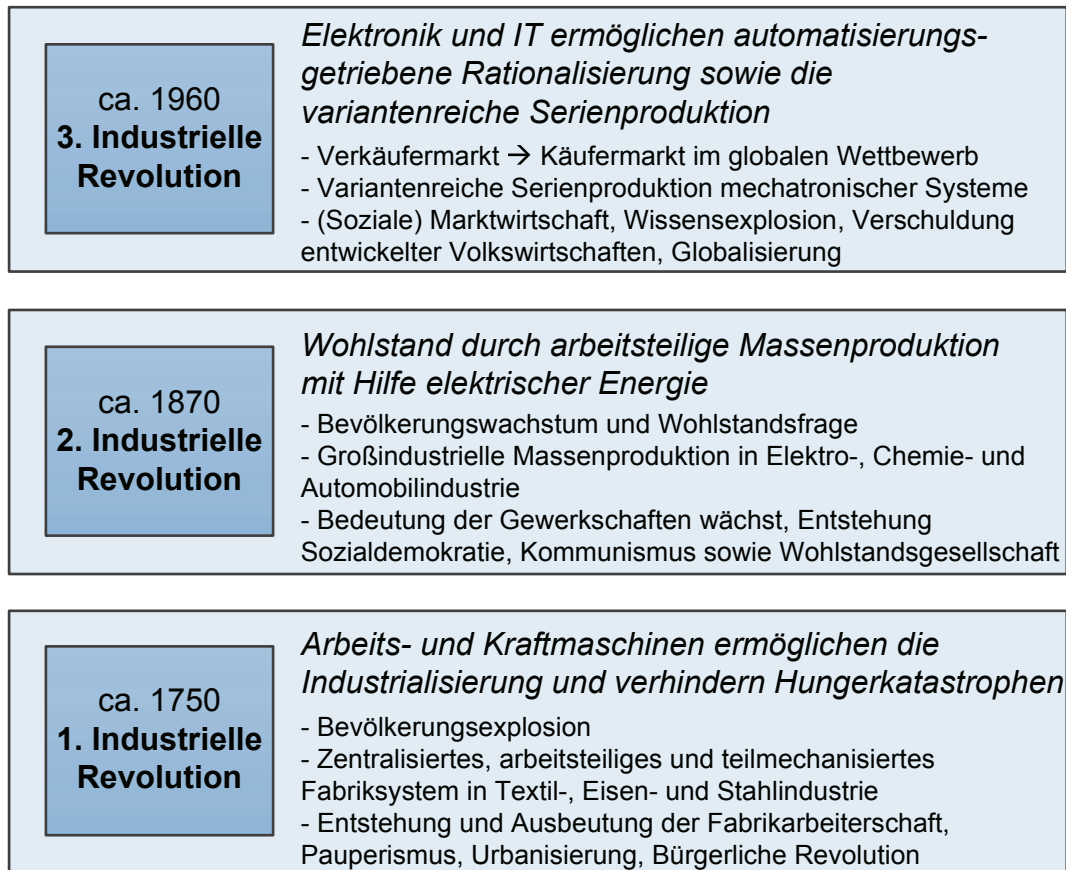


Abbildung 4: Industrielle Revolutionen der letzten 260 Jahre¹³

Nach den beiden Weltkriegen entstand die dritte Industrielle Revolution, getrieben zunächst durch das Wirtschaftswunder Anfang der 60er. Charakteristisch für diese Zeit waren die Entwicklungen in der Elektronik, Informations- und Kommunikationstechnologie, die eine fortschreitende Automatisierung der Produktionsprozesse ermöglichte. Da die Grundbedürfnisse der Wohlstandsgesellschaften zum großen Teil befriedigt wurden, entwickelten sich die Verkäufermärkte zu Käufermärkten. Durch die Erfindung des Internets wurde Wissen

¹³ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 5)

weltweit verfügbar und nach dem Fall des Eisernen Vorhangs konnte die Globalisierung ungehindert fortschreiten.¹⁴

Gegenwart

Ausschlaggebender Punkt für die vierte Industrielle Revolution war die im April 2013 stattgefundene Hannover Messe auf der die deutsche Plattform Industrie 4.0 gegründet wurde. Seit diesem Zeitpunkt erlebt der Begriff Industrie 4.0 einen kometenhaften Aufstieg.¹⁵

Durch den digitalen Wandel verändert sich das gesamte Produktionsumfeld und die industrielle Wertschöpfung nachhaltig. Deutsche Unternehmen sehen im Zusammenhang mit Industrie 4.0 und Digitalisierung deutlich mehr Chancen als Risiken für die Wirtschaft und den Industriestandort.¹⁶

Zukunft – Ausblick

Durch Industrie 4.0-Basistechnologien und –konzepte bekommt man einen Werkzeugkasten, der eine Vielzahl an Möglichkeiten bietet, die Effizienz produzierender Unternehmen nachhaltig zu steigern. Innovationstreiber sind hier vor allem die Konzepte *Internet der Dinge* und *Internet der Dienste*, bereitgestellt über leistungsfähige und sichere Cloud-Plattformen. Die echtzeitnahe Vernetzung und Integration von eingebetteten Systemen ermöglicht es, aus den heutigen Maschinen und Komponenten in der Produktion smarte Objekte entstehen zu lassen.¹⁷

Von großer Bedeutung für die Umsetzung der Industrie 4.0 und ein entscheidender Baustein für die nachhaltige Gestaltung der künftigen Arbeitswelt wird die Qualifizierung des gesamten Arbeitspersonals sein.¹⁸

Künftige Erfolgsfaktoren bei der Industrie 4.0 Umsetzungen werden sein: schnellere Reaktion auf Kundenanforderungen, Flexibilität in der Produktion, Entwicklung innovativer Technologien, Etablierung neuer Geschäftsmodelle, Verbesserung des Service, Zunehmende Produktindividualisierung, kürzere Entwicklungszeiten, Steigerung der Produktvariantenvielfalt.¹⁹

2.2.2 Begriffsdefinitionen zu Industrie 4.0

In der Literatur sind bis heute eine Menge an verschiedenen Begriffsdefinitionen in Umlauf gebracht worden. Da es bis zum jetzigen Zeitpunkt noch keine genormte Definition gibt, möchte ich hier nur einige wenige anführen. Die angeführten

¹⁴ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 5 ff.)

¹⁵ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. V)

¹⁶ (vgl. acatech, 2016a, p. 12)

¹⁷ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 596 f.)

¹⁸ (vgl. acatech, 2016b, p. 12)

¹⁹ (vgl. acatech, 2016a, p. 14)

verschiedenen Definitionen möchte ich ohne Kommentar versehen, die Interpretation bzw. eine persönliche Sympathie obliegt jedem Leser selbst.

„Industrie 4.0 geht so: Die reale Welt vernetzt sich mit der virtuellen. Disziplinen wie Maschinenbau, Logistik und IT spielen zusammen. Global, reibungslos, effizient. Denn beim Thema Industrie 4.0 geht es jetzt vor allem darum: alle Akteure an einen Tisch bringen, die Interessen der deutschen Industrie bündeln, die Strategien für ein gemeinsames Vorgehen definieren. Und das alles am besten gestern.“²⁰

„Der Begriff Industrie 4.0 steht für die vierte industrielle Revolution, eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. ... Basis ist die Verfügbarkeit aller relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen.... . Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und selbstorganisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.“²¹

„Der Terminus bezeichnet einen tiefgreifenden ökonomischen Paradigmenwechsel, der die Entwicklung hochflexibler Wertschöpfungsketten, neuer Geschäftsmodelle und innovativer Services beschreibt. Kennzeichen der Industrie 4.0 sind die Fertigung individualisierter Produkte bis hin zur Losgröße eins unter den Bedingungen einer hochflexibilisierten Produktion sowie die Entwicklung von Verfahren zur Selbstoptimierung, -konfiguration und –diagnose.“²²

In diesem Zusammenhang ist es sicher noch sinnvoll, eine kurze Definition der Begriffe *Digitalisierung* und *Cyber-Physische Systeme* (CPS) anzuführen. Wie auch schon beim Begriff Industrie 4.0 gibt es hier noch keine allgemein anerkannte, scharfe Definition. Nach der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik wird es eine solche auch nie geben.²³

Im deutschen Sprachgebrauch beschreibt die Digitalisierung entweder den primär technischen Vorgang der Aufbereitung von Information in digitale Daten oder den Prozess des sozio-ökonomischen Wandels, welcher durch die Einführung digitaler Technologien angestoßen wird. Gegenwärtig richten sich Nutzenpotentiale der Digitalisierung auch auf Kernbereiche ökonomischen Handelns aus. Beispielsweise: Wohnen, Medizin, Verkehr, Sport oder industrielle Produktion. In diesen Bereichen kommen Cyber-Physische Systeme zum Einsatz. CPS meinen jene Systeme, auf denen das informationstechnologische Zusammenspiel von einerseits physischen

²⁰ (Hansjürgen, 2016, p. 3)

²¹ (acatech, 2016a, p. 45)

²² (acatech, 2016b, p. 26)

²³ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 5 f.)

Systemen mit eingebetteter Software und andererseits globalen Datennetzen mit verteilten und interaktiven Anwendungssystemen stattfindet.

2.2.3 Potentiale und Auswirkungen von Industrie 4.0

Wenn in einem Unternehmen neue Systeme eingeführt werden spielen verschiedenste Aspekte eine wichtige Rolle. Ein sehr wichtiger Aspekt sind hierbei die Kosten. Nicht unmittelbar jene Kosten, welche bei der Einführung bzw. Umsetzung entstehen, sondern vor allem die Kosten, die nach erfolgreicher Umstellung auf Industrie 4.0-Systeme eingespart werden können. Man spricht dabei auch von der Abschätzung der Kostenpotenziale.

Aufgrund der entstehenden Effekte wird klar, dass in fast allen Bereichen große Einsparungspotenziale vorhanden sind. Insbesondere in den indirekten Bereichen sind sehr große Potenziale zu erwarten. Die im Folgenden dargestellte Tabelle zeigt einen groben Überblick über mögliche Potenziale. Es werden nicht nur die geplanten Einsparungspotenziale angeführt, sondern auch die Effekte, welche zu diesen Einsparungen führen, kurz erwähnt. Erwähnenswert sind hierbei sicher die hohen Potenziale in den Komplexitätskosten, denn genau hier setzt Industrie 4.0 an. Komplexitätskosten entstehen häufig in den indirekten Bereichen, hier erhöht sich auch die Produktivität, da viele Verschwendungen vermieden werden können.²⁴

Kosten	Effekte	Potentiale
Bestandskosten	Reduzierung der Sicherheitsbestände; Vermeidung Bullwhip- und Burbridge Effekte	-30% bis -40%
Fertigungskosten	Verbesserung OEE; Prozessregelkreise; Verbesserung vertikaler und horizontaler Personalflexibilität	-10% bis -20%
Logistikkosten	Erhöhung der Automatisierungskosten (milk run, picking)	-10% bis -20%
Komplexitätskosten	Erweiterung Leistungsspannen; Reduktion trouble shooting	-60% bis -70%
Qualitätskosten	Echtzeitnahe Qualitätsregelkreise	-10% bis -20%
Instandhaltungskosten	Optimierung Lagerbestände Ersatzteile; Zustandsorientierte Wartung (Prozessdaten, Messdaten); Dynamische Priorisierung	-20% bis -30%

Tabelle 2: Erste Abschätzung der Nutzenpotenziale²⁵

Seit der Geburtsstunde von Industrie 4.0 war jedem bewusst, dass Industrie 4.0 mit wirtschaftlichen und wirtschaftspolitischen Zielen verknüpft wird. Verschiedenste

²⁴ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 31 f.)

²⁵ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 31)

Forschungsprojekte und wissenschaftliche Studien haben erkannt, dass mit der Diffusion und Realisation von Industrie 4.0-Systemen wirtschaftliche und soziale Prozesse langfristig nachhaltige Wandlungsprozesse sozio-ökonomischer Strukturen anstoßen werden.²⁶

Um die Arbeitsweise der TU Wien Pilotfabrik verstehen zu können, ist es essenziell sich auch mit dem Begriff Industrie 4.0 und deren zugehörigen Begriffe wie Digitalisierung oder CPPS auseinander zu setzen. Darum wurde dieses Unterkapitel an dieser Stelle eingeschoben. Die Pilotfabrik hat nicht nur den Begriff Industrie 4.0 im Namen enthalten, sondern lebt auch alle Standpunkte, welche Industrie 4.0 charakterisieren und kennzeichnen. Dies beginnt bei der papierlosen Auftragsabwicklung im ERP System und endet bei der variantenreichen Serienfertigung in Losgröße 1 auf den flexiblen Fertigungssystemen. Nicht zuletzt ist dies sicherlich auch ein Hauptgrund, weshalb proALPHA mit der Pilotfabrik eine Kooperation eingegangen ist.

2.3 Auftragsabwicklung

Da der Prozess der Auftragsabwicklung ein Hauptthema dieser vorliegenden Arbeit darstellt, wird diesem Unterkapitel etwas mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Nach einer Einleitung über Begriffliches und Definition wird ein grober Überblick über die gesamte betriebliche Auftragsabwicklung dargestellt. Im Anschluss daran werden in weiteren Unterkapiteln notwendige Module der Auftragsabwicklung näher erläutert, welche im Zuge dieser Diplomarbeit Anwendung finden.

Die Auftragsabwicklung stellt einen sehr großen Kerngeschäftsprozess eines Unternehmens dar. Ein Auftragsabwicklungsprozess begleitet das Produkt entlang seiner gesamten Wertschöpfungskette. Dazu zählen alle betriebswirtschaftlichen und technischen Prozesse, beginnend bei der Auftragsanbahnung und bis zur Fakturierung des produzierten und gelieferten Systems. Folgende Schritte beinhaltet dieser Prozess im Detail: technische, kaufmännische und terminliche Klärung eines Auftrages; Mengenplanung der benötigten Materialien und Komponenten; Fertigung und Montage des Produktes; Qualitätsprüfung; Verpacken und Versenden des fertigen Produktes; Rechnung an den Kunden ausstellen. Eines der Hauptziele der Auftragsabwicklung ist die termingerechte und fehlerfreie Lieferung der bestellten Produkte beim Auftraggeber. Natürlich soll hierbei der vereinbarte Kostenrahmen nicht gesprengt werden. Der eigentliche Produktherstellungsprozess kommt somit ins Zentrum des Auftragsabwicklungsprozesses. Alle Bereiche eines Unternehmens sind

²⁶ (vgl. Hansjürgen, 2016, p. 8)

an diesen Prozess beteiligt. Nachfolgende Abbildung soll diese Bereiche nochmals verdeutlichen. Besonders in den Bereichen der Produktplanung, Vertrieb und Entwicklung wird der Grundstein für eine erfolgreiche Auftragsabwicklung gelegt.^{27, 28}

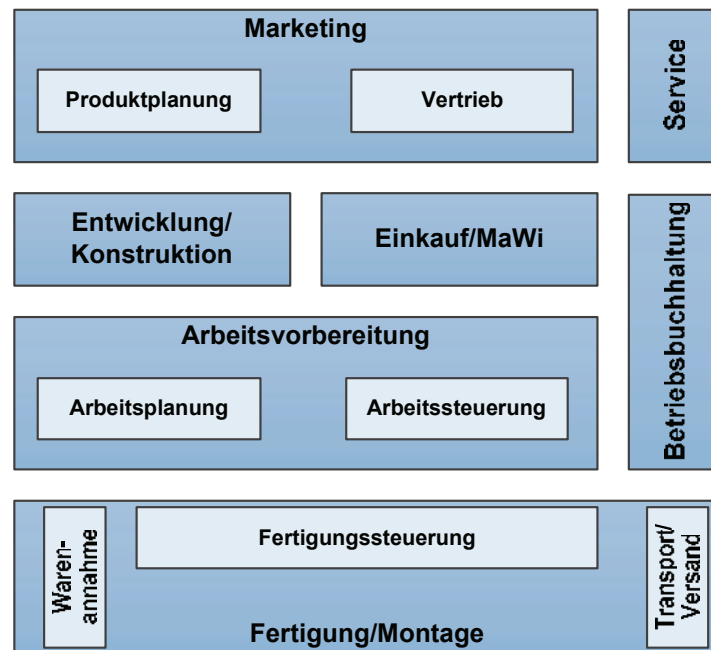


Abbildung 5: Am Auftragsabwicklungsprozess beteiligte Bereiche²⁹

Sehr wichtig für jeden Auftragsabwicklungsprozess und potentielle Fehlerquelle ist hierbei die Bereitstellung der für den Prozess relevanten Informationen. Man unterscheidet grob drei Grundfunktionen: Gewährleistung eines dem Güterfluss vorausgehenden Informationsflusses, Gewährleistung eines den Güterfluss begleitenden Informationsflusses, Gewährleistung eines den Güterflusses nachfolgenden Informationsflusses. All diese Informationsflüsse können durch Industrielle Informationssysteme sehr gut gemanagt werden.³⁰

Sobald ein Auftrag vom Kunden unterzeichnet wurde, wird der Kundenauftrag in Einzelaufträge für eigene Fertigung oder etwaige Zulieferer aufgelöst. Dies geschieht heute mit modernen Produktionsplanung und –steuerungs Systemen.

Bevor nun näher auf die einzelnen Elemente der Auftragsabwicklung eingegangen wird, hier noch eine Definition des Begriffes *Prozess*. Durch diese Definition soll die Wichtigkeit der Auftragsabwicklung Ausdruck verliehen werden.

„Ein Prozess ist eine wiederholbare, zeitlich –logische (sequenzielle bzw. parallele) Abfolge von Aktivitäten, mit einem eindeutigen Anfang und Ende (als Ereignisse), zur zielgerichteten Erledigung einer betrieblichen Aufgabe. Im Prozessablauf wird Input

²⁷ (vgl. Gerhard, 2015, p. 2 f.)

²⁸ (vgl. Westkämper, 2006, p. 179 f.)

²⁹ (vgl. Gerhard, 2015, p. 3)

³⁰ (vgl. Pfohl, 2010, p. 73)

in Output (=Prozessleistung) umgewandelt. Es kann sich um Material- oder Informationstransformation handeln.“³¹

2.3.1 Produktionsplanung und –steuerung

Produktionsplanung und –steuerung (PPS) ist ein Softwaretool, mit welchem die Planung, Steuerung und Überwachung der gesamten Produktionsabläufe von der Angebotsbearbeitung bis zum Versand gewährleistet werden. Die PPS ist somit Herzstück einer jeden Auftragsabwicklung. Nahezu alle PPS Softwaretools sind in ERP Systeme eingebettet.

Prinzip³²

Die PPS ist eine sehr komplexe Aufgabe. Täglich müssen unter wechselnden Bedingungen unterschiedliche logistische und wirtschaftliche Ziele erreicht werden. Die vielfältigen und unvermeidbaren Störungen müssen beherrscht werden. Eine einzelne zentrale Lösung des Problems existiert nicht. Es haben sich aufeinander aufbauende Teilaufgaben herausgefiltert. Die nächste Abbildung soll diesen Grob Ablauf darstellen. Weiters wird hier sehr gut die Eingliederung der PPS in den täglichen Unternehmensablauf visualisiert.

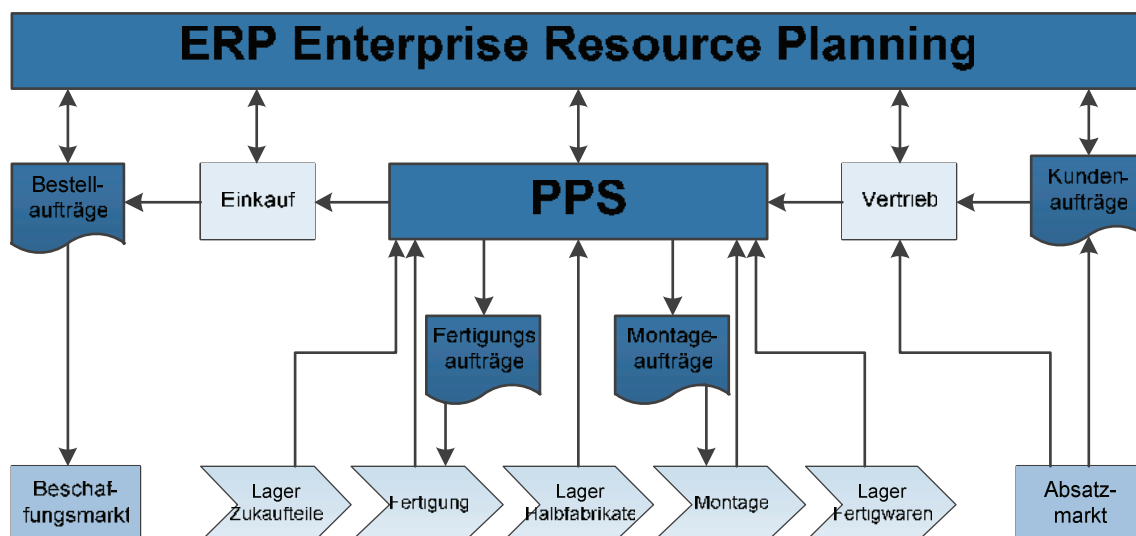


Abbildung 6: Eingliederung der PPS in den Unternehmensablauf

Startpunkt für die gesamte PPS sind Verkaufsaufträge, welche über den Vertrieb in das PPS-System gelangen. Hinzu kommen hier noch Aufträge aus dem Ersatzteilgeschäft und aus dem internen Bedarf (z.B.: Versuche, Prototypen). Das daraus resultierende Produktionsprogramm stellt alle geplanten und erwarteten Aufträge dar. Im ersten Schritt wird das Produktionsprogramm entsprechend der Stücklistenstruktur in Aufträge an die eigene Fertigung und Montage sowie

³¹ (Seidlmeier, 2015, p. 7)

³² (vgl. Wiendahl, 2014, p. 278 f.)

Bestellung an den Beschaffungsmarkt aufgelöst. Dies geschieht in regelmäßigen Abständen. Natürlich sind Lagerbestände an Zukaufteilen und Fertigwaren sowie laufende Produktionsaufträge parallel dazu zu berücksichtigen. Der gesamte Produktionsfluss wird permanent überwacht und die Kapazitätsauslastungen liefern notwendige und wichtige Rückmeldungen an die PPS. Die gesamte Planung dieses Prozesses wird zyklisch durchlaufen und baut auf verschiedenen Stufen auf. Diese Stufen heißen im Detail Grobplanung, Mittelplanung und Feinplanung.

Aufgaben³³

Die Aufgaben der PPS, auch öfters als Funktionen bezeichnet, können den beiden Teilgebieten, Produktionsplanung und Produktionssteuerung, wie folgt zugeordnet werden:

Hauptfunktionen der Produktionsplanung sind:

- Produktionsprogrammplanung
- Materialbedarfsplanung
- Termin- und Kapazitätsplanung

Hauptfunktionen der Produktionssteuerung sind:

- Auftragsfreigabe
- Auftragsüberwachung

Ziele

Nachfolgend eine sehr treffende Definition der Ziele von PPS-Systemen:

Das zentrale Ziel der Produktionsplanung und –steuerung ist die termingerechte und auftragskonforme Erfüllung der Kundenaufträge.³⁴

³³ (vgl. Wiendahl, 2014, p. 284)

³⁴ (Wilmjakob, 2012, p. 19)

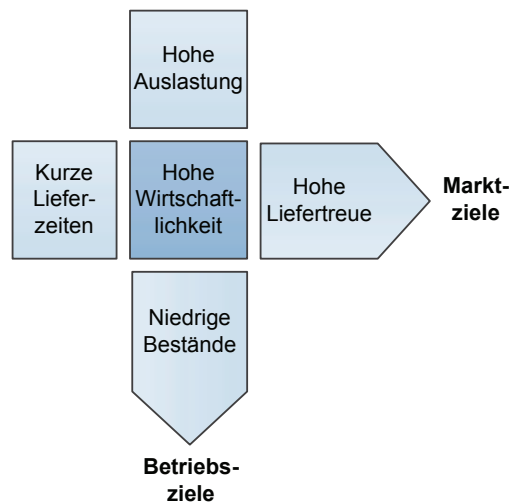


Abbildung 7: Zielsystem der PPS³⁵

Die hier angeführte Abbildung verdeutlicht die Ziele von PPS-Systemen nochmals in einer anderen Sichtweise. Hierbei wird in Markt- und Betriebsziele unterschieden. Falls die gesamte Produktion eine hohe Wirtschaftlichkeit erreicht, führt eine hohe Auslastung zu niedrigen Beständen und kurze Lieferzeiten zu einer hohen Liefertreue. Dies führt wiederum zur Erreichung der gewünschten Ziele.

Die Wirtschaftlichkeit W wird hierbei definiert als der Quotient aus der erbrachten Leistung L (Output) des Unternehmens und den dafür entstandenen Kosten K (Input).

$$W = \frac{L}{K}$$

Formel 1: Wirtschaftlichkeit³⁶

2.3.2 Materialwirtschaft

Materialwirtschaft ist ein großer Teil der modernen Industriegesellschaft und eine nicht zu unterschätzende und wichtige Managementaufgabe in jedem Handels- und Industrieunternehmen. Die zur Gestaltung und Steuerung der Materialwirtschaft verwendeten Methoden können zwar branchenunabhängig eingesetzt werden, jedoch hängt der sinnvolle Einsatz dieser von Rahmenbedingungen wie Stückzahl und Prognosefähigkeit ab. Materialwirtschaft betrifft als Querschnittsfunktion alle Bereiche eines Unternehmens.³⁷

Grundsätzlich setzt sich der Begriff *Material* aus den Rohstoffen, den Hilfsstoffen, den Halb- und Fertigfabrikaten, den Werkstoffen, den Betriebsstoffen und den Handelswaren zusammen. Ausgehend von den verkaufsfähigen Produkten plant die

³⁵ (vgl. Westkämper, 2006, p. 181)

³⁶ (Kurbel, 2005, p. 8)

³⁷ (vgl. Koether and Augustin, 2011, p. 36)

Materialbedarfsplanung den Bedarf an Materialien. Das heißt, sie plant alle Einzelteile und Artikel, die für ein Produkt und seine Herstellung benötigt werden. Die größte materialwirtschaftliche Aufgabe ist es, die nötigen Ressourcen zur Leistungserstellung in der richtigen Qualität, in der richtigen Menge, am richtigen Ort und zur richtigen Zeit bereitzustellen. Die nachfolgende Abbildung soll die Aufgabenbereiche der Materialwirtschaft nochmals verdeutlichen.

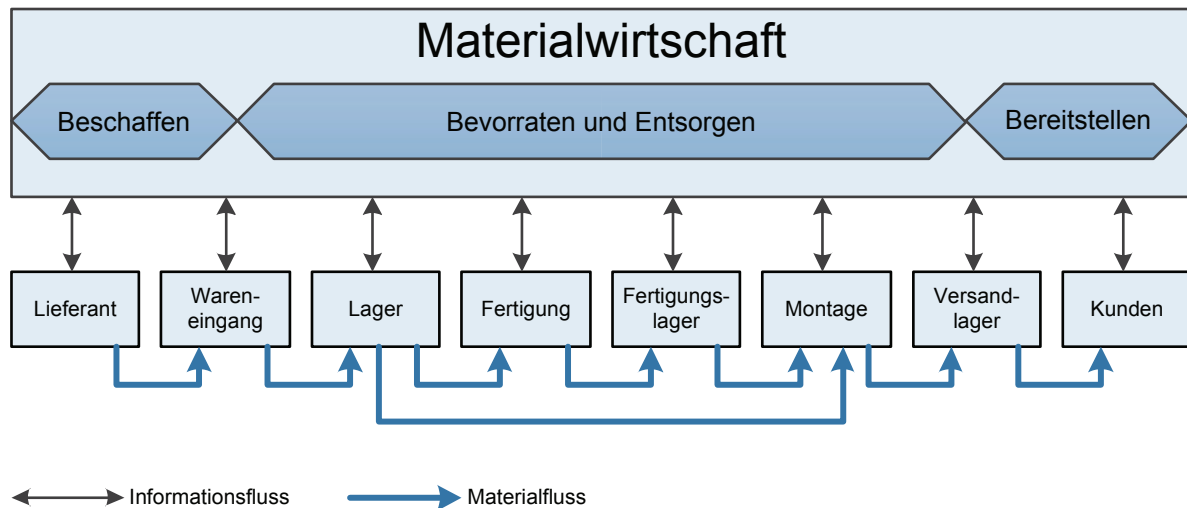


Abbildung 8: Aufgabenbereiche der Materialwirtschaft³⁸

Das benötigte Material kann hierbei in Primärbedarf, Sekundärbedarf und Tertiärbedarf unterteilt werden. Primärbedarf bezeichnet den Bedarf an verkaufsfähigen Erzeugnissen. Sekundärbedarf bezeichnet den Bedarf an Rohstoffen, Einzelteilen und Baugruppen zur Fertigung des Primärbedarfs. Tertiärbedarf bezeichnet den Bedarf an Hilfs- und Betriebsstoffen.³⁹

Die Materialbedarfsermittlung wird auch Disposition genannt. Für die Disposition ist es von großer Bedeutung zu jedem Zeitpunkt alle relevanten Informationen der Materialbestände hinsichtlich Menge, Wert und Umschlag zur Verfügung zu haben. Eine mögliche Methode zur Bewertung des Bestandes ist die ABC-Analyse. Diese differenziert die Teile anhand ihres kumulierten mengenmäßigen oder monetären Wertes nach hohem, mittlerem und geringem Verbrauchswert. Falls nur nach monetärem Wert betrachtet wird, wird der Preis pro Stück betrachtet. Erfolgt die Betrachtung nach dem mengenmäßigen Wert, dann werden die Kosten der insgesamt gebrauchten Menge in einer Periode verglichen, um eine Rangfolge der Teile zu bilden.⁴⁰

³⁸ (vgl. Wiendahl, 2014, p. 250)

³⁹ (vgl. Westkämper, 2006, p. 184 ff.)

⁴⁰ (vgl. Schuh, 2006, p. 281 f.)

2.3.3 Produktkonfiguration

Marktentwicklungen zeigen, dass immer mehr Unternehmen ihren Kunden die Möglichkeit bieten, sich ihr individuelles Produkt durch einen Produktkonfigurator erstellen zu lassen. Begründet wird dieser Einsatz durch Alleinstellungsmerkmale und die Weitergabe der Vorteile von sich immer verbessernden Produktionsprozessen. Beim Angebot eines individualisierbaren Produktes ergeben sich für Unternehmen viele Vorteile, am wesentlichsten dabei ist das Alleinstellungsmerkmal. Die genau gleich individualisierbare Produktvariante ist häufig in der gleichen Art beim Mitbewerber nicht erhältlich. Ein Produktkonfigurator stellt die Schnittstelle zwischen Kunde und System dar und unterstützt den Kunden beim Design seines individuellen Produktes.⁴¹

Dies stellt Unternehmen vor große Herausforderungen. Sie müssen viele Aufträge mit unterschiedlichen Spezifikationen simultan fertigen. Solche Aufträge werden als verschiedene Varianten eines Produktes bezeichnet. Definiert werden Varianten als Erzeugnisse, welche nach gewissen Kriterien zu beurteilende Ähnlichkeit besitzen und zeitlich parallel existieren. Natürlich sind hierbei viele verschiedene Ausdifferenzierungen möglich, z.B. nach geometrischen, farblichen oder technologischen Gesichtspunkten. Weiters kann unterschieden werden in eine standardmäßig angebotene Variante eines Produktes und sonderangefertigte Varianten anhand von speziellen Kundenwünschen. Der Trend für die Zukunft geht sicher vermehrt zur sonderangefertigten Variante. Als Variante lassen sich auch solche Produkte bezeichnen, deren Herstellung ähnliche Bearbeitungsschritte erfordert. Eine weitere Differenzierung sieht vor, dass in Struktur-, Teile- und Mengenvariante unterschieden wird. Für die Produktionsplaner ergeben sich hier neue Aufgaben. Diese müssen den Produktionsablauf - meistens im Fließfertigungsprinzip - so einrichten, dass es zu keinen Engpässen oder Komplikationen in der Fertigung der verschiedenen sonderangefertigten Produktvarianten kommt.⁴²

Für Unternehmen muss es Ziel sein, eine große Variantenvielfalt bei effizienter Herstellung gewährleisten zu können. Im Detail bedeutet dies eine Serienfertigung nach Kundenwunsch mit Produktivität, bis hin zur Losgröße 1. Natürlich liegt auch hierbei größte Priorität auf der Wirtschaftlichkeit, denn Kunden erwarten ein Produkt nach Wunsch zu einem sehr attraktiven Preis. Diese enormen Anforderungen können erreicht werden, indem der Produktkonfigurator in das Unternehmens eigene ERP-System integriert wird. Dadurch können wichtige Daten und Unterlagen automatisch für nachfolgende Arbeitsschritte bereitgestellt werden. Vorteile solcher

⁴¹ (vgl. Stormer, 2007, p. 322)

⁴² (vgl. Decker, 1993, p. 9 f.)

Integrationen sind zum einen, die Erstellung vollständiger Angebote per Knopfdruck, und zum anderen die digitale Abbildung der Prozessabläufe.⁴³

In den letzten Jahren ist die globale Vernetzung durch niedrige Transport- und Kommunikationskosten Realität geworden. Dadurch wird die Wettbewerbssituation dramatisch verändert. Junge und stark wachstumsorientierte Industrienationen bestimmen diese. In diesem Zusammenhang ist für Hochlohnländer neben hoher Produktfunktionalität und effizienter Produktionstechnologie auch die Produktvielfalt zu einem relativ neuen Wettbewerbsfaktor produzierender Unternehmen geworden. Um im globalen Wettbewerb langfristig wirtschaftlich zu bleiben muss auftragsgebunden produziert werden. Dadurch rückt auch das Auftragsmanagement in den Vordergrund strategischer Überlegungen.⁴⁴

2.3.4 ARIS⁴⁵

ARIS bedeutet **AR**chitektur integrierter **Informationen**Systeme, welches ein Rahmenwerk zur Beschreibung von Unternehmen und betriebswirtschaftlichen Anwendungssystemen ist.⁴⁶ Mit Hilfe von ARIS können Prozesse sehr leicht und schnell abgebildet werden. Zur Beschreibung des Prozesses werden verschiedene Objekttypen (Funktion, Ereignis, Daten, Organisationselement und Leistung) und verschiedene Sichten (Leistungssicht, Datensicht, Funktionssicht und Organisationssicht) eingeführt. Jeder Prozess wird in diese einzelnen Sichten zerlegt, um die Komplexität zu reduzieren. Dabei bleiben die Beziehungen innerhalb der Komponenten erhalten, jedoch zwischen den Sichten gehen die Beziehungen verloren. Um diese verloren gegangenen Beziehungen wiederherzustellen, wird eine weitere Sicht, die Steuerungs-(Prozess-)Sicht eingeführt. Die Funktionssicht soll Funktionen beschreiben. Funktionen sind fachliche Aufgaben bzw. Tätigkeiten an einem Objekt zur Unterstützung eines oder mehrerer Unternehmensziele. Eine Datensicht soll die logische Datenstruktur des Anwendungsfalles beschreiben. Meist muss eine komplexe Struktur aus Entity-, Attribut- und Beziehungstypen erstellt werden. In ARIS hat die Organisationssicht die Aufgabe die Aufbauorganisation zu beleuchten.

Input in das Modell sind finanzielle Mittel und Output aus dem Modell sind kundenbezogene Produkte und Dienstleistungen. Für die eigentliche Prozessmodellierung wird standardmäßig die ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) verwendet. Bei einer EPK wird der zu modellierende Prozess als eine logische Folge aufeinander folgender Ereignisse und Funktionen betrachtet. Am Anfang und am

⁴³ (vgl. <https://www.proalpha.com/at/proalpha-erp/module/produktkonfigurator/> (Gelesen am: 29.03.2017))

⁴⁴ (vgl. Wiendahl, 2011, p. V)

⁴⁵ (vgl. Seidlmeier, 2015, p. 9 ff.)

⁴⁶ Hierbei handelt es sich um ein Konzept und um ein Softwarewerkzeug. Dieses wurde von August-Wilhelm Scheer Anfang der 1990 Jahre an der Universität Saarbrücken entwickelt.

Ende wird die Prozesskette durch ein Ereignis gestartete bzw. beendet. Im inneren Ablauf wird sie durch Ereignisse gesteuert. In der folgenden Abbildung sind die Grundformen der erweiterten EPK dargestellt.

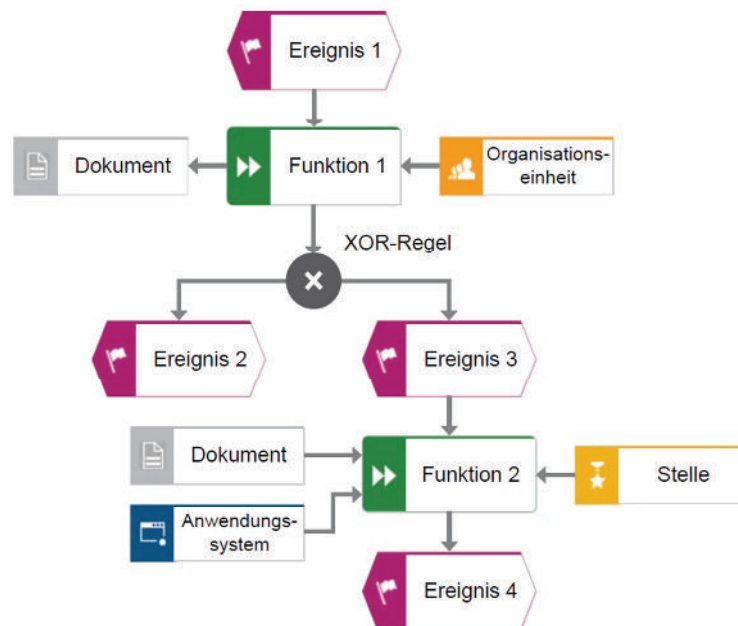
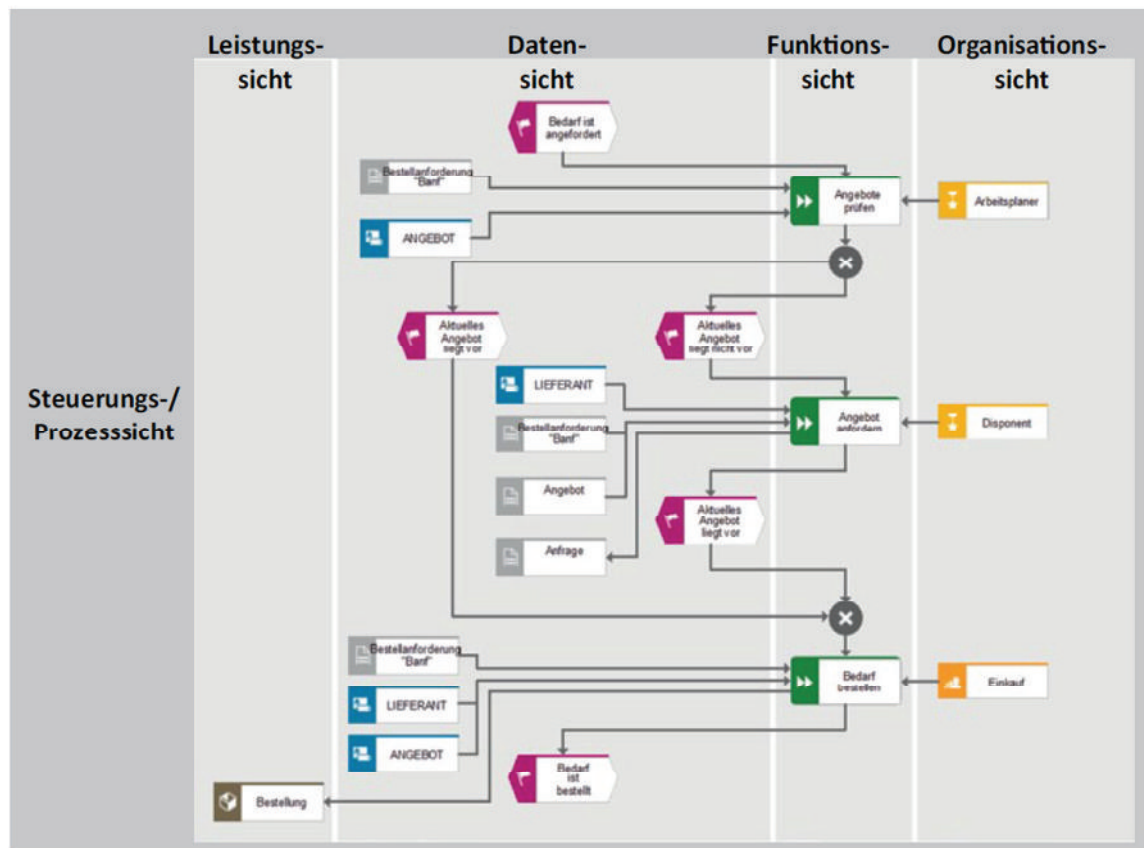


Abbildung 9: Grundformen der "erweiterten" EPK⁴⁷

Des Weiteren sollen durch die nächste Abbildung die verschiedenen Sichten in ARIS anhand eines Beispielprozesses nochmals verdeutlicht werden.

⁴⁷ (Seidlmeier, 2015, p. 28)

Abbildung 10: Beispielprozess im Sichtenkonzept⁴⁸

Zentrale Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit ist es, den Auftragsabwicklungsprozess in der Pilotfabrik durchgängig zu modellieren. Die notwendigen fachlichen Kenntnisse um diesen Prozess zu erarbeiten wurden in diesem Unterkapitel erläutert. Besondere Bedeutung hierbei haben sämtliche Begriffe der Materialwirtschaft und der Produktkonfiguration. Da diese in der Literatur immer etwas anders formuliert werden, wurde dadurch eine Basis für die weitere Bearbeitung der Diplomarbeit geschaffen. Nicht zuletzt hat auch die eEPK von ARIS ihre Wichtigkeit, da das Konzept des Auftragsabwicklungsprozesses im Kapitel 4 mit der Software ARIS 9 visualisiert wird.

2.4 Produktionssysteme

Ist die Planung und Entwicklung eines Produktes abgeschlossen, folgen die Vorbereitungen der Arbeitsplanung und des Auftragsmanagements, um die geplanten Produkte zu produzieren. Hauptaufgabe des Produktionsprozesses ist die Transformation der Rohmaterialien und Halbzeugen zu Fertigteilen und Produkten unter dem Einsatz von vorhandenen oder zu beschaffenen Ressourcen. Heute wird die Produktion als ein sehr komplexes und sich zeitlich dynamisch veränderndes

⁴⁸ (Seidlmeier, 2015, p. 21)

System verstanden. Ziel jedes Unternehmens muss sein, dieses System permanent an die täglichen Aufgaben anzupassen und dabei eine maximale Wirtschaftlichkeit und Effizienz gewährleisten.⁴⁹

In diesem Kapitel sollen die wichtigsten Begrifflichkeiten bezüglich der verschiedenen Formen von Produktionssystemen kurz angesprochen und erläutert werden. Nach einem geschichtlichen Rückblick über die Entwicklung der Produktionssysteme werden die drei bedeutendsten Fertigungstypen (Einzel-, Serien-, Massenfertigung) und wichtigsten Fertigungsprinzipien charakterisiert. Im Anschluss daran werden die Begriffe Lean Manufacturing und Ganzheitliche Produktionssysteme dargestellt. Abgeschlossen wird dieses Kapitel mit einem Ausblick auf zukünftige Produktionssysteme.

2.4.1 Historische Entwicklung⁵⁰

Die nachfolgende Abbildung soll einen schnellen Überblick über die Entwicklung moderner Produktionssysteme bieten. Die klare Zusammenfassung soll dem Leser die erforderlichen Hintergrundinformationen zu Produktionssystemen bereitstellen. Des Weiteren können dadurch die Besonderheiten von Ganzheitlichen Produktionssystemen besser eingeordnet werden.

In diesem Zusammenhang müssen sicher die Verdienste von Frederick W. Taylor (1856-1915) und Henry Ford (1863-1947) speziell erwähnt werden. Sie waren nicht nur wichtige Vertreter der zweiten Industriellen Revolution sondern auch Begründer der klassischen industriellen Produktion. Ihre Studien und Theorien waren auch Fundament für die sich im Laufe der Zeit entwickelten Ganzheitlichen Produktionssysteme, wie etwa das Toyota Produktionssystem.

⁴⁹ (vgl. Westkämper, 2006, p. 195 ff.)

⁵⁰ (vgl. Dombrowski and Mielke, 2015, p. 4 f.)

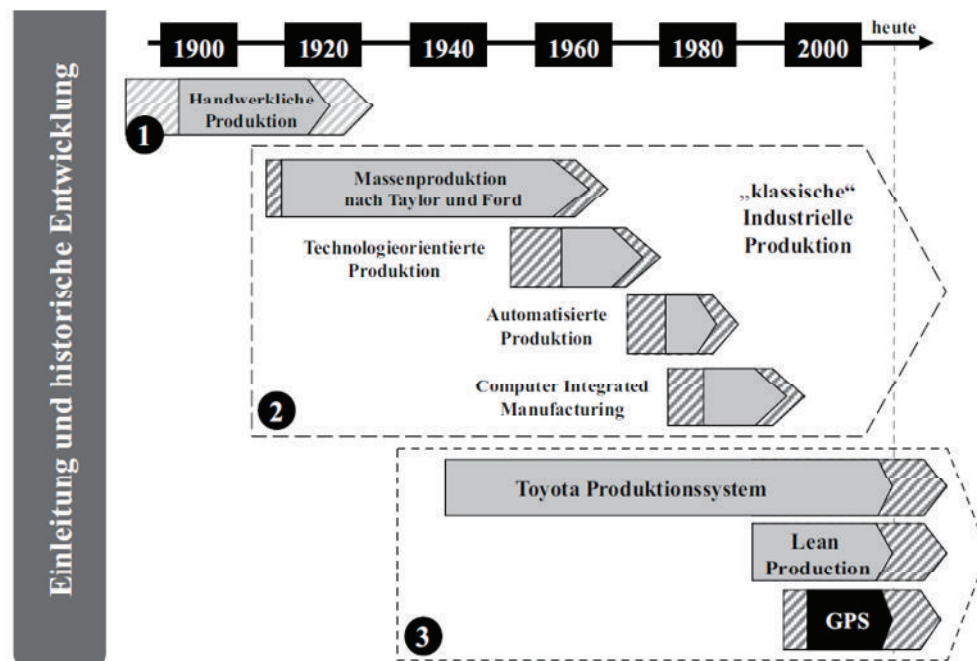


Abbildung 11: Historische Entwicklung der Produktionssysteme⁵¹

2.4.2 Fertigungstypen- u. Fertigungsprinzipien

Eine für jedes Unternehmen sehr wichtige Einflussgröße ist der Wiederholcharakter oder der Stückzahlcharakter einer Fertigung. Unterschieden wird hier in Einzelfertigung, Serienfertigung und Massenfertigung.

Des Weiteren kann in die Art des Durchlaufs der Werkstücke durch die Fertigung, die Einbindung des Menschen als Organisationstyp und die räumliche Anordnung der Betriebsmittel zueinander unterschieden werden. Gesprochen wird dabei vom angewandten Fertigungsprinzip.⁵²

Die Definitionen der verschiedenen Fertigungstypen werden nun anhand der Definition des Gabler Wirtschaftslexikons angeführt.

Einzelfertigung

„Die Einzelfertigung ist die typische Form der Auftragsfertigung, bei der jedes produzierte Stück auf die Wünsche der Kunden zugeschnitten ist.“⁵³

Serienfertigung

„Bei der Serienfertigung werden größere, aber begrenzte Stückzahlen von unterschiedlichen Produkten (bzw. Produktarten) nacheinander auf den gleichen Produktionsanlagen in Losen oder parallel hergestellt.“⁵⁴

⁵¹ (Dombrowski and Mielke, 2015, p. 4)

⁵² (vgl. Wiendahl, 2014, p. 41)

⁵³ (<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/57105/einzelproduktion-v4.html> (Gelesen am: 03.04.2017))

Massenfertigung

„Bei sehr großem Produktionsvolumen kann der Betrieb von der Serienproduktion zur Massenfertigung übergehen, indem er nur noch ein Produkt in unbegrenzter Zahl herstellt. Die Planung legt dabei der Produktion keinerlei Beschränkung mehr auf, da für den anonymen Markt produziert wird.“⁵⁵

Folgende Tabelle soll eine vergleichende Betrachtung von Fertigungstypen mit produktionspezifischen Merkmalen darstellen. Hierbei sollen nochmals die Charakteristika der verschiedenen Fertigungstypen zum Ausdruck gebracht werden.

Fertigungstyp Merkmale	Einzelfertigung	Serienfertigung	Massenfertigung
Stückzahl	keine Wiederholung	begrenzte Wiederholung	unbegrenzte Wiederholung
Stückkosten	hoch	niedrig durch Kostendegression	minimal durch hohe Kostendegression
Mitarbeiterqualifikation	vorwiegend Facharbeiter	Facharbeiter und angeleitete Arbeiter	vorwiegend angeleitete und ungeleitete Arbeiter
Maschinen	Universalmaschinen	Universal- und Spezialmaschinen	vorwiegend Spezialmaschinen
Automatisierungsgrad	sehr niedrig	mittel	sehr hoch
Flexibilität	sehr hoch	begrenzt	sehr niedrig
Produktvorgabe	auftragsorientiert	programm- und auftragsorientiert	programmorientiert
Produktionsstandardisierung	keine	möglich	hoch
Aufwand für PPS	hoch	mittel	gering
Anwendungsgebiet	Großmaschinenbau, Schiffsbau	PKW-Produktion	Normteile

Tabelle 3: Fertigungstypen: Vergleichende Betrachtung⁵⁶

Fertigungsprinzipien⁵⁷

- Baustellenfertigung: Das einzelne Produkt steht im Mittelpunkt, es wird während der Herstellung nicht vom Ort bewegt.
- Werkstättenprinzip: Es wird in technologisch orientierte Bereiche (Segmente) unterteilt. Die Maschinen und Arbeitsplätze werden nach einer sinnvollen Nutzung der räumlichen Gegebenheit angeordnet.
- Fertigungszellen: Mehrere Maschinen werden zusammen in einer Zelle angeordnet.

⁵⁴ (vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/56396/serienproduktion-v5.html> (Gelesen am: 03.04.2017))

⁵⁵ (<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/57106/massenproduktion-v5.html> (Gelesen am: 03.04.2017))

⁵⁶ (vgl. Sihn and Matyas, 2012, p. 18)

⁵⁷ (vgl. Westkämper, 2006, p. 198 f.)

- Fertigungssysteme: Maschinen und Arbeitsplätze werden nach den häufigsten Fertigungsfolgen miteinander verknüpft.
- Fließprinzip: Dieses ist durch bewegte Produkte gekennzeichnet.

Auf die einzelnen Fertigungsprinzipien wird hier nicht näher eingegangen. Es wird auf die weiterführende Literatur im angeführten Literaturverzeichnis verwiesen. Das Fertigungsprinzip, welches in der Pilotfabrik Anwendung findet, wird dann im späteren Verlauf dieser Arbeit nochmals im Detail untersucht.

Abbildung 12 soll den Zusammenhang zwischen den Fertigungstypen und den Fertigungsprinzipien darstellen. Bestimmt wird der Fertigungstyp durch die herzustellende Menge, während das Fertigungsprinzip durch die organisatorische und räumliche Struktur des Arbeitssystems gekennzeichnet ist.

		Fertigungsprinzipien					
		Baustellenfertigung	Werkstättenprinzip	Fertigungszellen	Flexible Systeme	Fließprinzip ohne Takt	Fließprinzip getaktet
Fertigungsarten	Einmalfertigung	●	●				
	Wiederholfertigung	●	●	●			
	Variantenfertigung		●	●	●		
	Serienfertigung				●	●	●
	Massenfertigung					●	●

Abbildung 12: Fertigungstypen und Fertigungsprinzipien⁵⁸

2.4.3 Lean Manufacturing & Ganzheitliche Produktionssysteme

Lean Manufacturing

Eines der größten Ziele von Lean Manufacturing ist, eine Wertschöpfung ohne Verschwendung zu erreichen. Hierbei steht die schlanke Produktion im Mittelpunkt. Um diese zu erreichen, müssen alle Mitarbeiter eingebunden werden, Fehler präventiv bekämpft werden und Verschwendungen vermieden werden. Lean Manufacturing wurde Mitte des letzten Jahrhunderts in Japan entwickelt und findet heute auf der ganzen Welt Anwendung.⁵⁹

Die Grundidee von Lean Manufacturing besteht darin, die Aufträge in möglichst wenig Arbeitsschritten und möglichst gleichen Arbeitsinhalten fertigzustellen. Um

⁵⁸ (Westkämper, 2006, p. 198)

⁵⁹ (vgl. Westkämper, 2006, p. 222)

einem getakteten Ablauf so nahe wie möglich zu kommen. Um dies zu erreichen sind folgende Maßnahmen notwendig:

1. Sicherheit, Ordnung und Sauberkeit einführen
2. Qualität der Stamm- und Bewegungsdaten verbessern
3. Pünktlichkeit der Montagebereitstellung verbessern
4. Logistische Positionierung festlegen
5. Bestandssenkung und –kontrolle einführen
6. Streuung der Arbeitsgang-Durchlaufzeit reduzieren
7. Streuung der Auftragszeiten reduzieren
8. Fertigungsstruktur anpassen
9. Fertigungstechnologie anpassen
10. Produktstruktur verschlanken⁶⁰

Ganzheitliches Produktionssystem (GPS)⁶¹

Produzierende Unternehmen reagieren seit den 1990er-Jahren auf sich ständig verändernde Rahmenbedingungen durch Einführung und Implementierung von Ganzheitlichen Produktionssystemen. Grundstein für GPS sind Inhalte des Toyota-Produktionssystems, Elemente des Taylorismus und Konzepte innovativer Arbeitsformen. Folgende Merkmale zeichnen GPS aus:

- Alle Unternehmensprozesse werden an den Kunden ausgerichtet, Verschwendungen werden vermieden und zur Sicherstellung einer nachhaltigen Gewinnrealisierung wird eine kontinuierliche Verbesserung eingeführt.
- GPS ist ein methodisches Regelwerk zur Sicherstellung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit.
- Ein Kulturwandel muss bei Mitarbeitern aller Ebenen erfolgen, welche sich zu einer kontinuierlichen Verbesserungsmentalität hin orientieren müssen.

Eine sehr treffende Definition des Begriffes GPS ist nach VDI 2870 Blatt 1:

„Ein Ganzheitliches Produktionssystem (GPS) ist ein unternehmensspezifisches, methodisches Regelwerk zur umfassenden und durchgängigen Gestaltung der Unternehmensprozesse.“⁶²

⁶⁰ (vgl. Wiendahl, 2014, p. 268 f.)

⁶¹ (vgl. Verein Deutscher Ingenieure, 2012, p. 2 f.)

⁶² (Verein Deutscher Ingenieure, 2012, p. 5)

2.4.4 Ausblick⁶³

Zukünftig sollen Produktionsmethoden und -prozesse effizienter werden. Energie- und ressourcenschonende Verfahren sollen den wachsenden Bedarf der Weltbevölkerung zu einem höheren Lebensstandard decken, jedoch soll der Rohstoff- und Energieverbrauch verringert werden. Parallel dazu soll die Flexibilität verbessert werden, sodass auf jeden Wunsch nach einem Produkt oder Erzeugnis sofort reagiert werden kann.

Produktionsmittel sollen eine höhere Verfügbarkeit erreichen und nachhaltig Verwendung finden. Weiters liegt große Aufmerksamkeit darauf, dass Produkte über ihren Lebenszyklus nachverfolgbar bleiben und Produktionen nach Bedarf frei skalierbar sind. Zusammenfassend sollen es diese neuen Produktionstechnologien erlauben, mit ein und derselben Infrastruktur zu Großserienkosten in einer Stückzahl 1 Losgröße neue, bei der Einrichtung der Produktionsmittel nicht bereits bekannte Erzeugnisse zu produzieren.

Im Bereich der Fertigungstechnologien bedeutet die Zuwendung zur Technologien der Cyber Physical Systems eine logische Weiterentwicklung von Technologien und Prozessen, die bereits heute in vielen Produktionsbereichen vorhanden sind und weiter Einzug halten, zu einem Win-Win und gemeinsamen Innovationsprozessen der Industrien der Produktionstechnik und der Informationstechnik.

Industrie 4.0 beschäftigt sich stark mit der Weiterentwicklung von bestehenden und Entwicklung von neuen Fertigungstechnologien und Produktionssystemen. Daher hat sich auch die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 die variantenreiche Serienfertigung zum Ziel gesetzt. Konkret findet in der Pilotfabrik die variantenreiche Serienfertigung in flexiblen und innovativen Fertigungssystemen statt. Besonders KMU können daraus interessante Erkenntnisse gewinnen, da nur durch solche intelligenten Fertigungssysteme relativ rasch auf die sich dynamisch ändernden Kundenwünsche eingegangen werden kann. Abschließend wurden noch einige Bemerkungen zu Lean Manufacturing und GPS angeführt. Auch die TU Wien Pilotfabrik ist bestrebt den Auftragsabwicklungsprozess möglichst *lean* zu gestalten und GPS einzuführen. Um diese Begrifflichkeiten praxisnah in der Pilotfabrik verstehen zu können, wurde dieses Unterkapitel hier angeführt.

⁶³ (vgl. Bauernhansl et al., 2014, p. 249 ff.)

3 Industrielle Informationssysteme

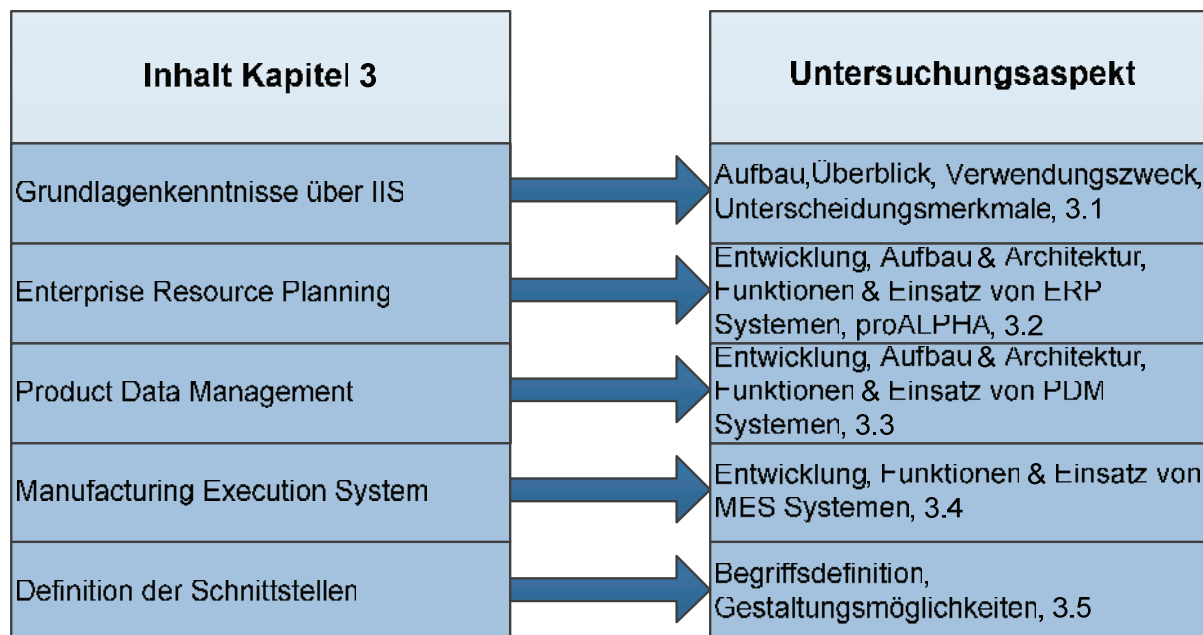


Abbildung 13: Aufbau Kapitel 3

In Abbildung 13 wird der Aufbau dieses Kapitels anhand des Inhalts sowie des jeweiligen Untersuchungsaspektes gezeigt. Das gesamte Kapitel 3 soll als zweiter theoretischer Grundagenteil dienen. Hier werden grundlegende Begriffe und Definitionen von industriellen Informationssystemen erläutert, um die Zusammenhänge im späteren praktischen Teil dieser Arbeit besser verstehen zu können. Der erste Abschnitt gibt einen Einblick in die grundlegende Funktionsweise wie IIS funktionieren, aufgebaut und in die Unternehmenslandschaft einzuordnen sind. Verwendungszwecke und Unterscheidungsmerkmale werden diesen ersten Abschnitt abschließen (Kap. 3.1). Anschließend werden die in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 zur Anwendung kommenden IIS näher betrachtet und untersucht. Insbesondere wird hier näher auf ERP, PDM und MES Systeme eingegangen. Im Detail werden die verschiedenen IIS hinsichtlich ihrer historischen Entwicklung, dem Aufbau und ihrer Systemarchitektur, den Funktionen und möglichen Einsatzgebieten analysiert (Kap. 3.2, 3.3, 3.4). Abgeschlossen wird der zweite theoretische Bezugsrahmen durch eine Definition der einzelnen Schnittstellen zwischen den verschiedenen Industriellen Informationssystemen. Hierbei werden nicht nur die verschiedensten Definitionen angeführt und beleuchtet, sondern auch deren Gestaltungsmöglichkeiten dargestellt. Dieses Unterkapitel soll dazu dienen, eine mögliche Gestaltungsform von Schnittstellen darzustellen (Kap. 3.5).

3.1 Grundlagen Industrielle Informationssysteme

Auftragsabwicklungen mittels Excel-Tabellen, Rechnungsstellungen mittels Word, unstrukturierte Kundendaten - all dies ist heute noch immer in vielen kleinen und mittleren Unternehmen Alltag. Diese Verwaltungsaufgaben nehmen in Unternehmen sehr viel Zeit in Anspruch und sind zudem auch noch sehr lästig. Grund dafür ist, dass in vielen KMU bis heute noch keine integrierte Standardsoftware zur Unterstützung ihres Betriebes eingeführt wurde. Mögliche Folgen sind, dass Daten oft mehrfach im Unternehmen abgelegt werden, redundante Tätigkeiten durchgeführt werden, welche zu vermehrtem Arbeitsaufwand und erhöhter Fehlerquote führen. Größten Leiden daraus ziehen die wertschöpfenden Prozesse eines Unternehmens. Jedoch sind in der heutigen Zeit effiziente Unternehmensabläufe ein wesentlicher Erfolgsfaktor für eine nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit. Beinahe alle Aufgaben, welche in einem modernen Unternehmen auftreten, können durch den Einsatz von betriebswirtschaftlichen Software-Lösungen unterstützt bzw. teilweise auch automatisiert werden. Solche Systeme werden Industrielle Informationssysteme oder manchmal auch betriebliche Informationssysteme genannt.

In einem Unternehmen gibt es nicht nur wertschöpfende Tätigkeiten, wie der Produktion, dem Handel von Gütern oder der Durchführung von Dienstleistungen, sondern auch operative und unterstützende Aufgaben, welche dem Tagesgeschäft angehören. Letztgenannte werden häufig vernachlässigt und deren Potenziale kaum genutzt. Wird die Abstimmung dieser Tätigkeiten innerhalb des Unternehmens schlecht durchgeführt, folgt daraus ein schlechter Informationsfluss. Mögliche Folgen dieser Probleme sind beispielhaft eine zu langsame Reaktion auf Kundenanfragen, oder aber auch eine unausgeglichene Auslastungen von Menschen und Maschinen.

Wer sich für den Einsatz von industriellen Informationssystemen entscheidet, nutzt den Vorteil von ganzheitlichen Softwareprogrammen zur Unterstützung der betrieblichen Informationsflüsse. Die zahlreichen Software Produkte versorgen das gesamte Unternehmen mit den notwendigen Funktionalitäten und verfügen über eine zentrale Datenbasis. Dadurch können Daten nach der erstmaligen Erfassung redundanzfrei gespeichert werden. Dies erspart sehr viel Zeit und reduziert die Fehlerquote im Vergleich zu manuellen oder über mehrere verschiedene Anwendungen verteilte Verwaltung der Daten. Eine Just-in-time Informationsverarbeitung und eine einheitliche Benutzeroberfläche ermöglichen eine benutzerfreundliche Bedienung. Darüber hinaus bietet der Einsatz von Industrielle Informationssystemen noch viele weitere Vorteile wie etwa:⁶⁴

- Erleichterung der außerbetrieblichen Informationswege
- Verbesserung der Entscheidungsfindung

⁶⁴ (vgl. Thome, 2016, p. 6 ff.)

- Die Kundenbetreuung kann durch einen zentralen Datenzugriff erleichtert werden.
- Arbeitsabläufe können durch eine Standardisierung bereits vollautomatisch durchgeführt werden
- Zeitersparnisse in allen Unternehmensbereichen

Anhand von nun folgenden Definitionen sollen wichtige Begrifflichkeiten im Zusammenhang mit Industrielle Informationssystemen besser zum Ausdruck gebracht werden.

*„Ein **Informationssystem** besteht aus Menschen und Maschinen (Rechner samt Software, Netzen, Kommunikationseinrichtungen), die Informationen erzeugen oder benutzen und die durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden sind.“⁶⁵*

*„Ein **betriebliches Informationssystem** unterstützt die Leistungsprozesse und Austauschbeziehungen innerhalb eines Betriebes sowie zwischen dem Betrieb und seiner Umwelt.“⁶⁶*

Innerhalb und außerhalb eines Unternehmens existieren mehrere verschieden Teilinformationssysteme nebeneinander. Diese Teilinformationssysteme müssen natürlich integriert werden, dies bedeutet, sie sollten zusammenarbeiten und ihre Daten untereinander austauschen. Hierbei unterscheidet man in eine horizontale und in eine vertikale Integration.

*„Ein **horizontal integriertes Informationssystem** verbindet Teilsysteme aus unterschiedlichen Funktionsbereichen auf einer Ebene. Ein **vertikal integriertes Informationssystem** verknüpft Teilsystem des gleichen Funktionsbereichs auf verschiedene Stufen, etwa ein System für die Abwicklung von Geschäftstransaktionen mit einem Büroinformationssystem und einem Managementunterstützungssystem. Integrationsgegenstand ist jeweils die logische Zusammenführung von Daten und die gegenseitige Abstimmung von Funktionen (Aufgaben), Prozessen (Vorgängen), Methoden und Programmen.“⁶⁷*

Die nachfolgende Abbildung soll die beiden Integrationstypen nochmals vergleichen. Des Weiteren bieten IIS, wie vorhin schon erwähnt, nicht nur Unterstützung im operativen Bereich, sondern auch im strategischen Bereich. Dies soll auch nochmals durch Abbildung 14 dargestellt werden.

⁶⁵ (Hansen et al., 2015, p. 6)

⁶⁶ (Hansen et al., 2015, p. 6)

⁶⁷ (Hansen et al., 2015, p. 9)

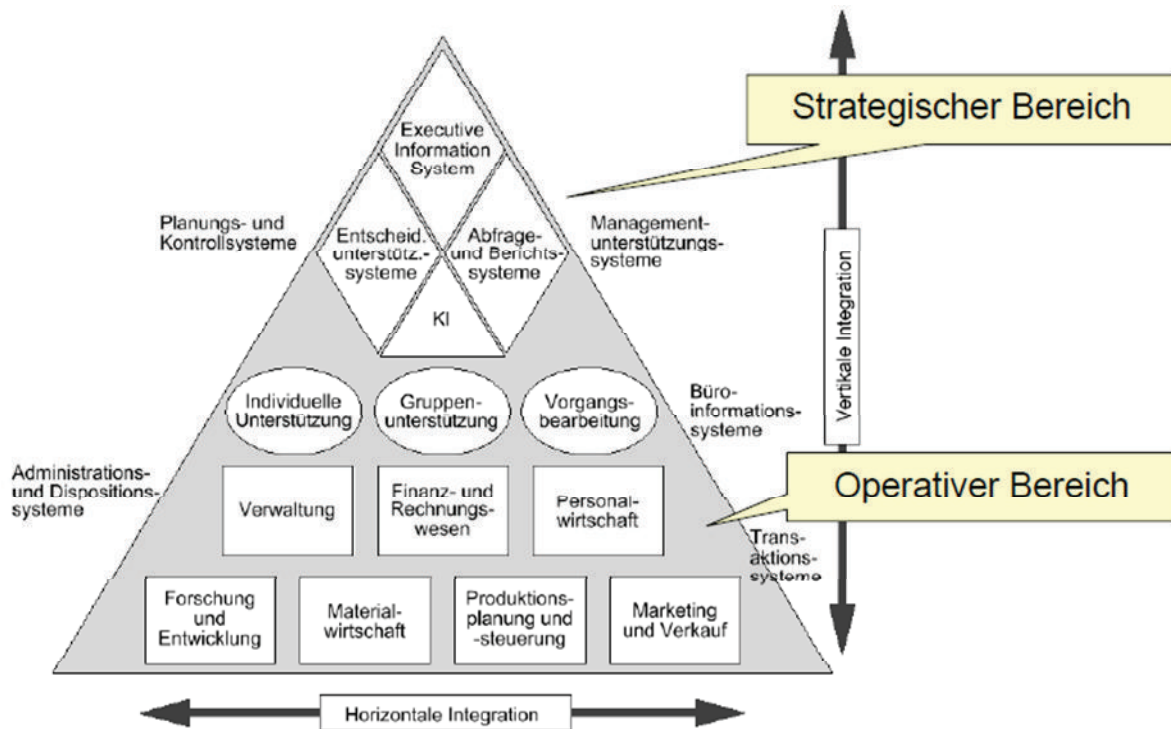


Abbildung 14: Integration von IIS in ein Unternehmen⁶⁸

Informationssysteme bestehen aus Menschen und Maschinen, welche Informationen benutzen und erzeugen. Weiters sind sie durch Kommunikationsbeziehungen miteinander verbunden. Man spricht dabei auch von sozio-technischen Systemen.

*„Unter einem **sozio-technischen System** versteht man ein System, bei dem eine technische und eine soziale Teilkomponente untrennbar miteinander zusammenspielen. Während das Verhalten der technischen Komponente eines Informationssystems durch Programmierung festgelegt wird, ist das Detailverhalten der sozialen Komponente weit weniger vorbestimmt.“⁶⁹*

Die nachfolgende Abbildung soll das Zusammenspiel von sozio-technischen Systemen verdeutlichen. Ebenso gut erkennbar ist hier die Eingliederung der Informationssysteme. Zusätzlich sei hier auch noch erwähnt, dass bei der Informationssystementwicklung neben der Softwareentwicklung noch eine weitere Fülle von Aufgabenbereichen existiert. Diese sind für ein Funktionieren von IIS genauso wichtig und bedeutsam. Die dafür notwendigen Aufgabenbereiche sind auch in Abbildung 15 ersichtlich.

⁶⁸ (vgl. Hansen et al., 2015, p. 8)

⁶⁹ (Hansen et al., 2015, p. 12)

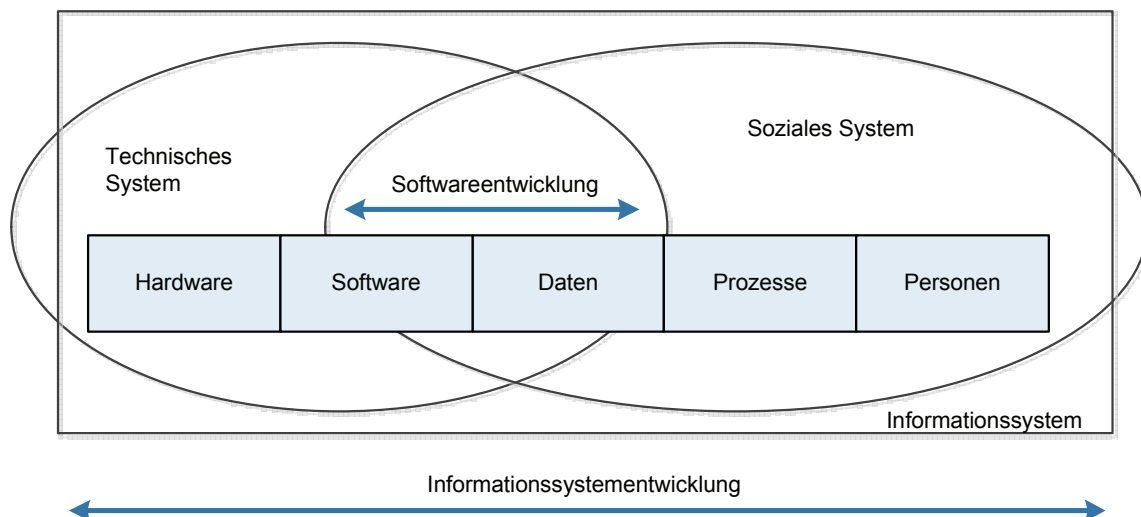


Abbildung 15: Zusammenhang von Informationssystementwicklung und Softwareentwicklung⁷⁰

Eine mögliche Form, wie eine IIS Systemarchitektur ausgeführt werden kann, ist die Client-Server-Architektur. Moderne IIS bestehen zurzeit aus mehreren Komponenten bzw. Subsystemen. Diese Teilsysteme besitzen in der Regel eine Client-Server-Architektur. Vorteilhaft hierbei ist, dass diese weitgehend hardware- und betriebssystemunabhängig sind und den Einsatz unterschiedlicher Datenbankverwaltungssysteme parallel erlauben.⁷¹

*„Die **Client-Server-Architektur** ist ein Modell, um die Funktionalität einer komplexen Anwendung auf mehrere Rechner zu verteilen. Server stellen dabei die zentralen Komponenten dar, die Dienste über Netze anbieten. Clients als verteilte Komponenten fordern diese bei Bedarf an.“⁷²*

Auf andere Architekturen bzw. nähere Beschreibung dieser wird in den folgenden Kapiteln verwiesen.

Für beinahe alle Bereiche eines Unternehmens wurden bereits industrielle Informationssysteme entwickelt, welche untereinander in verschiedensten Formen miteinander verknüpft werden können. Jeder Softwareanbieter entwirft seine Produkte etwas anders, um sich so vom Mitbewerber abgrenzen zu können. Die Schnittstellen und Anknüpfungspunkte zwischen den einzelnen IIS sind daher immer verschieden und müssen für jeden Systemanbieter neu ausgelegt und definiert werden. Auch die Betrachtungsweise bzw. die Systemzugehörigkeit zu einem in der Literatur definiertem IIS ist nicht eindeutig nachvollziehbar. Zentrales Herzstück eines jeden Unternehmens stellt ein ERP System dar. Aufbauend auf diesem System können verschiedene andere Systeme dazu gekoppelt werden. Aus technischer

⁷⁰ (vgl. Hansen et al., 2015, p. 11 f.)

⁷¹ (vgl. Hansen et al., 2015, p. 140)

⁷² (Hansen et al., 2015, p. 140)

Sicht ist für den Produktentstehungsprozess ein sehr wichtiges System, das PLM bzw. PDM System. Aus fertigungstechnischer Sicht stellt ein MES System eine zentrale Rolle dar. Natürlich existieren in der Praxis noch viele weitere Systeme, jedoch aus Gründen der Notwendigkeit in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit der Fokus auf ERP, PDM und MES Systeme gelegt.

Um die Arbeitsweise und Eingabeoptionen von industriellen Informationssystemen verstehen zu können müssen zuerst einige Grundlagenkenntnisse vermittelt werden. ProALPHA ist ein Softwareprodukt, welches speziell für mittelständische Unternehmen entwickelt wurde und bei dem die Eingabemaske möglichst einfach und intuitiv gehalten wurde. Aufgebaut ist es durch mehrere Module wodurch allerdings Schnittstellen zwischen den einzelnen Systemen nicht mehr so klar definiert werden können. Daher ist es umso wichtiger die genauen Aufgaben und den Aufbau der verschiedenen industriellen Informationssysteme bestens zu kennen. Aus diesem Grund werden die nun folgenden Kapitel ausgearbeitet.

3.2 Enterprise Resource Planning (ERP) Systeme

Der Begriff *Enterprise Resource Planning* kommt aus dem Englischen und bedeutet wörtlich übersetzt „Unternehmensressourcenplanungssystem“. Die nachfolgend angeführte Definition des Begriffes wurde vom Autor selbst gewählt, sie vereint mehrere Definitionen aus englisch- und deutschsprachiger Literatur.

„Unter einem ERP-System wird eine integrierte Software verstanden, die auf Basis standardisierter Module alle oder wesentliche Teile der Geschäftsprozesse eines Unternehmens aus betriebswirtschaftlicher Sicht informationstechnisch unterstützt. Die zur Verfügung stehenden Systemfunktionalitäten liefern dabei aktuelle Informationen auf Basis der erfassten und verarbeiteten Daten und ermöglichen hierdurch eine unternehmensweite Planung, Steuerung und Kontrolle.“⁷³

Nach einer kurzen Darstellung der Entwicklungsgeschichte von ERP-Systemen wird auf deren Aufbau und die zur Anwendung kommenden Systemarchitekturen eingegangen. Abgeschlossen wird dieses Unterkapitel mit den Funktionen und möglichen Einsatzgebieten.

3.2.1 Historische Entwicklung

Anfang der 60er-Jahre nahmen immer vermehrter Computer Einzug in Industriebetriebe. Dadurch entstanden bald erste Anwendungssysteme für die Produktionsplanung und –steuerung. Im deutschsprachigen Raum erhielten sie die

⁷³ (Hesseler and Görtz, 2008, p. 5 f.)

Bezeichnung *PPS-Systeme* und im angelsächsischen Raum wurden sie als *MRP-Systeme* bezeichnet. Die Abkürzung *MRP* steht hierbei für Material Requirements Planning. Der Schwerpunkt der ersten *MRP-Systeme* lag in der Materialbedarfsplanung, was auch der Name schon verrät. Die zentrale Aufgabe dieser Systeme lag in der Beantwortung der Frage: Welcher Bedarf an Sekundärmaterialien entsteht, wenn ein bestimmtes Produkt hergestellt wird und, wie kann dieser Bedarf gedeckt werden?

Die Weiterentwicklung von *MRP-Systemen* führte zu *MRP II Systemen*. Hier lautet allerdings die Abkürzung für *MRP: Manufacturing Resource Planning*. Die Grundidee von *MRP II Systemen* liegt in einer ganzheitlichen markt- und ressourcenorientierten Planung der Absatz-, Produktions- und Bestandsmengen, welche die Kapazitäten berücksichtigt. Beginnend auf der obersten Managementebene und sehr eng mit dem gesamten Geschäftsplan verknüpft. Auch die *PPS-Systeme* entwickelten sich weiter und deckten nicht mehr nur produktionsbezogene Funktionen ab, sondern auch eine Vielzahl allgemeiner betriebswirtschaftlicher Funktionen wie etwa Kalkulation, Beschaffung, Versand oder Personalzeiterfassung.

Die Weiterentwicklung von *MRP II* bzw. *PPS* mündete in das Enterprise Resource Planning, kurz *ERP*. *ERP-Systeme* basieren auf dem Grundgedanken von *MRP II Systemen*, finden jedoch nicht mehr nur in der Industrie ihre Verwendung. *ERP-Systeme* sind funktions-, branchen- und wirtschaftszweigübergreifend. *ERP* bringt zum Ausdruck, dass sämtliche Ressourcen, welche zur Geschäftstätigkeit eines Unternehmens von Bedeutung sind, in die Planung miteinbezogen werden. Da heutzutage in allen *ERP-Systemen* auch *PPS-Systeme* enthalten sind, ist der Begriff *PPS-Systeme* weitgehend verschwunden.

Heute ist die gesamte Welt global vernetzt, und für die einzelnen Unternehmen kommt es nicht mehr darauf an, dass nur die internen Prozesse gut funktionieren. Viel wichtiger ist geworden, dass die zwischenbetrieblichen Beziehungen reibungslos funktionieren, da die Fertigungstiefe in den einzelnen Unternehmen ab- und die Abhängigkeit von den Zulieferern zunahm. Die Produktionsplanung und -steuerung ist dadurch noch komplexer geworden. Früher stießen komplexe mathematische Methoden oder fortschrittliche Heuristiken für Planungsprobleme schnell an ihre Grenzen. Heute gibt es dank leistungsfähiger Informationstechnologie bereits praxistaugliche, anspruchsvolle Lösungsansätze für solche Problemstellungen. Diese Lösungsansätze werden immer vermehrter unter dem Begriff Advanced Planning and Scheduling (*APS*) zusammengefasst.

Durch den Fortschritt in der Mikroelektronik kann „Intelligenz“ nicht nur in Computern verankert werden, sondern auch Maschinen, Werkstücke, Transporteinrichtungen, etc. werden „intelligent“. Dies ermöglichen Technologien wie Mikrochips, RFID (Radio Frequency Identification) oder CPS (Cyber-Physical Systems). Daraus

resultieren neue Potenziale und Anforderungen an bisher herkömmliche ERP-Systeme bzw. betriebswirtschaftlichen Anwendungsprogrammen. Im deutschsprachigen Raum werden diese neuen technologischen und methodischen Ansätze unter dem Schlagwort Industrie 4.0 zusammengefasst.⁷⁴

Nachfolgende Abbildung soll diese Entwicklung nochmals bildlich auf einer horizontalen Zeitachse zusammenfassen.

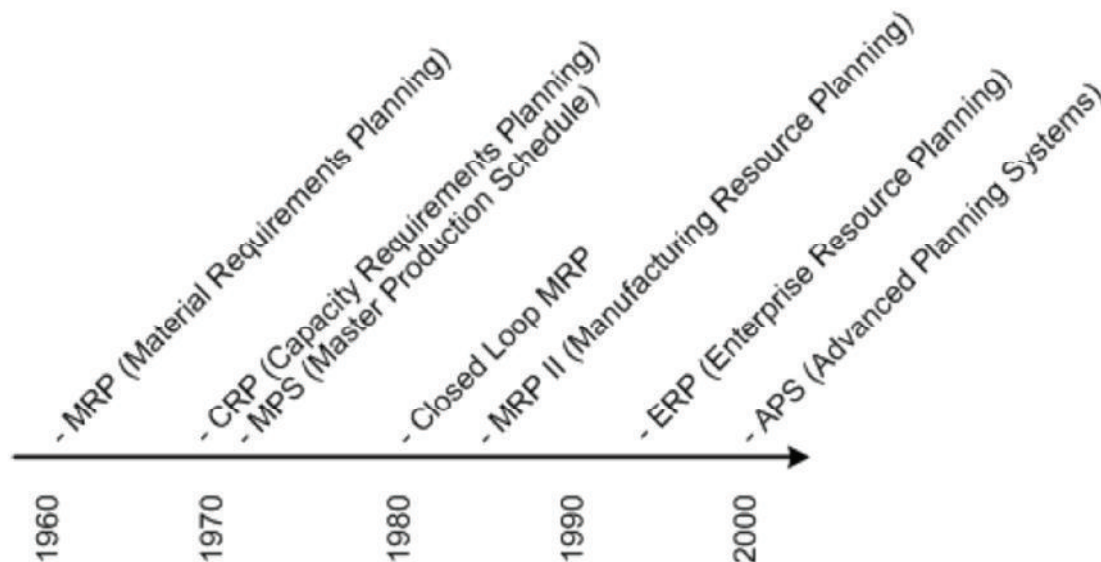


Abbildung 16: Historische Entwicklung der Produktionsplanungsansätze⁷⁵

3.2.2 Aufbau und Systemarchitektur⁷⁶

Unter einer Enterprise Architektur kann man sich eine Art Plan oder Planung der Informationssysteme eines Unternehmens vorstellen. Eine Stadt kann auch nicht nachhaltig errichtet werden ohne eine solide Stadtplanung. Vergleicht man eine Stadt mit einem Unternehmen, so ist die Enterprise Architektur die Stadtplanung der Informationssysteme.

Durch den Einsatz einer Enterprise Architektur wird jedes Unternehmen unterstützt, welches in hohem Maße auf Informationstechnologie angewiesen ist. Eine Enterprise Architektur kann als eine Art Roadmap angesehen werden, welche die Lücke zwischen den Geschäftsprozessanforderungen und der IT-Infrastruktur eines Unternehmens schließt. Bei der Einführung von Enterprise Architekturen sollte allerdings beachtet werden, dass diese hohe Investitionsleistungen in einem Unternehmen darstellen. Bei vielen Unternehmen fehlen hierbei die notwendigen Ressourcen, um aus eigener Kraft Enterprise Architekturen aufzubauen. Falls Enterprise Architekturen erfolgreich Anwendung finden, können Skaleneffekte

⁷⁴ (vgl. Kurbel, 2016, p. 1 ff.)

⁷⁵ (Buhl, 2008, p. 43)

⁷⁶ (vgl. Masak, 2005, p. 1 ff.)

erreicht werden, die Projektrisiken minimiert werden und die Projekterfolge erhöht werden.

Im ausgedehnten Bereich besteht eine Enterprise Architektur aus vier separaten Teilbereichen:

- Geschäftsprozess-Architektur
- Applikationsarchitektur
- Datenarchitektur
- Systemarchitektur

Im weiteren Verlauf wird die Geschäftsprozess-Architektur nicht weiter behandelt, da hier völlig andere Größen und Betrachtungsweisen vorkommen. Die drei anderen Architekturtypen werden stets gemeinsam behandelt, da eine Separation für eine übergreifende Betrachtung nicht besonders zielführend ist.

Eine Enterprise Architektur ist kein Selbstzweck, sie lebt nicht im leeren Raum, sondern ist stets ein Mittel zum Zweck. Das Zusammenspiel von Geschäftsprozess-Architektur und Enterprise Architektur ergibt ein effektives Gesamtsystem. Wobei immer nur einzelne Teile der Geschäftsprozess-Architektur, Teile der Enterprise Architektur benutzen und nie das Gesamte Architektursystem. In jüngerer Zeit lässt sich beobachten, dass der Geschäftsprozess erst durch die Entwicklungen der Enterprise Architektur neu definiert und ermöglicht wird. Früher, als die Software zur Automatisierung bestehender manueller Prozesse eingesetzt wurde, war dies nicht der Fall.

Eine Systemarchitektur ist eine Kollektion von Maschinen, Netzwerken, Kabeln, etc. . Durch eine Systemarchitektur bekommt diese Kollektion eine Struktur und bekommt Informationen, wie sie mit den Geschäftszielen eines Unternehmens verknüpft werden muss. Durch diese Definition wird klar, dass sich die Systemarchitektur ausschließlich mit der Infrastruktur eines Unternehmens beschäftigt. Eine zentrale Aufgabe der Systemarchitektur besteht darin, den Übergang zu einer neuen Enterprise Architektur zu ermöglichen bzw. diesen zu unterstützen. Theoretisch gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Systemarchitekturen. In der Praxis haben sich allerdings nur drei Softwarearchitekturen wirklich etabliert:

- Monolithische Legacy-Applikationen
- Client-Server-Applikationen
- Thin-Client-Applikationen

Client-Server-Architekturen sind die einfachste Form der Schichtenarchitektur. Kennzeichnend für diese ist der Aufbau in sogenannte Schichten oder Layers. Eine Verallgemeinerung der Client-Server-Architektur ist die n-Tier Architektur. Hier wird in mehrere verschiedene Schichten unterteilt. Folgende Abbildung soll diese allgemeine

n-Tier-Architektur nochmals bildlich darstellen. Auf eine nähere Definition der angeführten Begriffe wird hier nicht eingegangen, sondern auf die Literatur verwiesen.



Abbildung 17: Die allgemeine n-Tier-Architektur⁷⁷

Für das Verständnis, wie sich Daten durch das System bewegen und innerhalb des Unternehmens genutzt werden, wird eine Datenarchitektur benötigt. Über die Datenarchitektur wird definiert, welche Daten für ein Unternehmen Wichtigkeit besitzen und wie ein Unternehmen mit seinen Daten umzugehen hat. Da Daten in der heutigen Zeit zu einer der wichtigsten Besitztümer eines Unternehmens gehören, darf die strategische Rolle einer Datenarchitektur nicht unterschätzt werden. Eine Datenarchitektur kann man in drei Ebenen unterteilen:

- konzeptionelle Ebene
- logische Ebene
- physische Ebene, welche identisch mit der Speicherarchitektur ist

Informationen über die Verwendung und Bedeutung der operativen Daten werden als Metadaten bezeichnet (z.B.: Daten über Daten). Diese sind auf allen drei Ebenen der Datenarchitektur vorhanden. Systementwicklungen durch die Wiederverwendung von bestehenden Daten können durch Metadaten unter der Vermeidung von Redundanzen effizienter und besser durchgeführt werden. Viele Unternehmen sehen den großen Vorteil eines Metadatenmanagementsystems darin, dass Metadatenarchitekturen das große und sich rasch ausbreitende Datenchaos in den Griff bekommen können.

⁷⁷ (vgl. Masak, 2005, p. 120)

Zusammenfassend wird nun nochmals im Detail auf den Aufbau von ERP-Systemen eingegangen. In den meisten Fällen bestehen sie aus einzelnen Datenbeständen, welche über Datenbankmanagementsysteme zugänglich gemacht werden. Auf dieser Ebene befinden sich auch Schnittstellen, die Zugriff auf andere Informationssysteme gewähren. Weiters existiert eine Applikationsschicht, welche aus einem datenbankabhängigen und datenbankunabhängigen Teil besteht. Ein weiterer Teil der Applikationsschicht ist die Programmierumgebung. Hier können Anwendungen des ERP-Systems mit einer Programmiersprache ergänzt werden. Die Adaptionsschicht hat die Funktion eines Integrationselements. Hier werden Prozesse, welche in unterschiedlichen Informationssystemen genutzt werden, in ein einheitliches Modell abgebildet. Als oberste Schicht dient die Benutzungsschicht, welche heute in der Regel als Web-Client ausgeprägt ist. Falls das ERP-System über einen Web-Client bedient werden möchte, ist hierfür die Installation eines Web-Browsers erforderlich. Abbildung 18 soll die verschiedenen Schichten des Aufbaus eines ERP-Systems nochmals verdeutlichen.⁷⁸

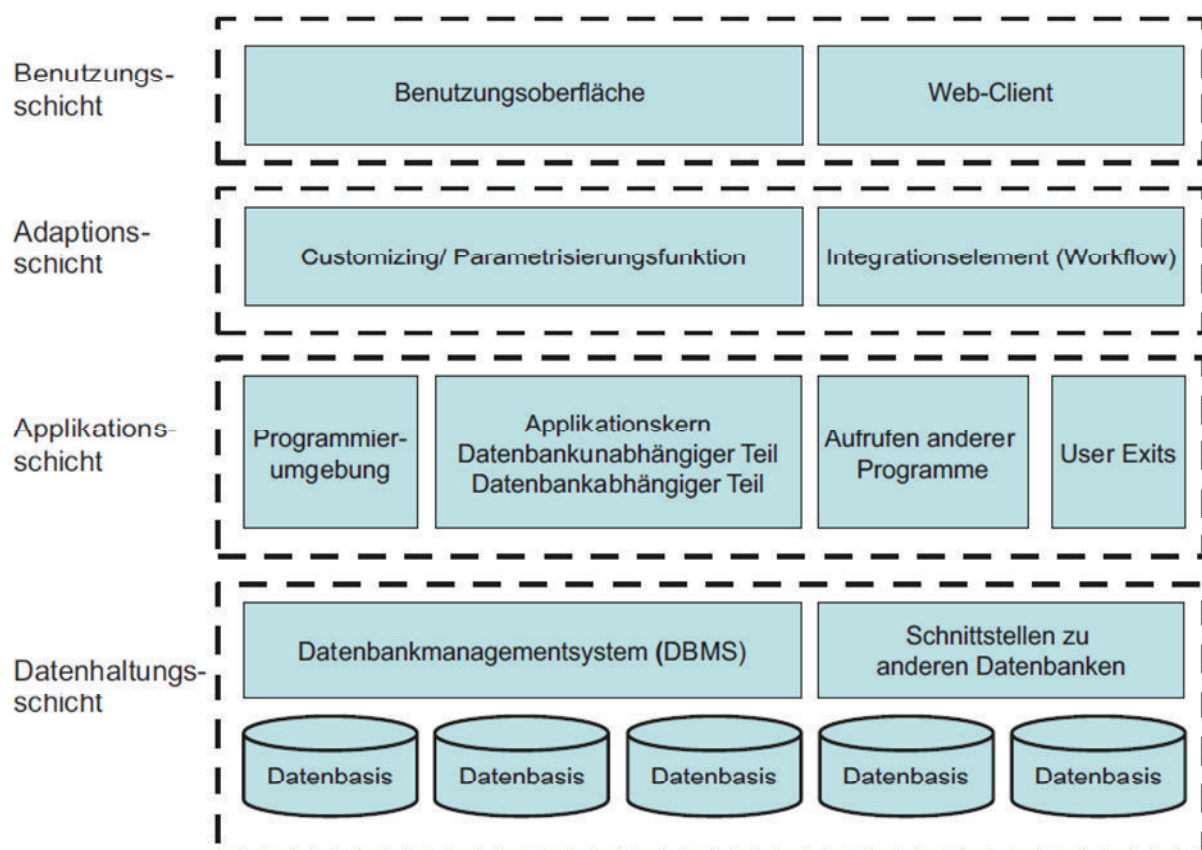


Abbildung 18: Aufbau eines ERP-Systems⁷⁹

⁷⁸ (vgl. Koch, 2015, p. 277 f.)

⁷⁹ (Koch, 2015, p. 278)

3.2.3 Funktionen und Einsatz⁸⁰

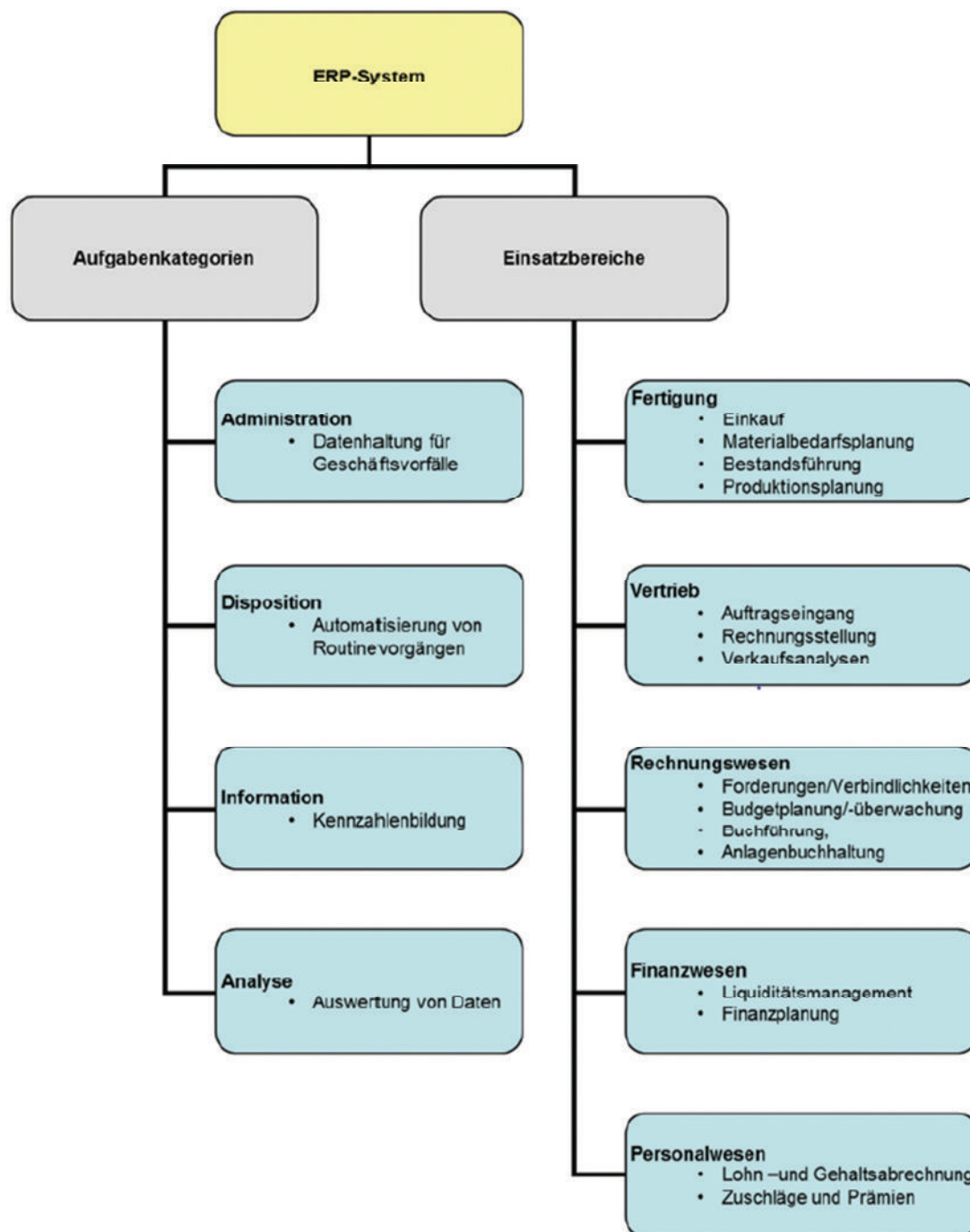


Abbildung 19: Funktionsumfang von ERP-Systemen⁸¹

Wie bereits in obiger Abbildung ersichtlich ist, lassen sich ERP-Systeme in Aufgabenkategorien und Einsatzbereichen untergliedern. Die Einsatzbereiche sind sehr vielfältig und reichen von der Fertigung über das Rechnungswesen bis hin zum Personalwesen. Ebenso die speziellen Aufgaben der einzelnen Bereiche. Die

⁸⁰ (vgl. Koch, 2015, p. 274 ff.)

⁸¹ (Koch, 2015, p. 275)

zentralen Aufgabengebiete sind bei beinahe allen IIS gleich. Die zur Anwendung kommenden Daten und Informationen müssen in der richtigen Form, im richtigen Umfang, zum richtigen Zeitpunkt, am richtigen Ort und mit der richtigen Qualität zur Verfügung gestellt werden.

Zentraler Vorteil und hauptsächlichlicher Nutzen aus dem Einsatz von ERP-Systemen ist die Automatisierung und die Standardisierung von Prozessen. Um nur einige wenige Vorteile zu erwähnen:

- Erhöhung der Produktivität
- Entlastung der Führungskräfte bei der Entscheidungsfindung
- Erhöhung der Stabilität des organisatorischen Gesamtsystems
- Erleichterung der Prozesskoordination durch Vermeidung von Doppelbearbeitungen

Als **Enterprise Resource Planning System** findet proALPHA in der Pilotfabrik Anwendung. Die verschiedensten Aufgaben, welche ein ERP System zu erfüllen hat, werden in proALPHA über Systemmodule abgearbeitet. Aufgebaut sind diese Systemmodule über ein Schichtenmodell. Es existieren drei Schichten: Datenhaltungsschicht, Geschäftslogikschicht und Präsentationsschicht.

3.2.4 Das ERP System proALPHA

Allgemeines zu proALPHA

Die proALPHA Gruppe ist im DACH-Raum der drittgrößte Anbieter für ERP-Software für KMU. ProALPHA hat ihren Hauptstandort in Deutschland in Weilerbach und besitzt weltweit über 25 Niederlassungen. An diesen Standorten werden über 900 Mitarbeiter beschäftigt, welche an der kontinuierlichen Weiterentwicklung der ERP-Software arbeiten. Das Unternehmen proALPHA existiert bereits seit 25 Jahren und bietet nicht nur ihr ERP System sondern auch Consulting, Service, Schulungs- und Wartungsleistungen an. Durch das breite Funktionsspektrum der flexiblen und frei skalierbaren ERP-Komplettlösung von proALPHA können alle Prozesse, welche an der Wertschöpfungskette beteiligt sind, zentral gesteuert werden. ProALPHA Kunden kommen aus den verschiedensten Branchen, wie etwa aus dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektrotechnik- und Hightech-Industrie, der Metallbe- und verarbeitung, der Kunststoffindustrie, dem Großhandel sowie Automobilzulieferer. Auch international agierende Kunden zählen zum Anwenderkreis, da proALPHA in zahlreichen Sprach- und Landesversionen zur Verfügung steht.⁸²

⁸² (vgl. proALPHA Business Solutions GmbH, 2017a, p. 31)

ProALPHA steht hinter den Erfolgsgeschichten des Mittelstandes. Die Mission ist ganz klar definiert: „Wir bringen Hidden Champions voran“. Ein komplettes ERP-Softwarepaket, welches aus einer Hand kommt, bietet eine umfassende Lösung für hohe Anforderungen. Durch den technologischen Weitblick für die Anforderungen der Zukunft (Industrie 4.0,...) bietet proALPHA eine hohe Stabilität für langfristige Perspektiven. Da jede Branche individuelle, charakteristische Besonderheiten aufweist, lässt sich proALPHA spezifisch auf jedes Unternehmen konfigurieren. Dies wird durch ein fundiertes Know-How in den verschiedensten Segmenten erreicht. Mit zwölf Standorten in Deutschland und vier in Österreich kann mit kürzesten Reaktionszeiten auf die Kundenwünsche und –anliegen im DACH-Raum eingegangen werden.⁸³

Produktportfolio von proALPHA⁸⁴

Um den Wünschen und Anforderungen der Kunden gerecht zu werden existieren im ERP-System von proALPHA standardmäßig verschiedene Kernmodule und als Aufbau dazu stehen noch Spezialmodule zur Verfügung. Dadurch kann sich jedes Unternehmen ihr ERP-System individuell nach den Bedürfnissen zusammenstellen. Die folgende Abbildung soll einen Überblick über das gesamte Produktportfolio von proALPHA bringen. Die einzelnen Module werden dann im Anschluss noch kurz erläutert.

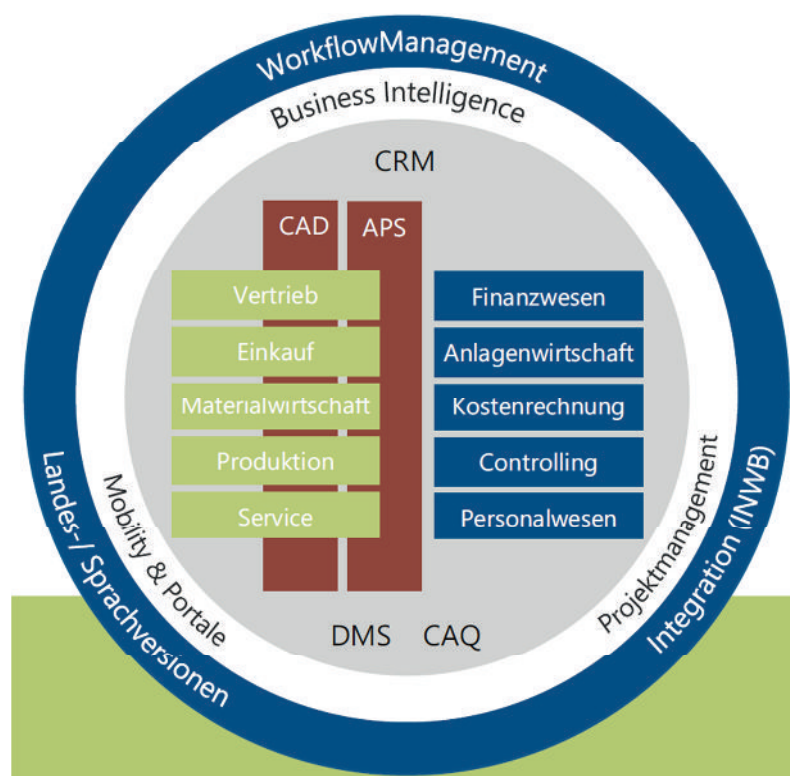


Abbildung 20: proALPHA Module⁸⁵

⁸³ (vgl. proALPHA Business Solutions GmbH, 2015, p. 2 ff.)

⁸⁴ (vgl. proALPHA Business Solutions GmbH, 2017a, p. 5 ff.)

Kernmodule

- Vertrieb: Die ERP-Komplettlösung mit integriertem Vertrieb unterstützt den gesamten Vertriebsprozess, von der Absatzplanung bis zur Faktura.
- Einkauf: Das Einkaufsmodul optimiert den gesamten Beschaffungsprozess, von der Lieferantenauswahl bis zur Rechnungskontrolle.
- Materialwirtschaft: Das Modul Materialwirtschaft bildet bereichsübergreifend den gesamten Material- und Wertefluss im Unternehmen ab.
- Produktion: Das Modul Produktion organisiert die Fertigung und sorgt für einen machbaren Gesamtplan. Dadurch kann sowohl die Einzelfertigung als auch die Serienfertigung optimiert werden.
- Service: Dadurch können Serviceeinsätze effizient vorbereitet und abgerechnet werden. Des Weiteren stehen alle Daten jederzeit auch mobil bereit.
- Finanzwesen: Das Modul Finanzwesen geht weit über die Standardfunktionen hinaus und kann mit leistungsfähigen Werkzeugen für transparentes Liquiditätsmanagement und Controlling sorgen.
- Kostenrechnung: Durch das Modul Kostenrechnung wird Transparenz in die Kosten- und Erlössituation des Unternehmens gebracht.
- Anlagenwirtschaft: Durch das Modul Anlagenwirtschaft können Anlagen effizient verwaltet und fundierte Investitionsentscheidungen getroffen werden.

Spezialmodule

- Business Intelligence: Business Intelligence liefert die passenden Informationen im optimalen Format für schnelle, richtige und kurze Entscheidungswege.
- Customer Relationship Management: Durch eine 360-Grad-Sicht auf Kunden und Interessenten können Kundenbeziehungen erfolgreich entwickelt werden.
- Dokumenten Management System: Schneller, bereichsübergreifender Zugriff auf digitale Dokumente, Prozesse und Informationen bildet die Basis für zukünftige Erfolge.
- Personalwesen: Durch das Modul Personalwesen können alle zentralen Human Resource Prozesse und Funktionen direkt an das ERP-System angebunden werden.
- Produktkonfigurator: Durch das Modul Produktkonfigurator kann eines der Ziele von Industrie 4.0 (Serienproduktion bei der Losgröße 1) wirtschaftlich realisiert werden.
- Projektmanagement: Das Modul Projektmanagement vereinfacht die abteilungsübergreifende Zeit-, Ressourcen- und Kostenplanung in Projekten.

- Web-Portal: Dadurch können Geschäftspartner und Mitarbeiter direkt in ERP-Prozesse eingebunden werden, unabhängig von derer Endgerät, Plattform und Standort.
- Workflow Management: Das proALPHA Workflow Management unterstützt durch Automatismen die gesamte Auftragsabwicklung vom Vertrieb über die technische Vorbereitung bis hin zur Fertigung und Montage.

Zusätzlich zu den Kern- und Spezialmodulen bietet proALPHA ein Modul zur CAD-Integration an. **CA-Link** sorgt für einen durchgängigen Daten- und Informationsfluss zwischen Konstruktion (CAD) und ERP. Auf der Basis von CA-Link realisiert proALPHA ein vollständiges PDM bzw. PLM von der Produktentstehung bis zur Entsorgung. Somit können z.B. auch betriebswirtschaftliche Daten der Konstruktion bereitgestellt werden. Eine ERP-Integration ist dabei mit allen marktüblichen CAD-Systemen möglich.

Ein weiteres Konnektivitätsmodul von proALPHA ist die **Integration Workbench**. Die Integration Workbench (INWB) schafft sichere, integrierte Geschäftsprozesse über Systeme, Sensoren, entfernte Standorte und externe Geschäftspartner hinweg. Unter anderem können dadurch Schnittstellen einfacher konfiguriert werden und Industrie 4.0-Initiativen einfacher umgesetzt werden.

Alle Systemmodule der ERP-Software von proALPHA sind nach dem Schichtenmodell, bestehend aus Datenhaltung, Geschäftslogik und Präsentationsschicht aufgebaut. Gesteuert wird die komplette Applikation durch das sogenannte proALPHA Repository, welches viele Meta-Informationen des Systems beinhaltet. Die einzelnen Module sind auf Basis eines gemeinsamen Datenmodells eng miteinander verzahnt. Die gesamte IT-Infrastruktur von proALPHA ist darauf ausgelegt unterschiedliche Technologien und Datenformate bequem zu integrieren. Als Grundlage dafür dient ein Enterprise Service Bus (ESB): die Integration Workbench (INWB). Beispielsweise im Rahmen von Industrie 4.0 ermöglicht die INWB die notwendige Kommunikation zwischen den vertikal vernetzten Systemen.

3.3 Product Data Management (PDM)

Die beiden Begriffe *Product Data Management (PDM)* und *Product Lifecycle Management (PLM)* werden oft gleichgesetzt bzw. nicht richtig unterschieden. Bevor sie voneinander abgegrenzt werden, wird eine Begriffsdefinition nach der VDI 2219 angeführt.

„PDM: Verwaltung der produktbeschreibenden Daten, um eine vollständige Rechnerunterstützung in der Produktentwicklung zu ermöglichen.“⁸⁶

⁸⁶ (Verein Deutscher Ingenieure, 2016a, p. 6)

„PLM: integrierter Managementansatz, bestehend aus konsistenten Prozessen, Methoden, Modellen und IT-Werkzeugen zum Management von Produktinformationen. Prozessen und Applikationen im gesamten Produktlebenszyklus.“⁸⁷

Eine der punktiertesten Aussagen bezgl. des Unterschiedes zwischen PDM und PLM Systemen verfasste John Stark. Dieser sagte 2005: „PDM – An essential enabler for PLM.“ Damit hatte er sichtlich recht, denn PDM-Systeme sind die essentielle Basis, die technologische Integrationsplattform, welche PLM-Systeme erst ermöglichen. Eine falsche Sichtweise wäre hingegen, wenn man PLM-Systeme als Erweiterung von PDM-Systemen darstellt. Vertreter dieses Ansatzes sind oft Softwareunternehmen, welche sich darunter marketingtechnische Vorteile verschaffen möchten.⁸⁸

Die nachfolgende Abbildung soll die Differenzierung von PDM- und PLM-Systemen nochmals verdeutlichen. Insbesondere soll sich auch die Einordnung der PDM-Systeme in den Produktlebenszyklus und in die Unternehmens-IT-Landschaft darstellen. Schnell erkennbar ist, dass PDM-Systeme eher den technischen Aspekten des Produktlebenszyklus, wie der Produktentwicklung und Konstruktion zuordenbar sind. PLM-Systeme weiten den Blick auf den gesamten Produktlebenszyklus aus. Nicht zuletzt können sie auch als strategischer Ansatz bzw. Managementkonzept verstanden werden, um die Informationen eines Produktes in den Mittelpunkt zu stellen.

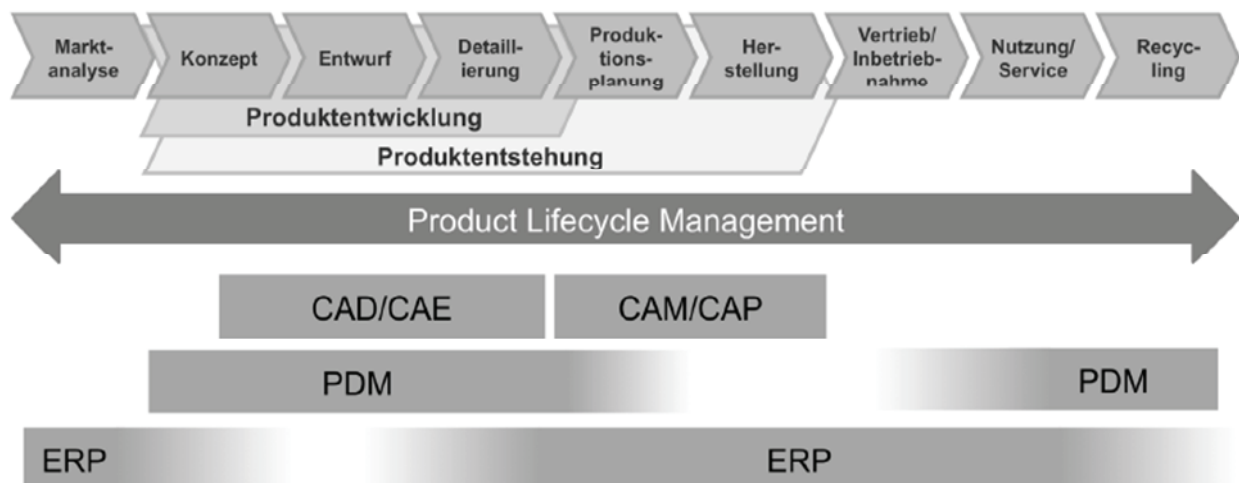


Abbildung 21: Einordnung von PDM und PLM in den Produktlebenszyklus⁸⁹

Nach einer kurzen Darstellung der Entwicklungsgeschichte von PDM-Systemen wird auf deren Aufbau und die zur Anwendung kommenden Systemarchitekturen

⁸⁷ (Verein Deutscher Ingenieure, 2016a, p. 6)

⁸⁸ (vgl. Arnold et al., 2011, p. 11)

⁸⁹ (Verein Deutscher Ingenieure, 2016a, p. 10)

eingegangen. Abgeschlossen wird dieses Unterkapitel mit den Funktionen und möglichen Einsatzgebieten.

3.3.1 Historische Entwicklung⁹⁰

Seit Anfang der 1990er Jahre nahmen vermehrt Computerunterstützte Konstruktionsprogramme Einzug in die Konstruktionsabteilungen vieler Unternehmen. Anfänglich war der Umstieg von Papierzeichnungen auf 2D-CAD Softwareprogramme, welcher noch keinen großen Eingriff in die Konstruktionsmethodik nahm. Im nächsten Schritt wurden 2D-CAD Programme auf 3D-CAD Programme umgestellt. Hierbei ergab sich ein vielfach größerer Einschnitt in die Konstruktionsmethodik und die Arbeitsweise in Konstruktionsabteilungen änderte sich, viele herkömmliche Aspekte mussten überdacht bzw. erweitert werden. Dies war auch der Grundstein der virtuellen Produktentwicklung, wodurch Produktentwicklungsprozesse und Produktentstehungsprozesse enorm schneller wurden. Des Weiteren wurden Produktinnovationszyklen immer kürzer. Ein weiterer Vorteil dieser neuen Zeichenprogramme war, dass 2D-Zeichnungen durch das CAD-System bereits automatisch erstellt wurden. Durch die enorme Zunahme an CAD-Daten und Informationen mussten diese auch dementsprechend verwaltet werden, und durch die Zusammenarbeit mehrerer Personen an einer Baugruppe mussten Zugriffsrechte generiert werden. Durch diese Notwendigkeit wurden Document Management Systems (DMS) entwickelt. Sie waren die Vorläufer der heute bekannten PDM-Systeme. Die Zugriffsrechteproblematik bei der Zusammenarbeit mehrerer Mitarbeiter auf einem Projekt wurde durch die Check-In bzw. Check-Out-Funktion gelöst. Eine weitere Verbesserung gegenüber den DMS-Systemen ist, dass in PDM-Systemen auch die Bau- und Stücklistenstruktur ordentlich abgebildet und gespeichert werden kann. Viele CAD Systemanbieter bieten heute bereits eigens integrierte PDM-Systeme an. Diese haben allerdings den Nachteil, dass sie nicht sehr leicht in Systeme von Drittanbietern integriert werden können. Beispielsweise bei der Integrierung der CAD-Daten in ein ERP System zur Auftragsabwicklung könnten Probleme entstehen. Zu diesem Zweck gibt es PDM-Systeme, welche herstellerübergreifende Funktionalität besitzen.

3.3.2 Aufbau und Systemarchitektur⁹¹

PDM-Systeme sind genauso wie ERP-Systeme datenbankbasierte technische Informationssysteme. Grundlegend werden die Informationen in einem PDM-System über ein Metadatenmanagementsystem verwaltet. Metadaten können auch als die beschreibenden Attribute eines Objekts beschrieben werden. Werden diese Metadaten dann einem Objekt spezifisch zugewiesen, so werden sie als

⁹⁰ (vgl. Gerhard, 2016, p. 216 f.)

⁹¹ (vgl. Gerhard, 2016, p. 220 ff.)

Stammdaten dieses Objekts bezeichnet. Die Gesamtheit aller Stammdaten wird als Stammsatz beschrieben. Das Gegenteil zu den Stammdaten sind die sogenannten Bewegungsdaten, Daten welche einer kontinuierlichen Änderung unterliegen. Dieser Kategorie von Daten gehören beispielsweise Materialbestände oder aufgelaufene Kosten eines Auftrags durch Personal- und Sachkosten an. Allerdings werden Bewegungsdaten üblicherweise nicht mit PDM-Systemen verwaltet.

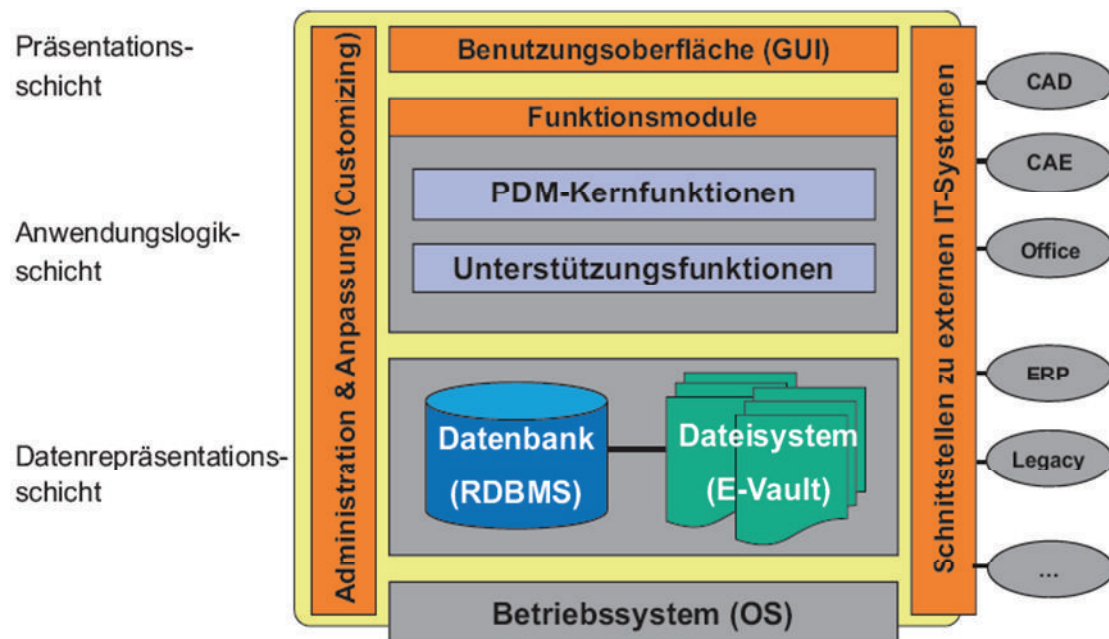


Abbildung 22: Architektur von PDM-Systemen⁹²

In Abbildung 22 ist der architektonische Aufbau von PDM-Systemen ersichtlich. Beinahe alle PDM-Systeme besitzen eine Client-Server-Architektur, welche weiter oben in dieser Arbeit bereits beschrieben wurde. Charakterisierend dafür ist die Dreischichten-Architektur. Als erste anzufindende Schicht ist die Präsentationsschicht angeführt. Diese erteilt dem Client einen verteilten, dezentralen Zugriff auf die zentral liegende Server-Anwendung. Die Server-Anwendung repräsentiert hierbei die Anwendungslogikschicht. Durch diese Schicht wird der Zugriff zu den Datenbankanwendungen gewährt, die sogenannte Datenrepräsentationsschicht. Serverseitig werden die Kernfunktionen des PDM-Systems bereitgestellt. Die Client-Seite kann entweder als Native Client oder als Zero Install Client realisiert werden. Unterscheidungsmerkmal dieser beiden ist die Zugriffsart. Während der Native Client als eigene Softwareanwendung auf dem Rechner des Anwenders installiert wird, greift der Zero Install Client über einen Web-Browser auf einen entsprechenden Web-Server zu.

Zusammenfassend bestehen die meisten PDM-Systeme aus einer Client-Server-Architektur mit den drei Schichten:

⁹² (Gerhard, 2016, p. 221)

- Präsentationsschicht
- Anwendungslogikschicht
- Datenrepräsentationsschicht

3.3.3 Funktionen und Einsatz

Folgende Abbildung soll einen Überblick über die verschiedensten Grundfunktionen von PDM-Systemen geben.

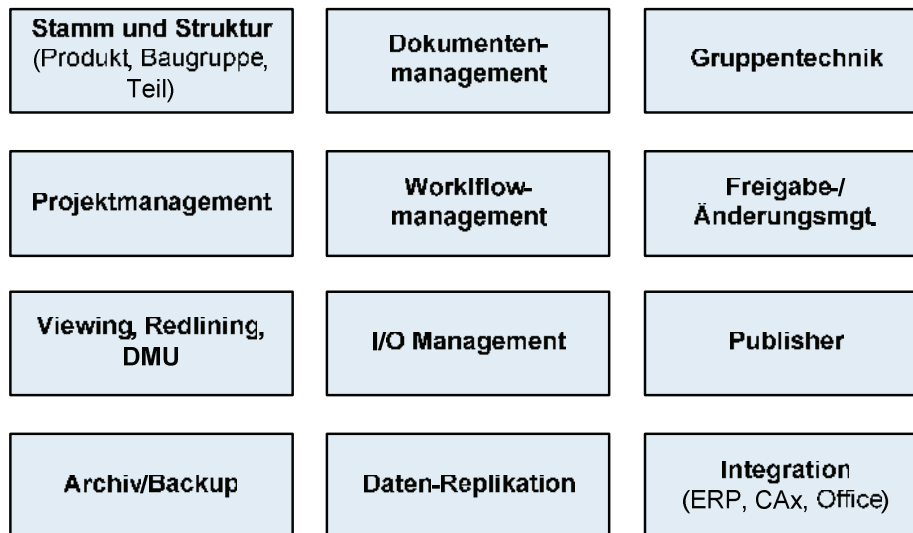


Abbildung 23: Grundfunktionen eines PDM-Systems⁹³

Als Standardfunktionen in allen marktüblichen PDM-Systemen sind die technische Stamm- und Stücklistenverwaltung, das Dokumentenmanagement und die Funktion der Klassifizierung durch Gruppendynamik enthalten. Eine erweiterte Funktionalität von PDM-Systemen sind ein vollständiges Konfigurations- und Projektmanagement, Publishing, Archivierungs- und Backup-Funktionen. Diese sind aber eher die Ausnahme.

Mit Hilfe eines Dokumentenmanagements wird die Zuordenbarkeit von beliebigen Dokumenten zu Produktstamm- und –strukturdaten gewährleistet. Die Komponente des Workflow-Managements ist bei PDM-Systemen meistens stark ausgeprägt. Werkzeuge zur interaktiven grafischen Beschreibung der parallelen und/oder sequentiellen Abläufe sind Hauptbestandteil des Workflow-Managements. Zur systematischen Verwaltung von verschiedenen Konfigurationsmodellen wird ein Konfigurationsmanagement verwendet. Dieses stellt die logische Konsequenz eines durchgängig eingeführten Produkt- und Prozessmanagements dar.⁹⁴

Wie schon weiter oben erwähnt ist die Stücklistenverwaltung eine Standard- und Hauptfunktion in vielen PDM-Systemen. Meistens wird unter der

⁹³ (vgl. Eigner and Stelzer, 2009, p. 36)

⁹⁴ (vgl. Eigner and Stelzer, 2009, p. 31 ff.)

Stücklistenverwaltung auch das Produktstrukturmanagement verstanden. Eine Produktstruktur definiert die Anzahl an verschiedenen Baugruppen und Teilen, welche für ein Produkt benötigt wird. Weiters lässt sich aus der Produktstruktur die Stückliste ableiten. In der Praxis gibt es verschiedenen Arten von Stücklisten, welche alle auf Basis der Produktstruktur gebildet werden. Diese verschiedenen Arten sind:

- Mengenübersichtsstückliste
- mehrstufige Strukturstückliste
- einstufige Baukastenstückliste

Eine einmalige Auflistung sämtlicher Baugruppen und Einzelteile und die Angabe der Gesamtmenge der jeweiligen Bauteile enthält die Mengenübersichtsstückliste. Auskünfte über die Zusammenbaustruktur über mehrere Ebenen werden über die Strukturstückliste bekannt gegeben. Eine Struktur in Form mehrerer verschiedener einstufigen Stücklisten stellt die Baukastenstückliste dar. Wobei jede einzelne Stückliste die Beschreibung einer Baugruppe enthält.⁹⁵

Wie diese verschiedenen Arten einer Stückliste in der Praxis aussehen, wird im weiteren Verlauf dieser Arbeit, am Beispiel des 3D-Druckers, noch besser und anschaulicher ersichtlich.

Als Product Lifecycle Management System findet in der Pilotfabrik Teamcenter 9 von Siemens Anwendung. Die theoretisch mögliche Aufgabenverteilung zwischen einem ERP und einem PDM System wird im Kapitel 3.5.1 behandelt. Die realisierte Aufgabenverteilung bzw. die konzipierte Schnittstelle zw. proALPHA und Teamcenter wird im Kapitel 5.2 präsentiert. Erwähnenswert sei auch noch, dass Teamcenter ebenfalls modular über ein Schichtenmodell aufgebaut ist.

3.4 Manufacturing Execution System (MES)

Für die konkrete Aufgabe der Fertigungsoptimierung arbeiten ERP-Systeme mit einem zu geringen Detailierungsgrad. Manufacturing Execution Systems sind im deutschen Sprachraum auch unter dem Begriff Fertigungsmanagementsysteme bekannt. Diese bieten eine sinnvolle funktionale Ergänzung, um sämtliche Fertigungsprozesse zeitnah zu planen und zu steuern. Des Weiteren ergibt sich durch MES-Systeme die Möglichkeit den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP) zu unterstützen.⁹⁶

Eine mögliche Form der Begriffsdefinition lautet:

⁹⁵ (vgl. Gerhard, 2016, p. 228)

⁹⁶ (vgl. Verein Deutscher Ingenieure, 2016b, p. 2)

„Ein Manufacturing Execution System (MES) ist ein Anwendungssystem für die Fertigung, das ERP-, CAx- und technische Steuerungssysteme um die Feinplanung, Steuerung und Überwachung der Fertigungsressourcen und der Fertigungsaufträge ergänzt.“⁹⁷

Wesentliche Hauptaufgaben von MES sind die kurzfristige Feinplanung und Steuerung der Fertigungsabläufe, Verwaltung und Überwachung der Fertigungsressourcen und der Fertigungsaufträge, Erfassung von Betriebs-/Maschinen-/Personaldaten, Auftragsrückverfolgung, Qualitätsmanagement, uvm. .

3.4.1 Historische Entwicklung⁹⁸

Beinahe alle gängigen MES wurden in den 1980er-Jahren entwickelt bzw. haben deren Ursprung in ähnlichen Systemen dieser Zeit. Das Computer-Integrated Manufacturing (CIM-Konzept) erlebte in dieser Zeit einen Höhepunkt, konnte allerdings mit damaligen Gegebenheiten nicht zielführend umgesetzt werden. Hauptziel des CIM-Konzeptes war die vollautomatisierte Durchführung von Produktionsprozessen und die Ausgliederung des Menschen aus dem Produktionsprozess. In den 1980er-Jahren haben sich sowohl betriebswirtschaftliche Informationssysteme (MRP, MRP II) als auch die gesamte IT-Infrastruktur rasant weiterentwickelt und verbessert. Im speziellen für MES entstanden folgende integrierte IT-Systeme: Betriebs- und Maschinendatenerfassungssysteme, Plantafelsysteme, Fertigungsleitstände, Prozessmonitore, Qualitätssicherungssysteme, und noch einige mehr. In den 1990er-Jahren trieb die internationale Organisation MESA (Manufacturing Enterprise Solution Association) federführend etliche Standardisierungsaktivitäten in Bezug auf MES voran. MESA veröffentlichte 1997 ein praktikables aufgabenorientiertes Referenzmodell mit elf Hauptaufgaben für die Anwendung in der Prozessindustrie. Im Jahr 2003 ergriff im deutschsprachigen Raum der VDI Initiative zur Strukturierung von MES-Aufgaben. Als Resultat dessen wurde die VDI 5600 veröffentlicht.

3.4.2 Funktionen und Einsatz⁹⁹

Folgende Abbildung soll das grundsätzliche MES-Konzept widerspiegeln. Hierbei leicht zu erkennen ist die Eingliederung von MES in die Unternehmenslandschaft. Vom VDI wurden zehn Hauptaufgaben bzw. Funktionen von MES definiert, welche im Anschluss kurz erläutert werden. Das Zusammenspiel dieser Aufgaben erlaubt eine geschilderte und umfassende Unterstützung des Fertigungs- und Produktionsprozesses. Die Inkludierung aller zehn Hauptaufgaben muss nicht notwendigerweise in einem Softwareprodukt vorhanden sein. Viel mehr hängt dies

⁹⁷ (Kurbel, 2016, p. 346 f.)

⁹⁸ (vgl. Verein Deutscher Ingenieure, 2016b, p. 14 f.)

⁹⁹ (vgl. Verein Deutscher Ingenieure, 2016b, p. 15 ff.)

von den Anforderungen des jeweiligen Anwenders ab. Verschiedenste MES Funktionen können im Baukastenprinzip in vielen Variationen individuell zusammengebaut werden.

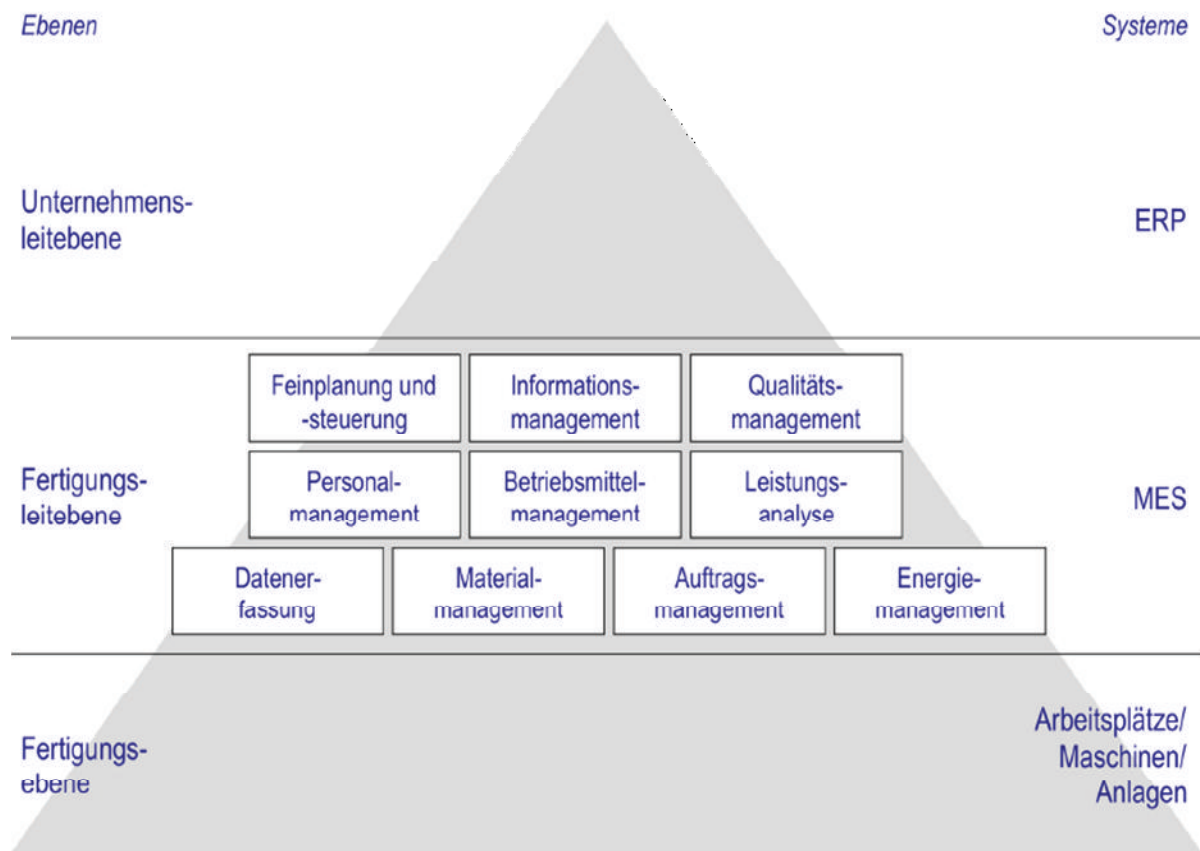


Abbildung 24: Einordnung von MES in den Leitebenen eines Unternehmens¹⁰⁰

- **Auftragsmanagement:** Ein zentraler Bestandteil einer MES-Funktionalität innerhalb eines Produktionsunternehmens ist das Auftragsmanagement, da der Auftrag üblicherweise der Auslöser aller Aktivitäten innerhalb der Produktion ist. Ohne Auftragsmanagement ist keine Feinplanung und –steuerung möglich.
- **Feinplanung und –steuerung:** Beinhaltet das Erstellen des Belegungsplans unter Berücksichtigung von Ressourcen- und Materialinformationen sowie diverser Regeln in Abhängigkeit der Produktionsziele oder des Arbeitsvorrats.
- **Betriebsmittelmanagement:** Beinhaltet das Verwalten und Bereitstellen der Betriebsmittel (Maschinen, Anlagen, Werkzeuge,...), aber auch das Sichern deren technischer Verfügbarkeit (Instandhaltung).
- **Materialmanagement:** Beinhaltet das Führen und Verarbeiten von Umlaufbeständen. Die Chargen- und Seriennummerverfolgung wird ebenfalls dieser Funktion zugeschrieben.

¹⁰⁰ (Verein Deutscher Ingenieure, 2016b, p. 8)

- **Personalmanagement:** Beinhaltet das Planen, Bereitstellen und Dokumentieren des Personals.
- **Datenerfassung:** Beinhaltet das Erfassen, Prüfen und Verarbeiten (in Form von Bereitstellen und Verdichten) der Daten aus dem Prozess.
- **Leistungsanalyse:** Beinhaltet das Bewerten und Analysieren der Prozesse mit dem Ziel, diese durch geeignete kurzfristige (Steuerung) und langfristige (Optimierung) Veränderungen zu regulieren.
- **Qualitätsmanagement:** Beinhaltet Maßnahmen zur Unterstützung der Produkt- und Prozessqualität. Darin enthalten sind die Funktionen Planen, Prüfen und Dokumentieren von Qualität und die Verwaltung der Prüfmittel.
- **Informationsmanagement:** Beinhaltet das Aufbereiten der Daten von den MES-Aufgaben oder von anderen Unternehmensbereichen und das Zuverfügungstellen dieser Informationen.
- **Energiemanagement:** Zielsetzung des Energiemanagements ist es, den Energieverbrauch in Unternehmen zu planen, systematisch zu erfassen, zu überwachen, zu steuern und letztlich zu senken. Dadurch können MES einen Beitrag zur energieeffizienten Fertigung beisteuern.

Abschließend soll hier noch erwähnt werden, dass vieles, was unter dem Begriff MES zusammengefasst wird, nicht unbedingt neu ist. Beispielsweise gibt es die Steuerung mit Hilfe von Fertigungsleitständen schon seit Mitte der achtziger Jahre, Personalzeit- und Betriebsdatenerfassungen waren schon lange davor in Unternehmen etabliert, das Qualitätsmanagement ist auch spätestens seit der Entstehung des Begriffs Total Quality Management (TQM) weit verbreitet. Allerdings hat es sich in der Vergangenheit immer um getrennte Ansätze gehandelt. Durch die Einführung der MES haben die vorhin erwähnten Begriffe dementsprechend ein gemeinsames Dach bekommen und können nun besser untereinander agieren.¹⁰¹

Ein Eigenständiges Manufacturing Execution System findet in der Pilotfabrik keine Anwendung, da proALPHA ein Modul besitzt, welches in das ERP System integriert ist, und vollständig die Aufgaben eines MES übernimmt. Dieses nannte sich **Advanced Planning and Scheduling (APS)**. ProALPHA APS organisiert die Fertigung und sorgt für einen machbaren Gesamtplan, so dass die Produktion optimiert werden kann. Der große Vorteil dieser integrierten Lösung besteht darin, dass keine Schnittstelle zwischen dem ERP System und dem MES konzipiert bzw. realisiert werden muss.

¹⁰¹ (vgl. Kurbel, 2016, p. 349)

3.5 Schnittstellen

Industrielle Informationssysteme bestehen heute meistens aus mehreren Subsystemen oder Komponenten, die entweder unter einem Softwareprodukt integriert arbeiten, oder über mehrere Schnittstellen mit verschiedenen Softwareprodukten zusammenarbeiten. Viele Informationssysteme besitzen in der Regel eine Client-Server-Architektur, wodurch sie weitgehend hardware- und betriebssystemunabhängig sind. Diese Eigenschaft erlaubt ihnen den Einsatz unterschiedlicher Datenbankverwaltungssysteme. Einer der Hauptvorteile besteht nun darin, dass Komponenten aus verschiedenen Softwarekomponenten individuell bezogen und kombiniert werden können. Falls eine Softwarekomponente eine Schnittstelle besitzt, erlaubt diese, dass genau definierte Funktionen im System zur Verfügung gestellt werden können. Weiters können Softwarekomponenten beliebig durch andere ersetzt werden, sofern sie die gleiche Schnittstelle und gleiche Funktionalität wie die Grundkomponente besitzen. Natürlich müssen die Schnittstellen zwischen den einzelnen Subsystemen definiert sein. Dies führt zu einem Nachteil der Client-Server-Architektur, denn die vollständige Definition einer Schnittstelle nimmt sehr viel Zeit in Anspruch und wird zudem umso komplexer, je höher der Globalisierungsgrad eines Unternehmens bzw. je höher der Vernetzungsgrad ist. Daher kann aktuell beobachtet werden, dass der Trend zu einer serviceorientierten Architektur (SOA) geht mit einer stärkeren Modularisierung. Durch eine serviceorientierte Architektur können Funktionen gekapselt und mit standardisierten Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass durch SOA lose gekoppelte Anwendungskomponenten ermöglicht werden. Bei einer SOA werden die Anwendungssysteme mithilfe mehrerer Schichten realisiert. Durch die Verwendung von verschiedenen Schichten kann eine klare Trennung von Benutzeroberfläche, Anwendungskomponenten, Basissystem und Datenbankzugriffen erfolgen. Folglich können Innovationen in den einzelnen Schichten einfacher und schneller realisiert werden. Ein konsequentes Schichtenmodell ermöglicht dies gemeinsam mit einer SOA und klaren Schnittstellendefinitionen mit relativ geringem Aufwand.¹⁰²

Im Folgenden wird nun ein Beispiel angeführt, wie eine Schnittstelle definiert werden kann. Diese Form der Definition ist für den weiteren Verlauf der Diplomarbeit ausreichend. Abbildung 25 soll dies schematisch darstellen.

¹⁰² (vgl. Hansen et al., 2015, p. 139 ff.)

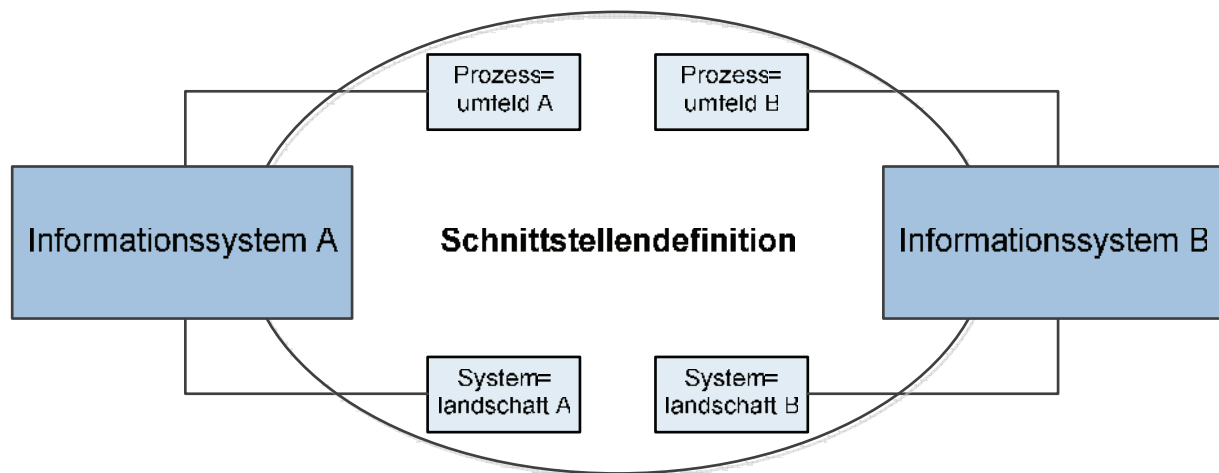


Abbildung 25: Schnittstellendefinition

Eine Schnittstelle hat die Aufgabe, zwei Systeme miteinander zu verbinden, um die notwendigen Daten- und Informationsflüsse zu gewähren. Jedes Informationssystem (IS) besteht aus einem Prozessumfeld eingebettet in einer Systemlandschaft. Die beiden zu verknüpfenden IS werden über die jeweiligen Prozessumfelde und Systemlandschaften miteinander verbunden. Für eine Konzepterstellung ist es ausreichend jedes einzelne Prozessumfeld und jede einzelne Systemlandschaft so genau wie möglich zu beschreiben. Mit diesen Informationen ist ein Softwareingenieur dann in der Lage, die Schnittstelle zwischen den IS in der geforderten Genauigkeit zu programmieren.

Im Speziellen wird nun noch näher auf die Schnittstelle zwischen ERP - PDM Systemen und auf die Schnittstelle zwischen ERP - MES Systemen eingegangen. Weiters ist genau die Schnittstelle zw. ERP und PDM sehr relevant für den im Anschluss folgenden praktischen Teil, da in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 genau jene Schnittstelle modelliert werden muss.

3.5.1 ERP – PDM¹⁰³

Der Engineering Prozess hält das „product backbone“ und der Produktionsprozess hält das „production backbone“. Im Bereich der Fertigungsplanung kann es dann durchaus vorkommen, dass sich diese überschneiden. Für die Auftragsbearbeitung und die Fertigungsplanung müssen die resultierenden Informationen aus den jeweiligen Systemen schließlich an die Programme zur Fertigungsplanung und –steuerung übergeben werden. Dabei ergibt sich das zentrale Problem, welches bereits seit der Einführung von ERP und PDM Systemen existiert, welches Programm diese Aufgabe übernimmt bzw. wie die Aufgabenteilung zwischen den Informationssystemen zu gestalten ist. Es muss also bestimmt werden, welches

¹⁰³ (vgl. Eigner and Stelzer, 2009, p. 301 ff.)

System die Hoheit über gewisse Informationen besitzt, und wie dabei die notwendigen Schnittstellen definiert werden müssen. Generelle Regel hierbei ist, so wenige Schnittstellen wie nur möglich zu schaffen.

Die Stamm- und Strukturdaten des Produktes stellen das zentrale Bindeglied dar, um die technischen Daten des PDM-Systems mit den dispositiven Daten des ERP-Systems zu verknüpfen. Vorteilhaft hierbei ist natürlich die Vorzüge jedes einzelnen Systems sinnvoll einzusetzen. Im Allgemeinen kann in drei verschiedene Varianten der Aufgabenteilung unterschieden werden, welche in Abbildung 26 ersichtlich sind. Grundvoraussetzung für alle Varianten ist allerdings, dass die Produktstruktur im PDM System gehalten wird.

In **Variante 1** hält das PDM System sämtliche technische Daten, welche für das Produkt relevant sind. Die Fertigungsstückliste verbleibt auch im PDM. Von dieser wird für die Fertigungsplanung und –steuerung eine 1:1 Kopie erstellt, welche dann ins ERP-System übertragen wird. Sämtliche Dokumente welche für ein Produkt notwendig sind, werden auch im PDM-System abgespeichert. Dadurch können benötigte Dokumentationen sehr rasch und einfach erstellt werden. Nachteilig in dieser Variante ist, dass das Interface zwischen den Systemen sehr komplex zu gestalten ist.

Bei **Variante 2** wird die Fertigungsstückliste ausschließlich im ERP-System verwaltet. Nach der Konstruktionsfreigabe wird hierfür dem ERP-System eine Kopie der Konstruktionsstückliste übergeben. Bei dieser Variante ist die Aufgabenteilung zwischen den Systemen am schwierigsten zu gestalten. Dabei entsteht ein hohes Risiko, inkonsistente Daten zu generieren. Weiters sind Freigabe- und Änderungsprozesse sehr komplex, da sie zwischen zwei verschiedenen Applikationen abgestimmt werden müssen.

Bei **Variante 3** hat das PDM-System lediglich die Aufgabe der Verwaltung aller CAD relevanten Daten. Alle anderen Daten, Konstruktionsstückliste und Fertigungsstückliste werden im ERP-System verwaltet. Auch die Stammdaten werden nur dort geändert und auch angelegt. Die Dokumentation wird auch im ERP-System erstellt, daher kann auch das notwendige Interface sehr einfach gehalten und gestaltet werden.

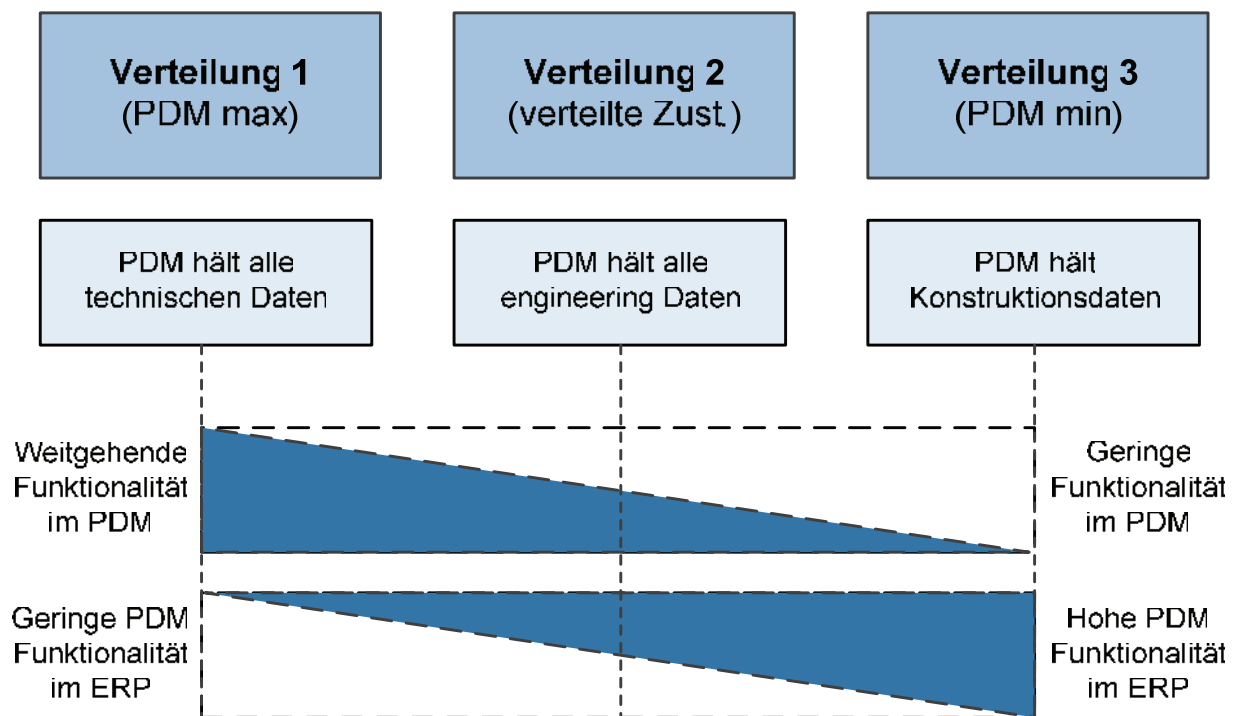


Abbildung 26: Optionen der Aufgabenteilung zwischen ERP und PDM

Wenn man Abbildung 26 näher betrachtet, wird schnell ersichtlich, dass es trotz den verschiedenen drei Varianten, sehr schwierig ist, die Aufgabenverteilung klar einer zu zuordnen. In der Praxis ist meist ein Zwischenfall aus Variante 1 und 2 bzw. aus Variante 3 und 2 aufzufinden. Dieser Fall trifft auch auf die TU Wien Pilotfabrik zu. Im Kapitel 5.2 werden die konkreten Schnittstellen in der Pilotfabrik im Detail beschrieben.

3.5.2 ERP – MES

Um erst die notwendigen Informationen aus den MES den ERP-Systemen übermitteln zu können, müssen MES mit den Maschinen und Anlagen in der Fertigung und Montage gekoppelt werden. Kann eine solche Kopplung nicht realisiert werden, sind die MES-spezifischen Aufgaben nicht oder nur unzureichend ausführbar. Des Weiteren müssen diese Kopplungen in nahezu allen Anwendungsfällen unterschiedlich konfiguriert und integriert werden. Daher ist es sehr sinnvoll die auszutauschenden Dateninhalte zwischen MES und Maschinen zu standardisieren und damit den manuellen Aufwand zur Definition dieser Schnittstelle zu minimieren. Hierfür gibt die VDI 5600/Blatt 3 einen sehr hilfreichen Rahmenplan vor.¹⁰⁴

¹⁰⁴ (vgl. Verein Deutscher Ingenieure, 2013, p. 3)

Die offene Lücke zwischen der Planung im ERP-System und der Ausführung in der Fertigung wird durch die Anwendung von MES geschlossen. Genauer ausgedrückt schließen MES die Lücke zwischen der betriebswirtschaftlichen Informationsverarbeitung im ERP-System und den technischen Steuerungssystemen im MES. Dadurch kann eine integrierte Informationsverarbeitung unterstützt werden. Die aus den MES gewonnenen Informationen über Fertigungsleitstände, Personalbelegungszeiten, etc. ... stehen im Kontext mit vielen anderen Industriellen Informationssystemen. Im Speziellen entstehen dabei Schnittstellen zu ERP-, SCM-, CRM-, und weiteren Systemen. Einen Überblick über die umgebenden Systeme und dabei entstehenden Schnittstellen samt den zu übermittelnden Informationen soll Abbildung 27 geben. Ähnlich wie bei allen anderen industriellen Informationssystemen soll auch die Anzahl bei MES aufkommenden Schnittstellen so gering wie möglich gehalten werden. Aus Gründen der Durchsichtigkeit soll auch die Aufgabenteilung zwischen den einzelnen Systemen sehr klar gehalten werden.¹⁰⁵

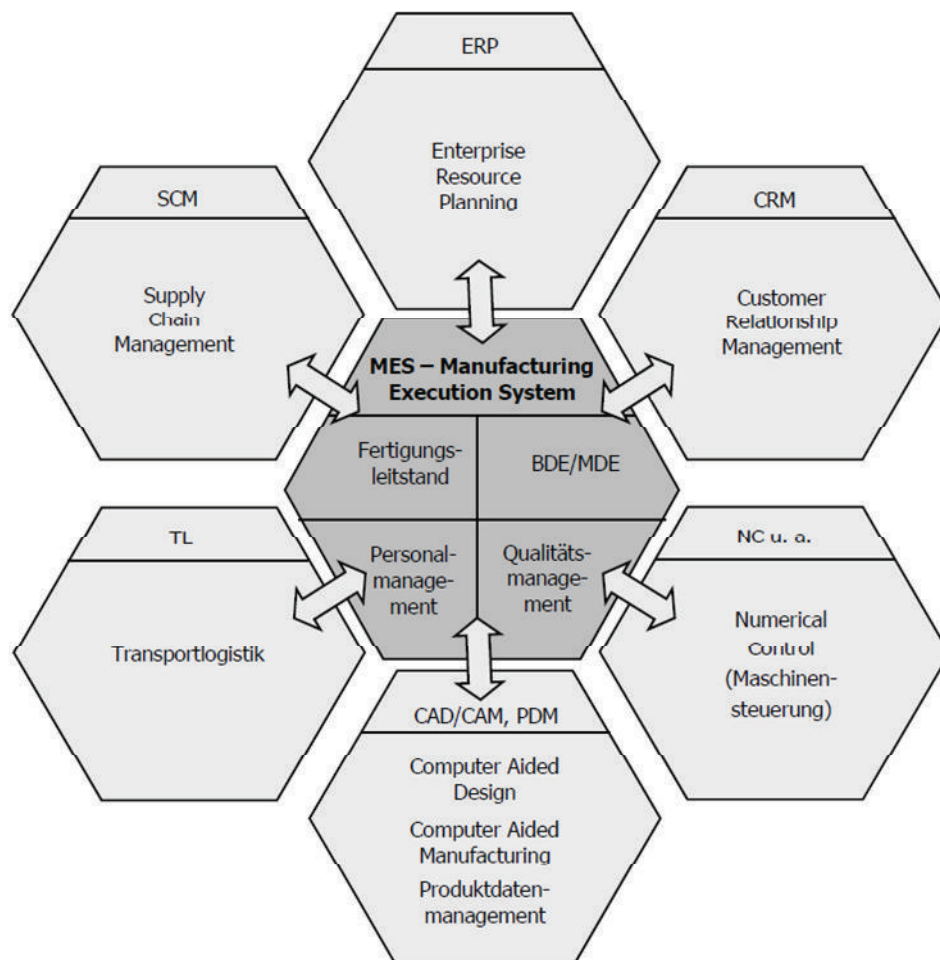


Abbildung 27: Umfeld und Schnittstellen von Manufacturing Execution Systems¹⁰⁶

¹⁰⁵ (vgl. Kurbel, 2016, p. 345 ff.)

¹⁰⁶ (Kurbel, 2016, p. 348)

4 Auftragsabwicklungsprozess in der Pilotfabrik

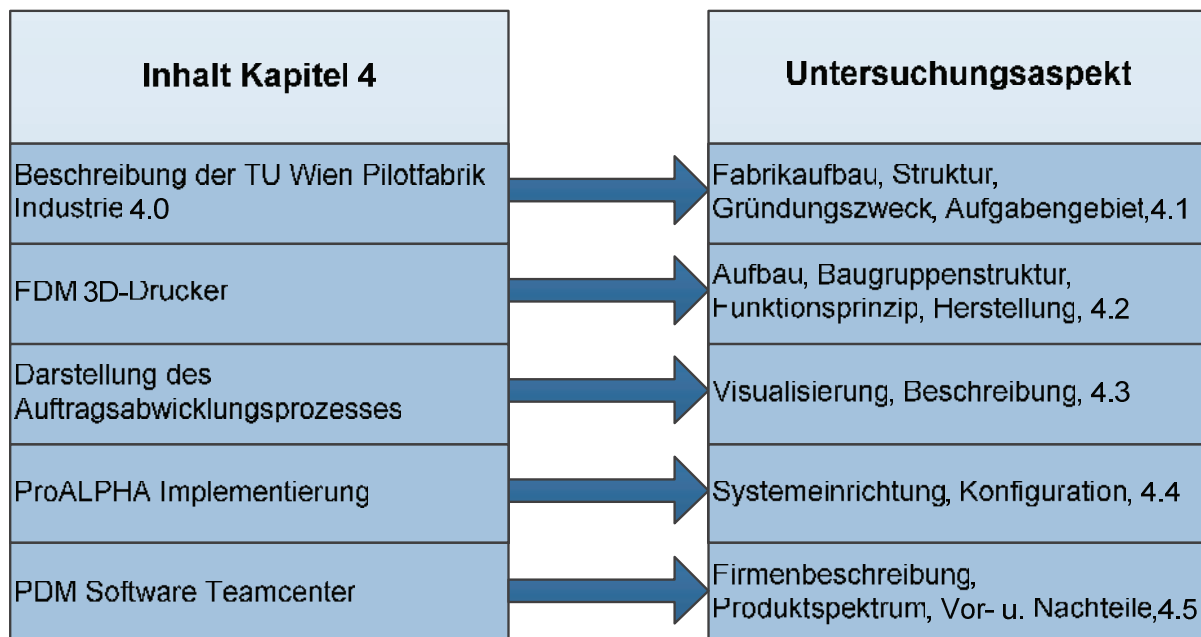


Abbildung 28: Aufbau Kapitel 4

In Abbildung 28 wird der Aufbau dieses Kapitels anhand des Inhalts sowie des jeweiligen Untersuchungsaspektes gezeigt. Das gesamte Kapitel 4 stellt den Hauptteil dieser vorliegenden Diplomarbeit dar. Hier werden die zuvor erarbeiteten theoretischen Grundlagen praxisnah angewandt, um so zu einer Lösung der zentralen Aufgabenstellung zu gelangen. Der erste Abschnitt gibt einen Einblick in die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0. Im Speziellen wird auf den Gründungszweck, den Fabrikaufbau, die Organisationsstruktur und die Aufgabengebiete eingegangen (Kap. 4.1). Anschließend wird das Demonstrationsobjekt, der FDM 3D-Drucker, welcher in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 gefertigt wird, kurz präsentiert. Etwas genauer wird hierbei auf den Aufbau bzw. die Baugruppenstruktur eingegangen. Mit dem Hintergedanken aus der Baugruppenstruktur die Arbeitspläne abzuleiten (Kap. 4.2). Als sozusagen „Hauptteil im Hauptteil“ wird dann der konkrete SOLL Auftragsabwicklungsprozess angeführt und beschrieben. Die mittels ARIS erstellte Visualisierung wird durch eigene Interpretationen ergänzt und soll so mehr Transparenz und Klarheit im Prozess bringen (Kap. 4.3). Danach werden die verwendeten Softwareprogramme und deren Hersteller beschrieben. Als ERP Programm kommt die Software des Unternehmens proALPHA zur Anwendung und als PDM Programm findet Teamcenter von Siemens Verwendung. Nach einer kurzen Firmenbeschreibung und der Vorstellung des Produktspektrums werden die Vor- und Nachteile der jeweiligen Softwarelösung diskutiert. Zusätzlich wird im Kapitel von proALPHA auch noch eine Dokumentation der gesamten Systemeinrichtung in die bestehende IT Verfahrenslandschaft angeführt (Kap. 4.4, 4.5).

4.1 TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0

4.1.1 Allgemeines¹⁰⁷



Abbildung 29: Logo Pilotfabrik Industrie 4.0

Um die Zukunft der Produktion aktiv zu gestalten, setzt die TU Wien mit der Pilotfabrik Industrie 4.0 einen wichtigen Schritt in diese Richtung. In der Pilotfabrik wird getestet und geforscht, wie die Zukunft der industriellen Produktion auszusehen hat. Dafür werden Strategien benötigt und um diese für die Industrie zu entwickeln, testen und verbessern zu können, benötigt man ebenfalls ein realistisches Testumfeld, echte Maschinen, echte Produktionsketten und ein echtes Produkt. Demonstrationsprodukt in der Pilotfabrik ist ein FDM 3D-Drucker, welcher in mehreren Varianten zur Verfügung stehen wird und im späteren Verlauf dieser Arbeit noch näher beschrieben wird. Die Pilotfabrik soll nicht nur wissenschaftliches Know-How über neue Produktionstechniken entwickeln und diese dann der Wirtschaft zur Verfügung stellen, sondern soll sie auch die Lehre an der TU Wien für Studierende praxisnah aufwerten. Erbaut wurde die Pilotfabrik in der Seestadt Aspern, in den ehemaligen Labors von researchTUB. Das Investitionsvolumen wird zu 50% vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie und zu 50% von der TU Wien mit über 20 Partnerunternehmen aus der Industrie getragen. Im August 2014 wurde die Gründung der ersten österreichischen Pilotfabrik angekündigt. Bereits ein Jahr später, im August 2015, konnte diese eröffnet werden.

Im Speziellen gilt die Pilotfabrik als Demonstrationsfabrik für Smart Production und Cyber-Physische Produktionssysteme. Schwerpunktmäßig erforscht sie neue Konzepte und Lösungen für die variantenreiche Serienproduktion im Bereich der diskreten Fertigung. Folgende Bereiche bzw. Anwendungsfelder werden durch die Pilotfabrik erfasst:

- spanabhebende Bearbeitungsverfahren in robotergestützten flexiblen Fertigungszellen
- robotergestützte Laserbearbeitungsverfahren zum Fügen/Trennen und Additive/Hybride Fertigung
- innerbetriebliche Logistik mit Fokus auf Lean Methoden und autonomen Handhabungssystemen
- lean Montage und Werker-Assistenzsysteme für Montageprozesse

¹⁰⁷ (vgl. <http://pilotfabrik.tuwien.ac.at/> (Gelesen am: 25.04.2017))

Als Zielsetzung verfolgt die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 drei inhaltliche Schwerpunkte, welche aus der universitären Forschung und Entwicklung sowie der Industrie stammen und nun kurz genannt werden:

- Stärkung der Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der Produktionstechnik
- Erweiterung der Ausbildungsaktivitäten in der akademischen Ausbildung wie auch in der berufsbegleitenden Weiterbildung für Unternehmensinteressenten
- Wissens-/Innovationstransfer auf Basis eines inhaltlich und wirtschaftlich nachhaltigen Konzeptes

Durch die genannte inhaltliche Ausrichtung der Pilotfabrik sollen die Unternehmensbranchen des allgemeinen Maschinenbaus, des Anlagenbaus und der Automobilbranche abgedeckt werden. Besonderer Schwerpunkt wird auf die Zielgruppe der KMU gelegt, für welche unter anderem folgende Inhalte der Pilotfabrik von Interesse sind:

- IT-Integration des gesamten Wertschöpfungsprozesses
- papierloser Auftragsdurchlauf
- Installation von MES-Funktionalität
- Dezentralisierung von Planungs- und Steuerfunktionen
- Verbesserung der Mensch-Maschine-Interaktion
- Konzepte zur Steigerung des Automatisierungsgrades unter den Gesichtspunkten der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit

4.1.2 Layout und Organigramm der Pilotfabrik¹⁰⁸

Um einen besseren Überblick über die Struktur und die Arbeitsweise der Pilotfabrik zu bekommen, wird an dieser Stelle das Organigramm der Pilotfabrik angeführt.

¹⁰⁸ (vgl. Gerhard et al., 2016, p. 1 ff.)

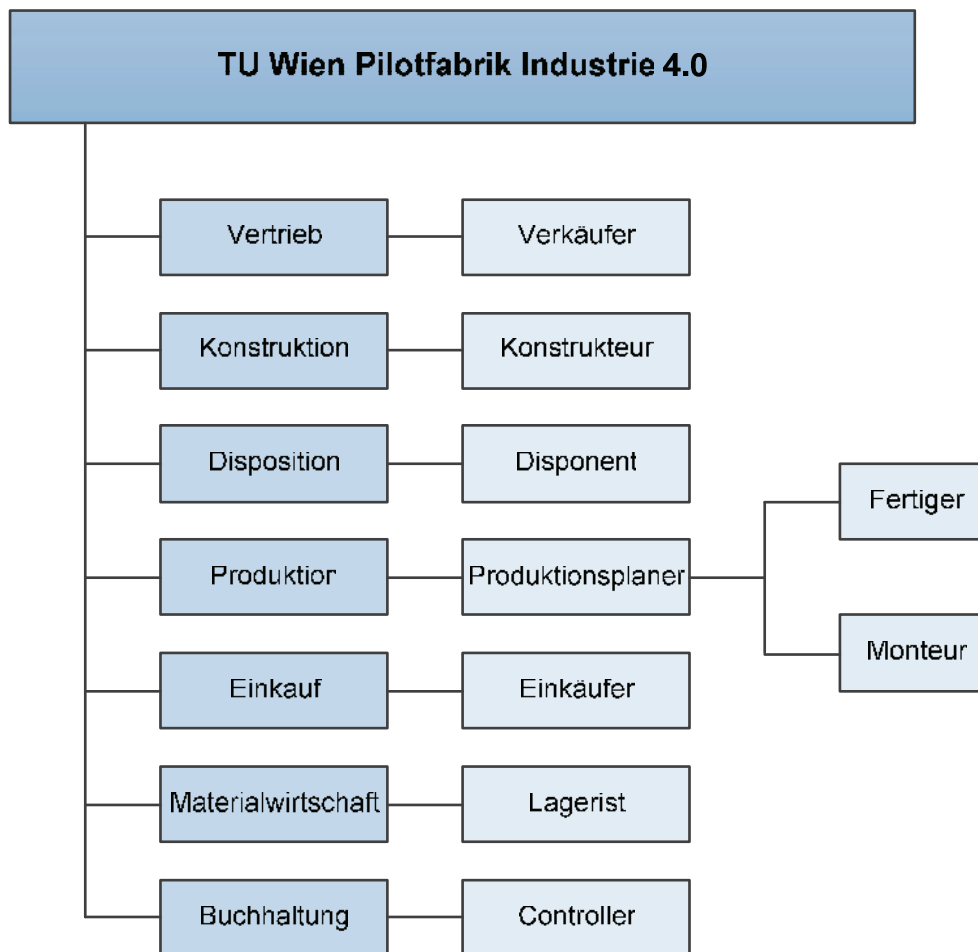
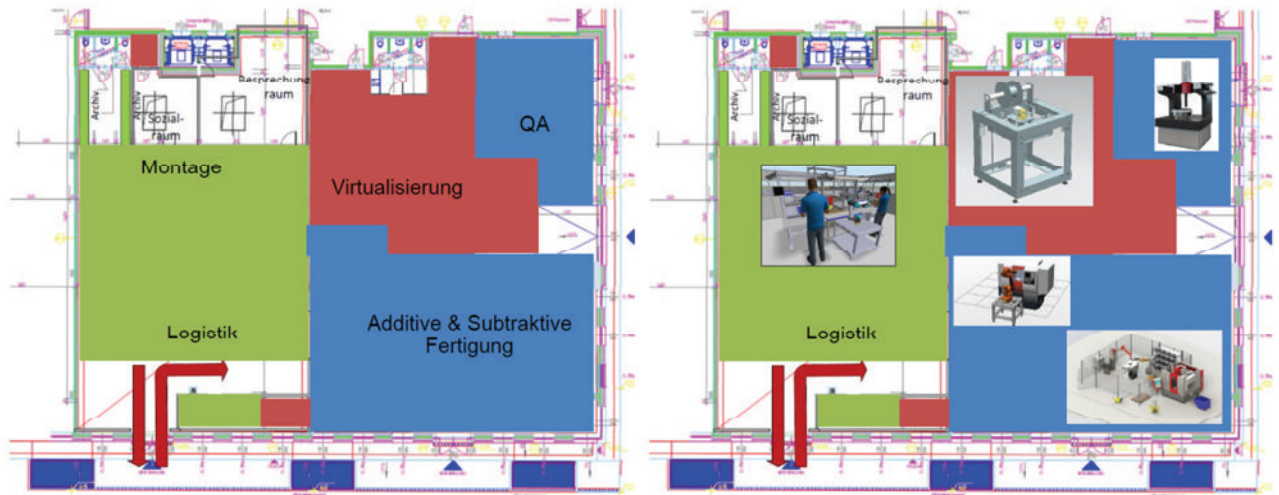


Abbildung 30: Organigramm der Pilotfabrik

Dieses Organigramm wurde selbst entworfen und ist stark abhängig von der proALPHA Nomenklatur. Den verschiedenen Abteilungen wurden jeweils Rollen zugeordnet. Dadurch soll die Rollenzuordnung zu den einzelnen Funktionen im Auftragsabwicklungsprozess besser verständlich sein. Größte Bedeutung für den zentralen Auftragsabwicklungsprozess in proALPHA haben die Rollen: Verkäufer, Disponent, Produktionsplaner bzw. Fertiger/Monteur und Einkäufer. Die Aufgaben der Buchhaltung besitzen zur Erfüllung dieser Diplomarbeit geringe Bedeutung, beispielsweise nur zur Zuordnung der Kostenstellen zu Arbeitsplätzen oder zur Fakturierung im Rechnungsprozess. Aus Gründen der Vollständigkeit wurde der Controller daher doch angeführt.

Der Arbeitsbereich in der Pilotfabrik ist im Groben in vier große Bereiche aufgeteilt. Diese vier Teilbereiche sind: Montage, Additive & Subtraktive Fertigung, Virtualisierung und Qualitätskontrolle. Das genaue Layout ist in der folgenden Abbildung ersichtlich.

Abbildung 31: Layout der Pilotfabrik¹⁰⁹

4.1.3 F&E-Inhalte der Pilotfabrik¹¹⁰

Der Aufbau der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 basiert auf einem mehrstufigem Aufbauplan, wobei man sich aktuell in der Phase 1 bzw. Initialphase befindet. Die Phase 1 lässt sich grob durch vier Anwendungsfelder charakterisieren, wobei jedem Anwendungsfeld verschiedene Forschungs- und Entwicklungsinhalte zugewiesen sind. Nachfolgend werden nun die verschiedenen Anwendungsfelder kurz zusammengefasst.

Anwendungsfeld A: Rekonfigurierbares, adaptives Produktionssystem/ Fertigungszelle inklusive Werkzeug- und Werkstückhandhabung

Hierbei soll für subtraktive und additive Technologien die komplette Auftragssteuerung softwaretechnisch über alle Ebenen hinweg implementiert werden. Um dies zu verwirklichen müssen Cyber-Physical Production Systems geschaffen werden, die Fertigung komplett und vollständig virtualisiert werden, alle Ebenen durchgängig und einheitlich vernetzt werden und eine flexible Steuerungsarchitektur zur Orchestrierung von Fertigungszellen entwickelt werden. Umgesetzt soll dies in State-of-the-Art Fertigungszellen werden, welche dann schrittweise in Cyber-Physical Production Systems umgebaut werden.

Anwendungsfeld B: Cyber-Physische Montagesysteme

Besonders in der Montage ist der Anteil an menschlicher Arbeit noch sehr hoch. In Zukunft besteht die Aufgabe darin, die Zusammenarbeit von Menschen und Maschinen möglichst effektiv und effizient zu gestalten. Die zentrale Herausforderung besteht hierbei in der Planung und Gestaltung derartiger Arbeitssysteme. Dafür sollen folgende Zielsetzungen formuliert werden:

¹⁰⁹ (Gerhard et al., 2016, p. 17 f.)

¹¹⁰ (vgl. <http://pilotfabrik.tuwien.ac.at/inhalte/anwendungsfelder/>) (Gelesen am: 26.04.2017)

- Demonstration von verschiedenen Szenarien der Mensch-Maschine/Roboter Zusammenarbeit in der Montage
- Demonstration von Virtual Reality/Augmented Reality Konzepten in der Montageplanung
- Demonstration der konsequenten echtzeitdatengetriebenen Planung und Steuerung von Montageprozessen

Zur Umsetzung sollen unter anderem fahrerlose Transportsysteme helfen, auf welchen das Werkstück mit intelligenten Werkstückträgern montiert ist.

Anwendungsfeld C: Adaptive Logistiksysteme

In der Fertigungsfabrik der Zukunft müssen Materialströme ständig auf Änderungen im Produktionsprozess angepasst werden. Nicht nur für Transport- und Lagersysteme ändern sich die Rahmenbedingungen, sondern auch Lager und Kommissionier Mitarbeiter müssen sich an die geänderten Anforderungen der Produktion anpassen. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden müssen intelligente Lagersysteme, innovative Kommissioniertechnologien, intelligente Transporteinheiten bzw. Materialbehälter und fahrerlose frei navigierende Transportsysteme entwickelt und getestet werden. Durch den Aufbau von adaptiven Logistiksystemen sollen diese Ziele erreicht werden. Das innovative Konzept Pick-by-Vision unter Einsatz von Augmented Reality findet hierbei auch Verwendung.

Anwendungsfeld D: IT Integration und Digitaler Zwilling

Die in der Pilotfabrik zur Anwendung kommenden Fertigungseinrichtungen, Logistik-Komponenten und Montagesysteme müssen zuerst über eine IT- und Automatisierungsebenen integriert vernetzt werden um so die notwendigen Daten- und Informationsflüsse gewährleisten zu können. Daher muss im ersten Schritt ein Gesamtkonzept der IT Architektur der Pilotfabrik entwickelt werden. Insbesondere unter Berücksichtigung aller Anwendungsfelder und Demonstrationsszenarien. Weiters soll in der Pilotfabrik eine durchgängige Repräsentation des realen Produktionssystems in der virtuellen Welt umgesetzt werden. In der nachfolgenden Abbildung sind alle notwendigen Informationssysteme und softwaretechnischen Komponenten abgebildet und erläutert um eine reibungslose Steuerung der Pilotfabrik zu gewährleisten. Die auftretenden Schnittstellen zwischen den einzelnen Systemen und die relevanten Systemzusammenhänge sollen durch diese Abbildung auch klarer ersichtlich werden.

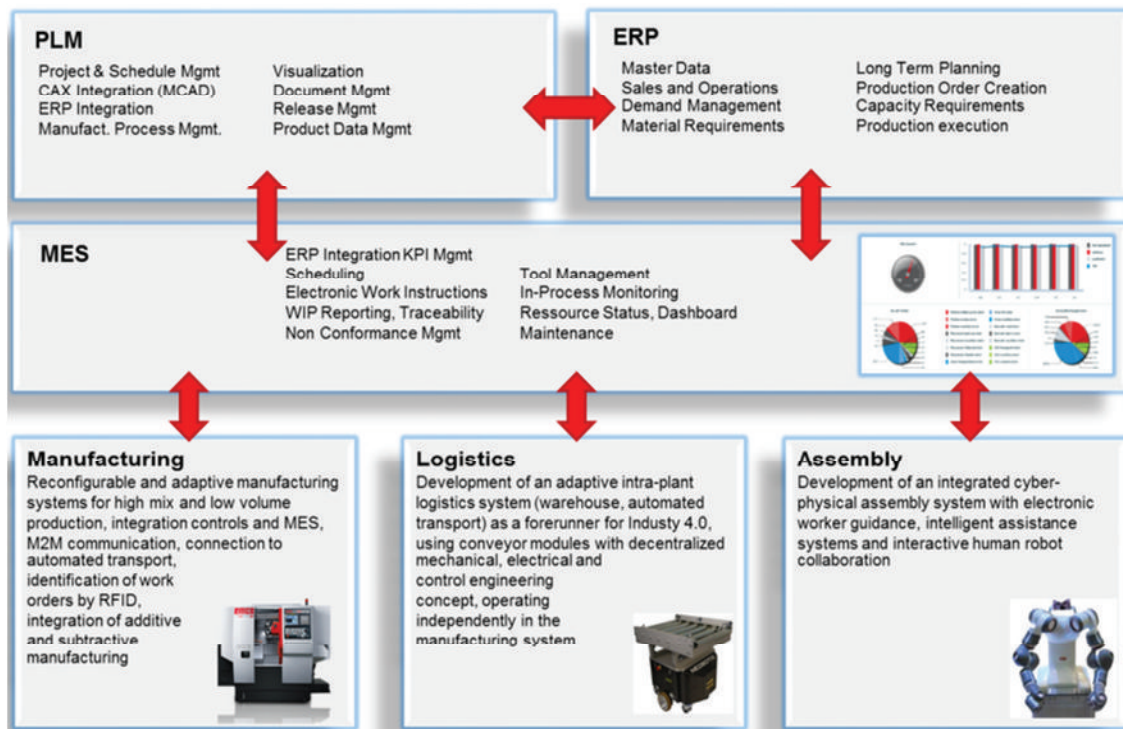


Abbildung 32: Vertikale IT Infrastruktur in der Pilotfabrik

4.2 FDM 3D-Drucker

Wie schon weiter oben in dieser Arbeit erwähnt ist das zu fertigende Demonstrationsobjekt in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 ein FDM 3D-Drucker. In diesem Unterkapitel soll nun dieser 3D Drucker näher beschrieben. Zu Beginn wird das Funktionsprinzip eines Fused Deposition Modeling 3D Druckers erläutert. Im Anschluss daran wird auf den Aufbau des 3D-Druckers eingegangen. Jede Baugruppe wird bezüglich ihrer Erzeugnis Struktur beschrieben. Unter der Erzeugnis Struktur wird die jeweilige Baukastenstückliste angeführt. Der gesamte FDM 3D-Drucker ist auf 3 Baugruppenebenen aufgebaut. Die Nummernvergabe der einzelnen Baugruppen wurde rein alphanumerisch vorgenommen und lässt keine Rückschlüsse auf die Zugehörigkeit zu einer Baugruppenebene führen.

4.2.1 Funktionsprinzip eines FDM 3D-Druckers¹¹¹

Ein Fused Deposition Modelling Prozess, auf Deutsch auch Schmelzschichtung bezeichnet, ist ein additiver Fertigungsprozess, welcher aus dem Bereich des Rapid Prototyping stammt. Das zu fertigende Produkt wird wulstartig über mehrere Kunststoffschichten bzw. Ebenen aufgebaut. Es muss sich allerdings um schmelzfähige Kunststoffe handeln. Unter anderen, werden ABS, PC, PPS und verschiedene Wachse verarbeitet. Herausragende Ergebnisse werden durch diesen Prozess bei der Fertigung von sehr komplexen Bauteilen erzielt. Komplexe

¹¹¹ (vgl. Urbanic and Hedrick, 2015, p. 2 ff.)

Strukturen können sehr einfach realisiert werden, was dem Konstrukteur erlaubt auf Standardlösungen für seine Problemstellung zu verzichten und eine individuelle Lösung zu entwickeln. Lediglich der Bauteilgröße, der Oberflächenbeschaffenheit und der Genauigkeit sind Grenzen gesetzt. Wobei an der Behebung dieser Nachteile schon sehr intensiv auf allen Ebenen geforscht wird. Ein weiterer Vorteil dieses Prozesses liegt darin, dass keine Fertigungszeichnungen erstellt werden müssen. Da sich der 3D-Drucker die notwendigen Informationen zur Bauteilherstellung direkt aus dem CAD Programm holt. Am häufigsten wird dieser Prozess zur Prototypenfertigung verwendet, da hierbei die geringsten Aufwände entstehen. Auch bereits im Werkzeugbau finden immer vermehrter FDM Prozesse Anwendung, nicht zuletzt auf Grund deren hoher Wirtschaftlichkeit. Nach dem Verlassen einer temperierten Extruderdüse wird der Kunststoff wulstartig und Schicht für Schicht auf das Bauteil aufgetragen. Die Bindung zwischen den einzelnen Schichten erfolgt durch molekulare Diffusion. Zusammenfassend kann erwähnt werden, dass der FDM Prozess viele Vorteile besitzt, ihm jedoch auch gewisse Grenzen gesetzt sind. Für jedes Bauteil muss individuell entschieden werden, welcher Fertigungsprozess unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit angewandt wird.

4.2.2 Aufbau des 3D-Druckers

Wie schon weiter oben erwähnt, besteht der 3D-Drucker aus 3 Baugruppenebenen. Abbildung 33 zeigt diese 3 Ebenen und deren zugehörigen Unterbaugruppen. Die Gesamtbaugruppe 3D-Drucker stellt die Hauptbaugruppe des 3D-Druckers dar, welche mit der Ebene 1 bezeichnet wird. Beispielhaft für alle anderen Baugruppen und Unterbaugruppen wird in Tabelle 4 die Baukastenstückliste der Gesamtbaugruppe 3D-Drucker dargestellt. Alle fett markierten Positionsnummern in der Baukastenstückliste entsprechen Unterbaugruppen und sind repräsentativ für die Ebene 2. In der Baukastenstückliste der Ebene 2 sind wiederum die fett markierten Positionsnummern repräsentativ für die Ebene 3. Weiters beinhaltet die jeweilige Baukastenstückliste alle Einzelteile und Baugruppen, welche zur Montage der gesamten Baugruppe notwendig sind. Zusätzlich sind in der Stückliste auch die Kostenstellen für die Einzelteilmontage hinterlegt worden, samt zugehörigem Arbeitsplatz. Dadurch können die gesamten anfallenden Kosten während der Produktion des 3D-Druckers relativ rasch ermittelt werden. Zusammengebaut wird die Gesamtbaugruppe 3D-Drucker auf den Hauptmontagearbeitsplätzen AP001 - AP004. Alle anderen Baugruppen werden auf den Vormontagearbeitsplätzen AP005-AP008 vormontiert um in weiterer Folge dann auf den Hauptmontagearbeitsplätzen in den 3D-Drucker eingebaut zu werden. Den Hauptmontagearbeitsplätzen und den Vormontagearbeitsplätzen sind auch Kostenstellen zugeordnet worden. Aus Gründen der Vollständigkeit werden alle weiteren Baukastenstücklisten der Unterbaugruppen im Kapitel 7 (Anhang) angeführt. Für nähere Informationen zu den Montagearbeitsplänen und Einzelteilmontageplänen wird auf die Diplomarbeit von

Herrn Ing. Ulrich Robert, BSc verwiesen. In Abbildung 34 ist das CAD Modell der Gesamtbaugruppe des 3D Druckers ersichtlich.

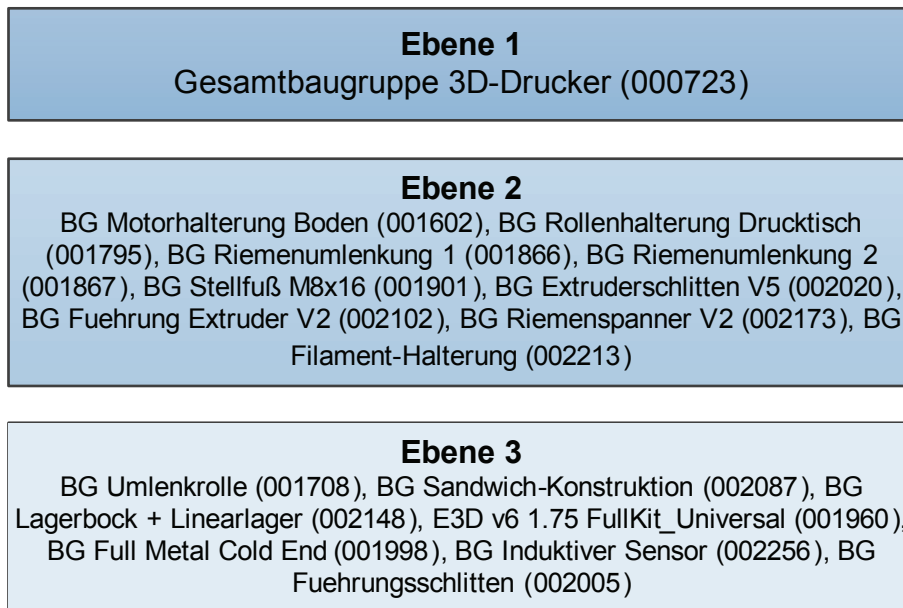


Abbildung 33: Baugruppenebenen 3D-Drucker

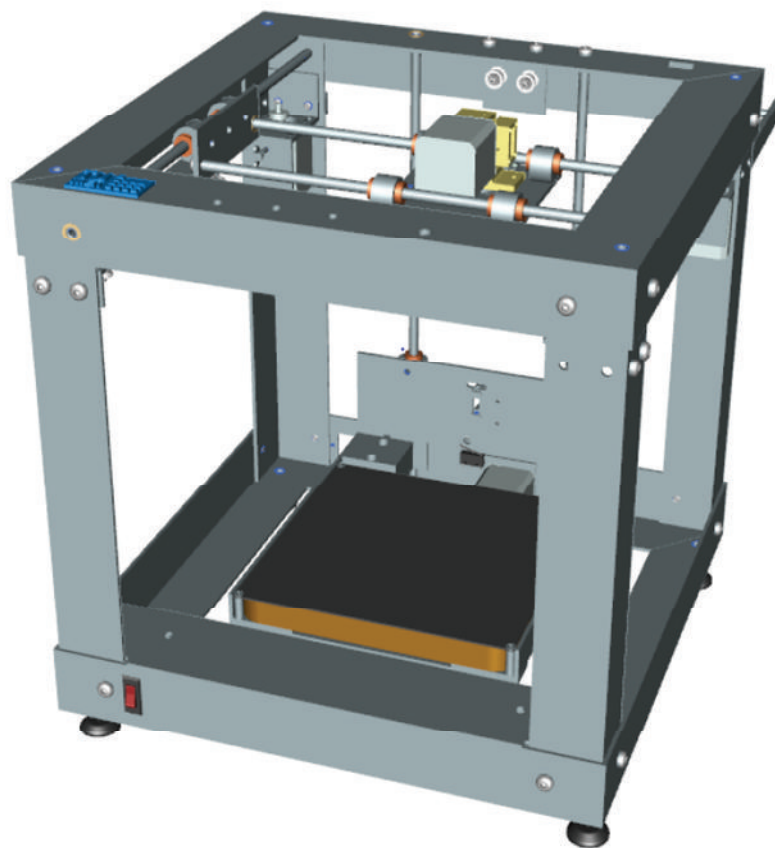


Abbildung 34 Gesamtbaugruppe 3D-Drucker

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostenstelle
1	000725	A	Winkelprofil Rahmenunterseite Elektronikabdeckung	1	AP102	2102
2	000736	A	Winkelprofil Rahmen Vertikal	4	AP102	2102
3	000737	A	Winkelprofil Rahmenunterseite	1	AP102	2102
4	000740	A	Sechskantmutter ISO 4032 M6	4		
5	000741	A	Winkelprofil Rahmenoberseite	2	AP102	2102
6	001242	A	Riemenrolle - GT2Pulley	2		
7	001563	A	Fuehrungsstange Schlittenfuehrung	2	AP101	2101
8	001566	A	Fuehrungsstange Z	2		
9	001602	A	BG Motorhalterung Boden	1		
10	001709	A	BG Rollenhalterung Drucktisch	1		
11	001733	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x6	8		
12	001777	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M6x10	2		
13	001795	C	BG Drucktisch	1		
14	001866	A	BG Riemenumlenkung 1	1		
15	001867	A	BG Riemenumlenkung 2	1		
16	001876	A	Scheibe ISO 7089 - 6	36		
17	001901	A	Stellfuss M8x16	4		
18	001911	A	Elektronik Abdeckung	1	AP102	2102
19	001946	A	Platine	1		
20	002013	A	Buchse IGUS GFM-0809-08	4		
21	002020	A	BG Extruderschlitten V5.5	1		
22	002046	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M6x55	2		
23	002053	A	Wippschalter-Stromversorgung	1		
24	002102	A	BG Fuehrung Extruder V2	1		
25	002109	A	Winkelprofil Rahmenunterseite	4		
26	002173	A	BG Riemenpanner V2	2		
27	002176	A	Linsenflachkopfschraube ISO7380 M6x16	12		
28	002209	A	Linsenflachkopfschraube ISO7380 M6x8	14		
29	002213	A	BG Filament-Halterung	1		
30	002217	A	Distanzmutter HTSN-M3-10-6-2	8		
31	002225	A	RaspberryPi-3.0	1		
32	002226	A	LOGO_Pilotfabrik_TU-Wien	1		

Tabelle 4: Stückliste Gesamtbaugruppe 3D-Drucker

4.3 Konzept des Auftragsabwicklungsprozesses

Bevor nun der Auftragsabwicklungsprozess im Detail dargestellt und beschrieben wird, wird auch die Vorgehensweise bei der Erarbeitung dieses Prozesses erläutert. Im Groben kann man die Entwicklung dieses Prozesses in drei Phasen unterteilen.

Jede dieser Phasen besteht auch noch aus mehreren Unterpunkten, welche allerdings hierfür keine Wichtigkeit besitzen.

- Phase 1: Auf Basis des Buches *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in der Industrie* von Karl Kurbel wurde ein allgemeiner Auftragsabwicklungsprozess erstellt.¹¹²
- Phase 2: Der daraus resultierende Vorentwurf eines möglichen Auftragsabwicklungsprozesses wurde in der Phase 2 auf die TU Wien Pilotfabrik angepasst. Besonderes Augenmerk lag hierbei auf einer möglichst transparenten Aneinanderreihung der notwendigen Ereignisse und Funktionen.
- Phase 3: Im letzten Schritt wurde der Auftragsabwicklungsprozess noch an die Nomenklatur und an die Begriffsdefinitionen von proALPHA angepasst. Zusätzlich wurde der Prozess auch an die Möglichkeiten des ERP Programmes von proALPHA adaptiert. Als Wissensbasis hierfür dienten die vier Grundlagenschulungen in der proALPHA Academy in Weilerbach.

Der gesamte Auftragsabwicklungsprozess wurde mit der Studentenversion der Software ARIS 9 modelliert. Hierbei kam eine erweiterte EPK zum Einsatz. Die notwendigen Ereignisse und Funktionen wurden zur besseren Verdeutlichung des Prozessumfeldes mit zugehörigen Rollen und Dokumenten versehen.

Zur besseren Visualisierung und Nachvollziehbarkeit des Auftragsabwicklungsprozesses, wurde dieser in einige Unterprozesse aufgeteilt. Einen groben Überblick über den gesamten Auftragsabwicklungsprozess soll der **Vertriebsprozess** geben. Diesen untergliedert befinden sich der **Produktionsprozess**, der **Versandprozess** und der **Rechnungsprozess**. Der Produktionsprozess beinhaltet mit dem **Beschaffungsprozess** noch eine weitere Unterteilungsebene.

Der nun vorgestellte Auftragsabwicklungsprozess soll ein SOLL-Konzept darstellen. Die Begrifflichkeiten und Abläufe wurden bereits teilweise an proALPHA angepasst. Jedoch besteht in dieser Arbeit nicht die Absicht, den Prozess rückwirkend (also nach der Dokumentation des Testdurchlaufes) nochmals an die proALPHA Konfiguration in der Pilotfabrik anzupassen. Vielmehr sollen Unterschiede vom theoretisch erarbeiteten Konzept zum realen Testdurchlauf aktiv herausgearbeitet werden, um dadurch wichtige Erkenntnisse zu gewinnen. Erkenntnisse bezüglich der methodischen Vorgehensweise bei der Erarbeitung dieser Aufgabenstellung, aber auch Erkenntnisse bezüglich der praxisnahen Umsetzbarkeit der Aufgabenstellung mit dem ERP Softwareprodukt von proALPHA.

¹¹² (vgl. Kurbel, 2016, p. 220 ff.)

4.3.1 Vertriebsprozess



Abbildung 35: Vertriebsprozess Teil 1

Indem sich der Kunde im Webkonfigurator (Produktkonfigurator) anmeldet, werden seine Kundenstammdaten aufgenommen. Durch die erstellte Kundenkonfiguration wird durch den Vertrieb ein Vertriebsauftrag erstellt. Danach wird noch überprüft, ob sich das gewünschte Produkt bereits im Lager befindet oder, ob noch eine Eigenleistung erbracht werden muss. Da allerdings in der Pilotfabrik auftragsbezogen produziert wird und jedes Produkt individuell nach den Kundenwünschen konfiguriert werden kann, muss man davon ausgehen, dass sich nie ein fertiges Produkt bereits im Lager befindet. Weiters gelangt man dann in den Produktionsprozess.

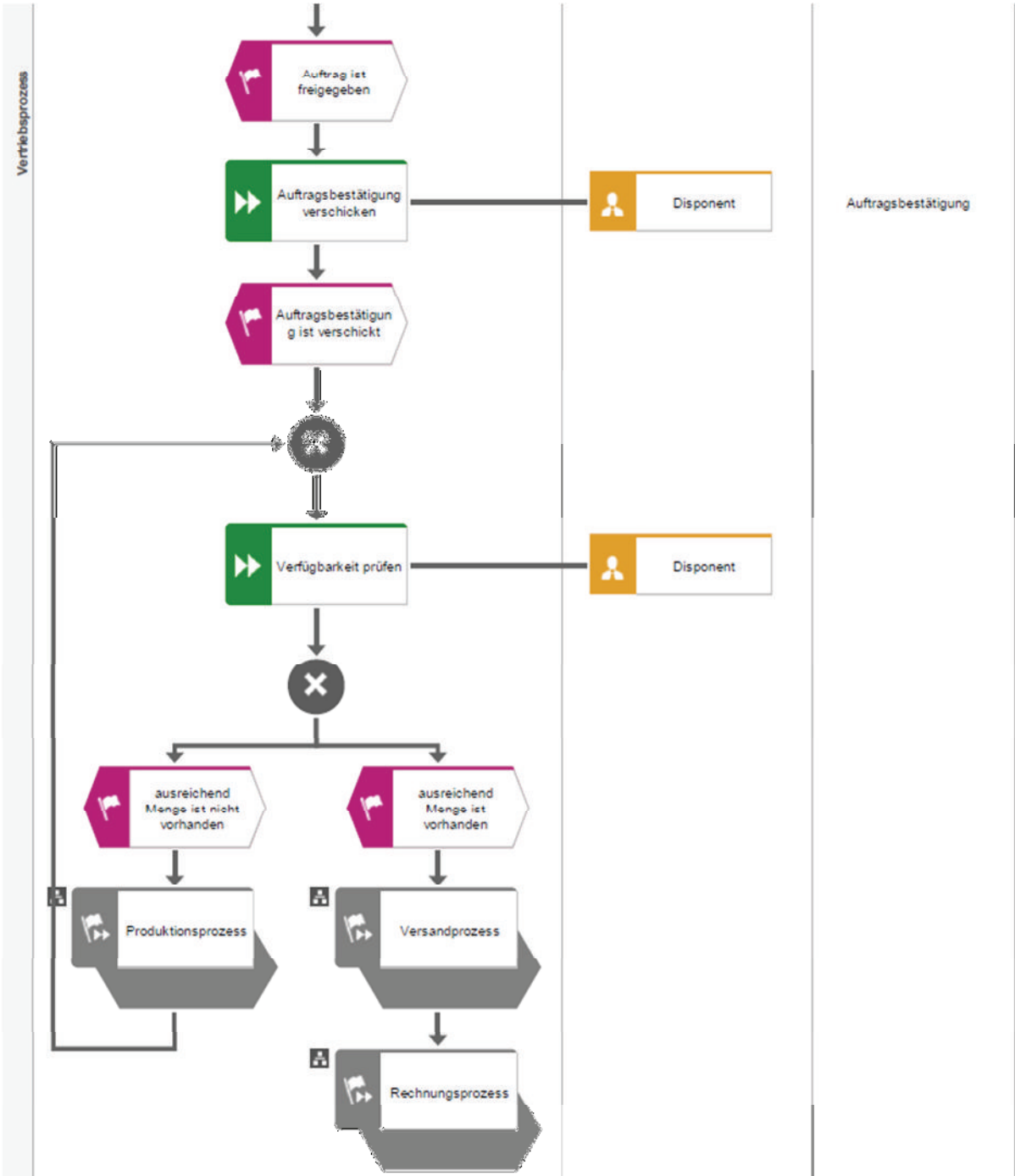


Abbildung 36: Vertriebsprozess Teil 2

4.3.2 Produktionsprozess

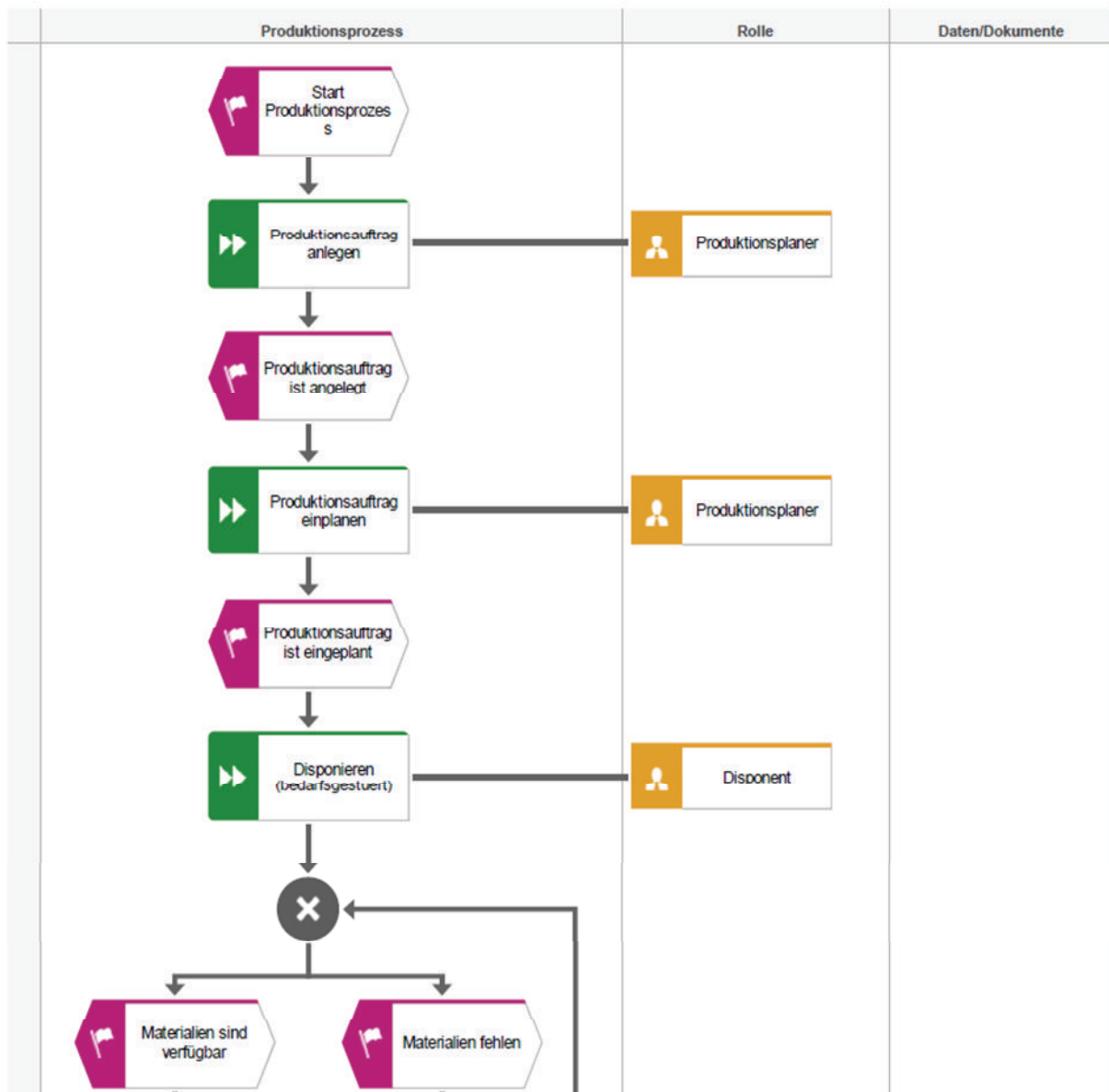


Abbildung 37: Produktionsprozess Teil 1

Nach dem Erstellen eines Vertriebsauftrages wird der Produktionsauftrag erstmals eingeplant. Weiters wird bedarfsgesteuert disponiert, da ja in der Pilotfabrik nur produziert wird, wenn auch ein Bedarf vorhanden ist. Als Ergebnis der Disposition kommt ein Dispositions-vorschlag hervor. Falls dieser angenommen wird, wird der zuvor eingeplante Produktionsauftrag schlussendlich auch freigegeben.

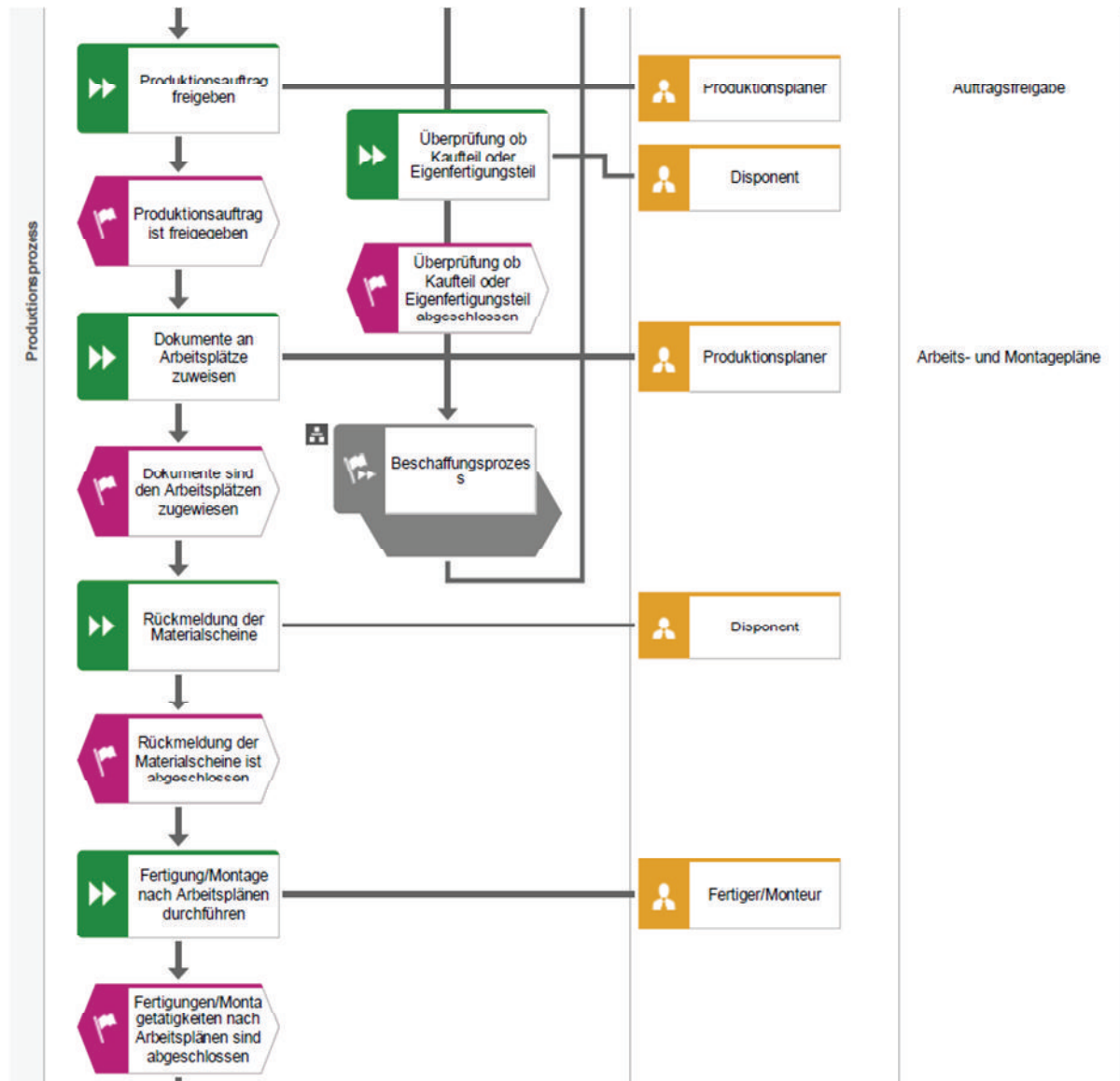


Abbildung 38: Produktionsprozess Teil 2

Erwähnenswert sei hierbei noch, dass bei den Funktionen „Dokumente an Arbeitsplätze zuweisen“ und „Aktivitäten Rückmelden“ eine Schnittstelle zwischen ERP System und Maschinenterminal besteht. Welche im Kapitel 5.2.2 konzipiert wird.

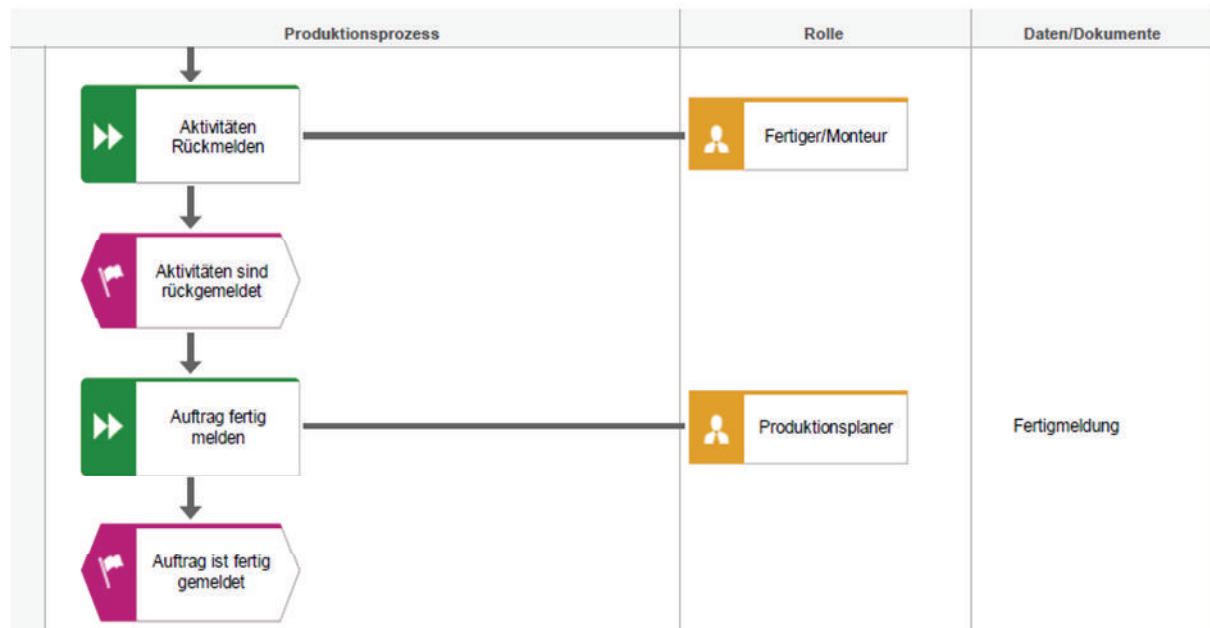


Abbildung 39: Produktionsprozess Teil 3

Als Disposition werden alle Maßnahmen bezeichnet, um die Verfügbarkeit von Material und Dienstleistungen sicherzustellen. Die Disposition dient der Bereitstellung von Teilen und Dienstleistungen für andere betriebliche Bereiche. Weiters dient sie zur Bereitstellung von Materialressourcen für die Fertigung. Die Disposition unterstützt somit die Optimierung. Grundlagen der Disposition sind die Primärbedarfe aus beispielsweise Vertriebsaufträgen und die Sekundär- und Tertiärbedarfe aus Produktionsaufträgen. Die primäre Aufgabe der Disposition ist daher das Versorgen von ungedeckten Bedarfen mit Deckungen. Grundsätzlich ist in proALPHA eine einstufige Disposition realisiert. Im ersten Schritt erfasst proALPHA einen Primärbedarf aus beispielsweise Vertriebsaufträgen. Nach dem Durchführen eines Dispositionslaufes wird auf Grund des Primärbedarfs ein Dispositionsvorschlag generiert. Handelt es sich bei dem Teil um ein Kaufteil, generiert ein Disponent eine Anfrage oder eine Bestellung aus dem Dispositionsvorschlag. Handelt es sich um ein Eigenfertigungsteil, wird ein Produktionsauftrag aus dem Dispositionsvorschlag freigegeben.

Die Disposition erfolgt bedarfsgesteuert. Bedarfe werden durch Produktionsaufträge erzeugt. Bei der Disposition werden Lagerbestände sowie Bedarfe und Deckungen berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man Dispositionsvorschläge, welche sich aus der eingestellten Dispositionsart und dem Bestellverfahren ergeben.

Für Teile der Teilearten 04 (Konfigurationsteile) und 07 (Variantenteile) ist die Kommissionsführung zwingend, bzw. muss diesen Teilen eine Kommissionsnummer zugewiesen werden. Ihre Eigenschaften werden bei der Auftragserfassung individuell angelegt, sie werden auftragsbezogen gefertigt und gelagert. Die zu einer

Kommission gehörenden Geschäftsvorgänge sind in proALPHA unter bestimmten Voraussetzungen durch eine Kommissionsnummer miteinander verbunden.¹¹³

Montagevorgänge (Montagearbeitspläne) werden in proALPHA über Prozesse verwaltet, wobei einem Prozess können mehrere Aktivitäten zugeordnet werden. Alle Aktivitäten, welche nötig sind, um das Produkt zu erzeugen werden über Kostenartengruppen in der Finanzbuchhaltung verbucht. Die angelegten Stücklisten werden den Prozessen zugeteilt.

Die Funktion *Produktionsauftrag einplanen* wird durch den Befehl Optimierung freigesetzt. Dabei wird die Terminfindung bei der Terminierung durch die hinterlegten Rüst- und Bearbeitungszeiten der Prozesse berechnet. Des Weiteren werden die Produktionsmenge, die Material- und Kapazitätsverfügbarkeit und Kapazitätseinlastungen berücksichtigt.¹¹⁴

4.3.3 Beschaffungsprozess

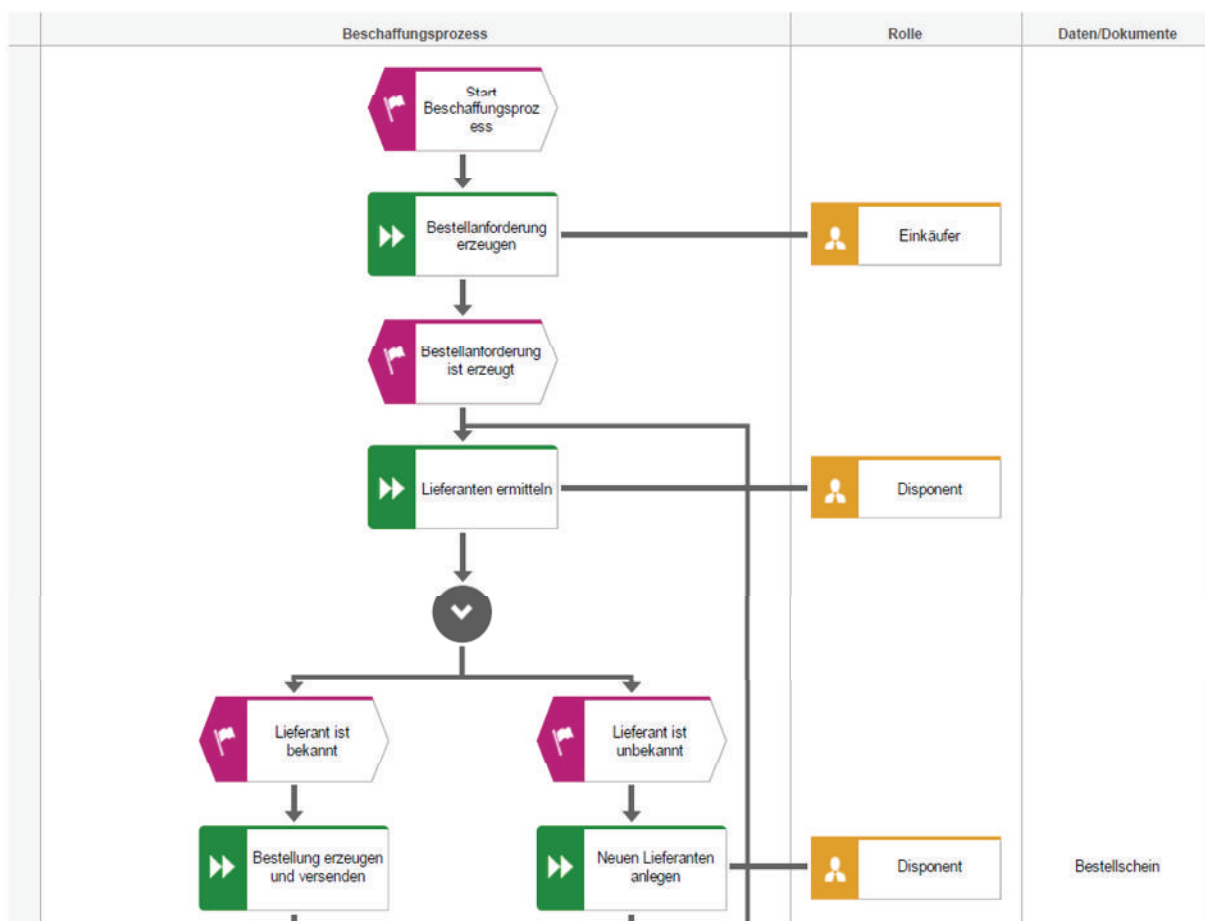


Abbildung 40: Beschaffungsprozess Teil 1

¹¹³ (vgl. proALPHA Consulting GmbH, 2017, p. 97 ff.)

¹¹⁴ (vgl. proALPHA Consulting GmbH, 2016, p. 45 ff.)

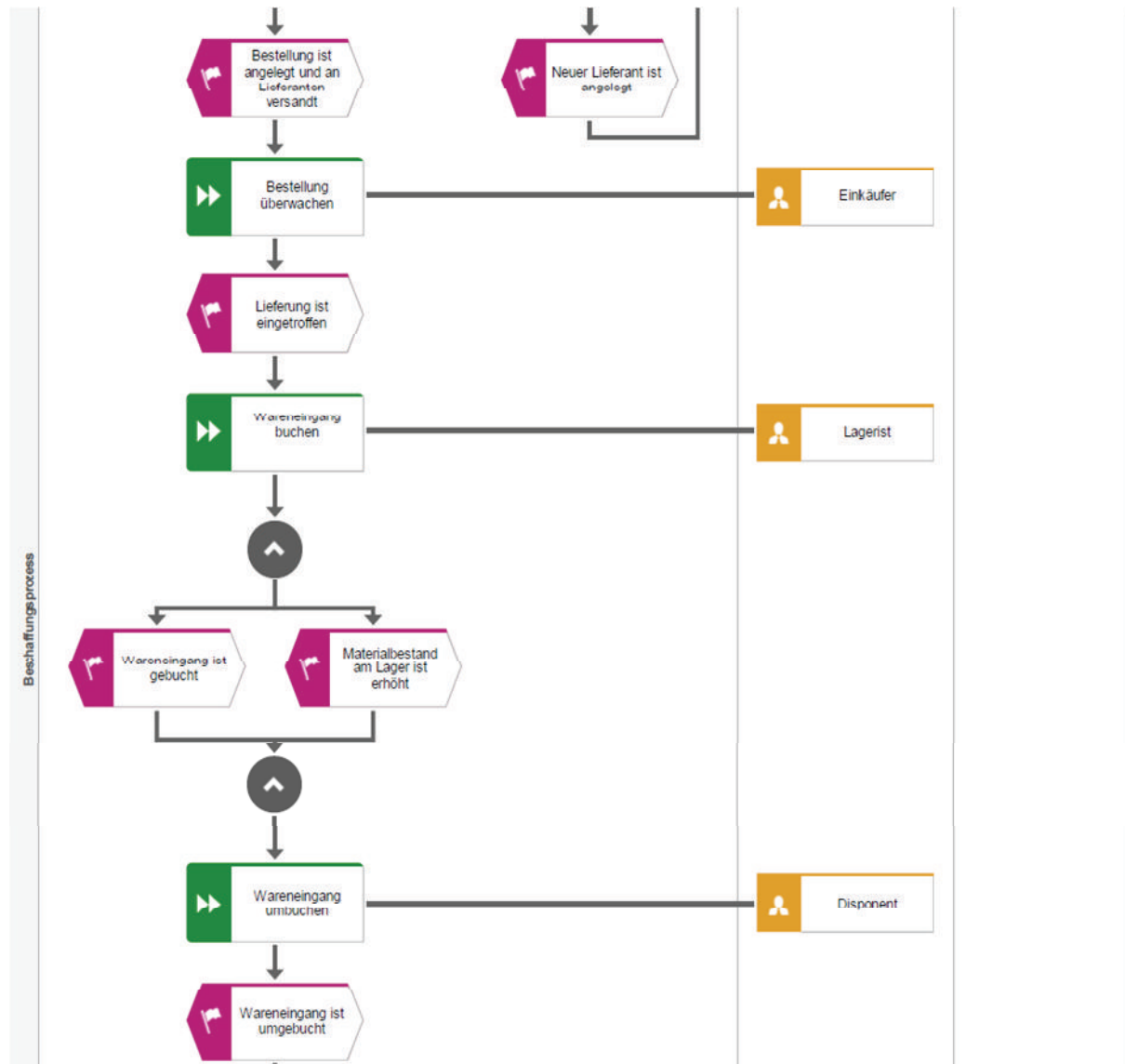


Abbildung 41: Beschaffungsprozess Teil 2

Auch hier gilt wieder, dass in den meisten Fällen der Lieferant ohnehin bekannt ist. Nur aus Gründen der Vollständigkeit wurde eine Schleife zur Neuanlage eines Lieferanten eingeführt. Sobald die Lieferung eingetroffen ist, muss Sie im Wareneingang verbucht werden. Danach muss die Ware auf den benötigten Arbeitsplatz oder Lagerplatz umgebucht werden.



Abbildung 42: Beschaffungsprozess Teil 3

Die Zukaufteile und Rohmaterialien werden kommissioniert und im Anschluss muss nur noch die Lieferantenrechnung verarbeitet werden.

4.3.4 Versandprozess

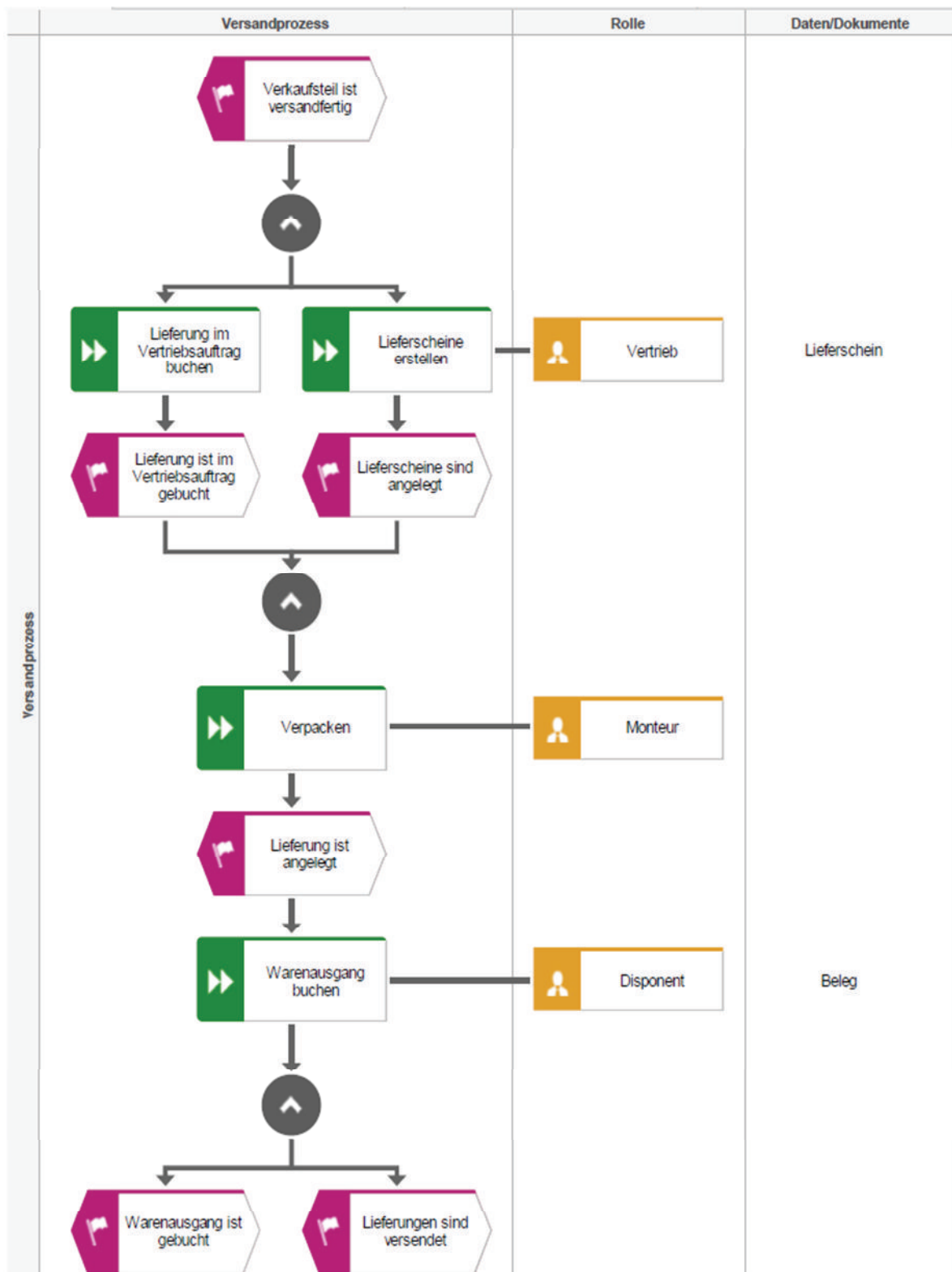


Abbildung 43: Versandprozess

Der gesamte Versandprozess hat im Auftragsabwicklungsprozess in der Pilotfabrik nur eine untergeordnete Rolle und hat für die Bearbeitung dieser Diplomarbeit keine Relevanz. Angemerkt soll hierbei allerdings noch werden, dass der Versandprozess

auch als einzelne Aktivität in den Produktionsprozess inkludiert hätte werden können. Falls jedoch zukünftig angedacht wird, mehrere verschiedene Versandoptionen einzuführen, wäre die Variante als inkludierte Aktivität im Produktionsprozess allerdings zu komplex. Daher ist die Wahl auf einen eigenständigen Versandprozess gefallen.

4.3.5 Rechnungsprozess

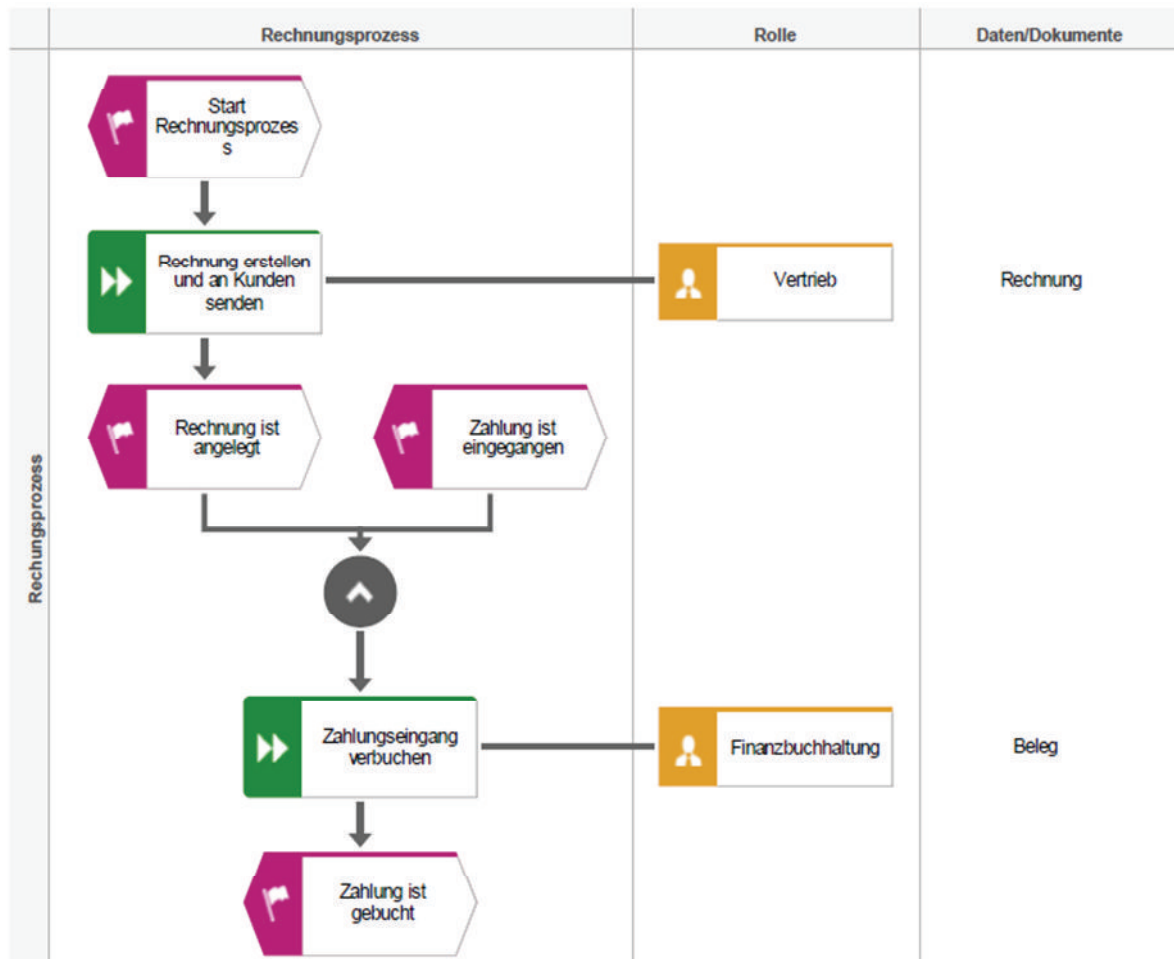


Abbildung 44: Rechnungsprozess

Genauso wie der Versandprozess besitzt auch der Rechnungsprozess keine Priorität in der Pilotfabrik. Aus Gründen der Vollständigkeit und zur Darstellung des Informationsflusses im Rechnungsprozess wurde dieser hier in der dargestellten Detailliertheit angeführt.

4.4 ProALPHA Implementierung in der Pilotfabrik

In der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 kommt die neueste Version von proALPHA, die Version 6.2e zum Einsatz. Diese hat im Vergleich zu Ihrer Vorgängerversion einige Vorteile. Die wichtigsten und relevantesten zur Bearbeitung dieser Diplomarbeit werden nun kurz angeführt:

- Automatisierter Belegversand im Basissystem: Die Belegart kann vorab konfiguriert werden und es muss nicht mehr bei jedem Einzelfall (Lieferant, Kunde,...) entschieden werden wie die Ausgabe angestoßen wird.
- Dokumenten Management System (DMS): Dieses Modul wurde komplett überarbeitet. Vom Oberflächendesign bis zur Integration in das ERP System. Mit dem Ziel die Interaktion und die Arbeiten erheblich angenehmer zu gestalten und die Komplexität zu reduzieren.
- Materialwirtschaft: Es wurde eine Kombination aus einer ABC/XYZ – Analyse hinzugefügt. Die ABC- Analyse ist wertorientiert und die XYZ- Analyse ist verbrauchsorientiert. Dadurch wird die Entscheidungshilfe in der Disposition um einiges erleichtert.
- Produktkonfigurator: Durch die Integration des DMS, können nun auch verschiedenste Dokumente der immer komplexer konfigurierten Produkte zentral bearbeitet werden. Weiters können die Dokumente nun jederzeit eingesehen und nachvollzogen werden.¹¹⁵

Die zur Installation kommenden proALPHA Module wurden vertraglich festgelegt. Eine Auflistung aller Software Systeme wird nun hier im Anschluss dargestellt. Detaillierte Informationen über die Module und über dessen Inhalte sind dem Vertrag zu entnehmen. Die im Zeitrahmen meiner Diplomarbeit initialisierten Software System sind fett markiert.

- **ERP – System proALPHA**
- proALPHA BI – Business Intelligence
- proALPHA Web - Portal (B2B)
- Dokumentenmanagement System proALPHA
- proALPHA Produktkonfigurator
- CAD-Onlineintegration proALPHA CA-LINK
- proALPHA Kommunikation
- Systemintegration
- **Basistechnologie**
- **Projektmanagement Werkzeug**
- proALPHA Migrationsmanager

¹¹⁵ (vgl. proALPHA Business Solutions GmbH, 2016, p. 3 ff.)

- proALPHA GPD Geschäftsprozess – Designer
- Value Components¹¹⁶

Im ersten Schritt wurde ein vorprogrammiertes *R2R* (ready to run) Paket von proALPHA installiert und eingeführt. Hierbei wurden bereits mehrere beladene Tabellen mittels eines Datenmigrationswerkzeuges in das ERP System eingespeichert. Diese Datenbanken wurden in Form von Excel Tabellen von proALPHA zur Verfügung gestellt. Bei diesen Datenbanken handelte es sich um allgemeine Stammdaten, wie etwa: Staaten, Währungen, Zeitmengeneinheiten, Betriebskalender, Bezugsgrößen, Größen, Mengeneinheiten, Preiseinheiten, Versandarten, Informationen zur Finanzbuchhaltung und Bilanz, etc. Aus Gründen des Systemtests wurden die ersten Stammdaten in eine proALPHA Testumgebung gespeichert. Dort konnten erste Produktionsdurchläufe in einer sicheren Umgebung simuliert werden. Sobald diese Prozesse ohne Fehler durchlaufen werden konnten und die Stammdateneingabe die notwendige Qualität aufwies, wurden alle Daten in das Echtssystem übertragen. Da zum jetzigen Zeitpunkt die Integration des CA-LINK Modules noch nicht verwirklicht werden konnte, mussten alle Stammdaten aus der Konstruktion bzw. aus dem PLM System manuell in das ERP System eingebracht werden. Sobald das CA-LINK eingeführt wurde, können diese Daten automatisch durch eine Schnittstelle überführt werden. Das Konzept der Schnittstelle, zwischen dem PLM und dem ERP System wird im Kapitel 5.2.1. präsentiert. Nachfolgend oder parallel zur CA-LINK Einführung wird der Produktkonfigurator konzipiert. Dies wird vermutlich etwas mehr Zeit in Anspruch nehmen, da dieser nach der Konzeption erst noch individuell auf die Wünsche der Pilotfabrik programmiert werden muss. Die genaue Vorgehensweise bei der Einführung aller Module wird mit dem Projektmanagement Werkzeug von proALPHA: *goLive!* dokumentiert. Die Reihenfolge der Arbeitsaufgaben wird bei *goLive!* in mehrere Schritte unterteilt. Diese werden nun im Anschluss angeführt. Die genauen Termine und Bearbeitungszeiten der einzelnen Aufgaben werden nur in *goLive!* hinterlegt.

¹¹⁶ (vgl. proALPHA Business Solutions GmbH, 2017b, p. 7 ff.)

1. Initialisierung: Projektstart
2. Konzept
 - 2.1. Grobkonzept
 - 2.1.1. Vertriebsprozess
 - 2.1.1.1. Produktionsprozess
 - 2.1.1.1.1. Beschaffungsprozess
 - 2.1.1.2. Versandprozess
 - 2.1.1.3. Rechnungsprozess
 - 2.2. Feinkonzept
3. Implementierung
 - 3.1. Implementierung Standardprozess**
 - 3.1.1. R2R-Daten in Testumgebung aktualisieren
 - 3.1.2. Testläufe durchführen
 - 3.1.3. R2R-Daten in Produktivsystem einspielen
 - 3.1.4. Stammdaten anlegen (Teile, Stücklisten, Aktivitäten, Lieferanten,...)
 - 3.1.5. Produktionsprozesse testen
 - 3.1.6. Implementierung Standardprozesse abgeschlossen
 - 3.2. Implementierung Produktkonfigurator
 - 3.3. Implementierung BDE (Betriebsdatenerfassung)
 - 3.4. Implementierung CA-Link
 - 3.5. Implementierung Seriennummern / Chargenverwaltung
4. Testbetrieb
5. Echtbetrieb
6. Nutzenoptimierung

Wie schon öfters erwähnt, lag der Schwerpunkt dieser vorliegenden Arbeit an der Implementierung des Standardprozesses.

Die zur Auftragsabwicklung in proALPHA notwendigen spezifischen Stammdaten der TU Wien Pilotfabrik werden im Kapitel 5.1.1. dieser Diplomarbeit präsentiert.

4.5 Teamcenter

In der Pilotfabrik wird Teamcenter 9 als Product Lifecycle Management Programm verwendet. Teamcenter 9 ist ein Softwareprodukt von Siemens PLM Software, welche eine Business Unit der Siemens Digital Factory Division ist. Siemens Digital Factory Division ist ein führender, weltweit tätiger Anbieter von Software, Systemen und Dienstleistungen für das Product Lifecycle Management und das Management von Produktionsvorgängen.¹¹⁷

¹¹⁷ (vgl. http://www.plm.automation.siemens.com/de_at/ (Gelesen am: 02.05.2017))

Teamcenter ist eines nach Funktionen modular aufgebautes EDM/PDM-System, welches beim gesamten Produktentwicklungsprozess unterstützt. Neben Geometriedaten, Produktstrukturen, die für die Entwicklung relevante Dokumente können in Teamcenter auch Prozesse für die Produktentwicklung, -fertigung und -pflege verwaltet werden. Zusätzlich zu diesen Funktionalitäten bietet Teamcenter noch folgende an: Zugriffsrechteverwaltung, Abbildung der Unternehmens- und Projektorganisation, Standortübergreifende Kollaborationsmöglichkeiten, Versionsmanagement, Konfigurations- und Variantenmanagement, Teileklassifizierung, Integrationsmöglichkeiten mit CAD-Software, MS Office, usw. .

118

Weiters unterstützt Teamcenter Unternehmen dabei, immer komplexere Produkte, bei gleichzeitiger Produktivitätssteigerung und optimierter weltweiter Zusammenarbeit, auf den Markt zu bringen. Durch standardisierte Arbeitsabläufe und Änderungsprozesse kann die Effizienz unternehmensweit wesentlich optimiert werden. Dadurch können nicht nur die Kosten gesenkt, sondern auch die Qualität verbessert und die Entwicklungsproduktivität gesteigert werden.

Hauptanwendungsfeld von Teamcenter in der Pilotfabrik besteht in der Verwaltung sämtlicher Konstruktionsdaten für den FDM 3D-Drucker. Teamcenter stellt hier das Bindeglied zwischen CAD System und ERP System dar. Als CAD System wird ebenfalls ein Softwareprodukt von Siemens PLM Software verwendet, nämlich NX.

Besonders wichtig im Umfeld der Pilotfabrik ist die Stücklistenverwaltung. Teamcenter unterstützt dabei, sämtliche Stücklisten als kritischen Bestandteil des Produktlebenszyklus effektiv zu verwalten, indem es klare, aktuelle und genaue Produktdefinitionen und -konfigurationen bereitstellt. Des Weiteren wird das Stücklistenmanagement mit Teamcenter über die Konstruktion und Entwicklung hinaus auf die vorausgehende Konfiguration und Planung sowie auf die nachfolgenden Bereiche Fertigung, Service und Support ausgeweitet.¹¹⁹

Die Abbildung 45 zeigt die Benutzeroberfläche von Teamcenter 9. Die rote Markierung stellt den Navigationsbereich dar. Über diesen Bereich werden alle Projekte zentral verwaltet. Die grüne Markierung stellt den Anwendungsbereich dar, hier werden sämtliche Details zum aktuellen Projekt angezeigt. Des Weiteren ist der Anwendungsbereich repräsentativ für den Hauptarbeitsbereich. Die blaue Markierung stellt die Kopfzeile dar. In dieser sind alle Informationen bezüglich des aktuellen Benutzers zu finden.

¹¹⁸ (vgl. Klette et al., 2008, p. 2)

¹¹⁹ (vgl. http://www.plm.automation.siemens.com/de_at/products/teamcenter/index.shtml (Gelesen am: 02.05.2017))

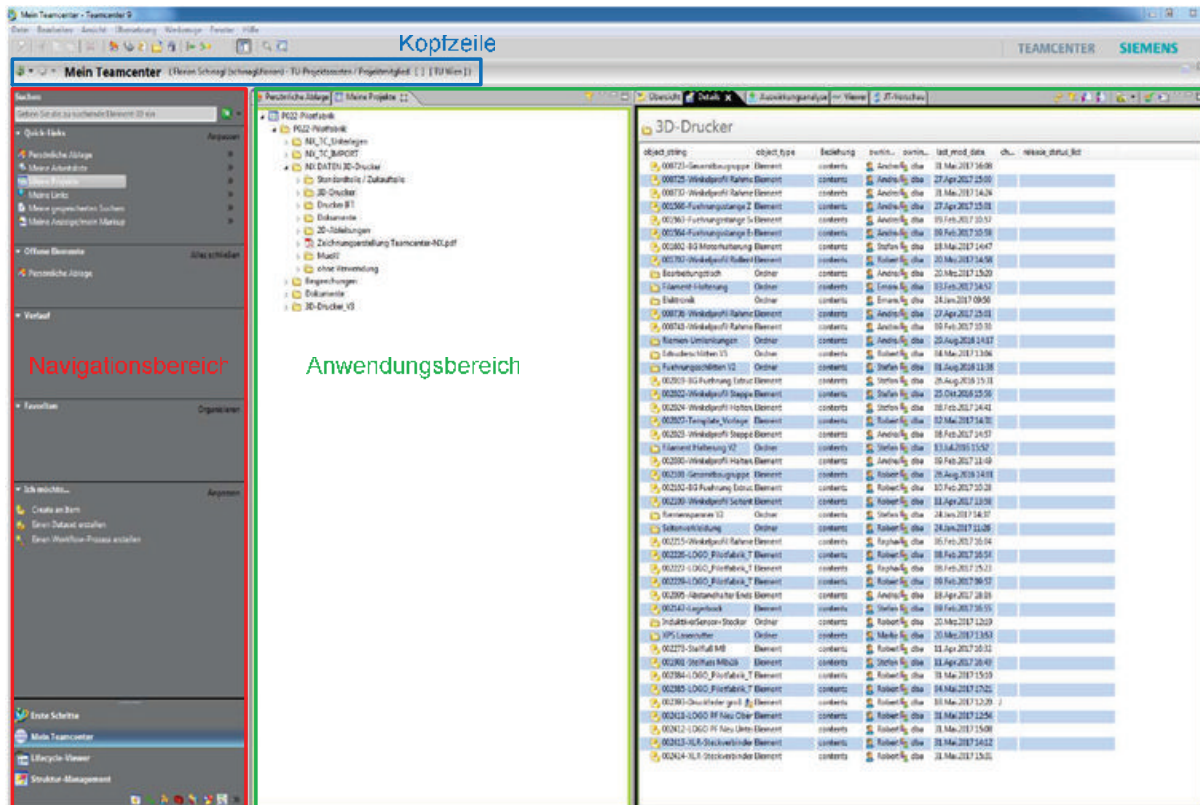


Abbildung 45: Benutzeroberfläche Teamcenter 9

5 Umsetzung

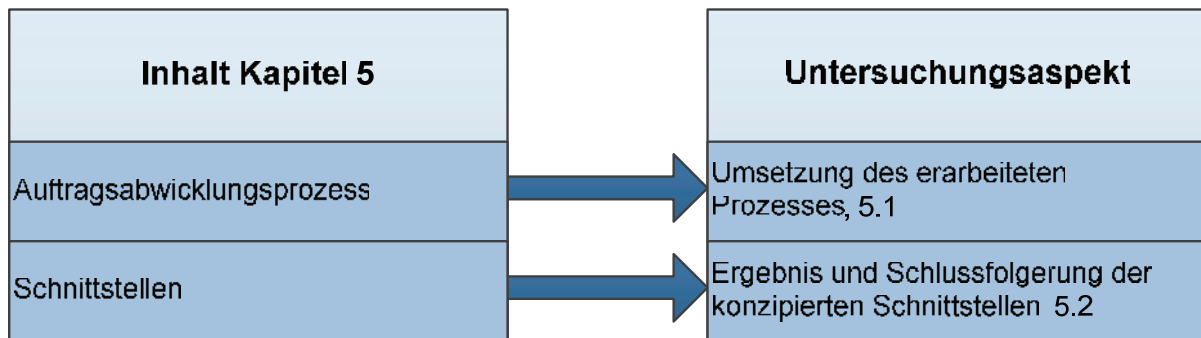


Abbildung 46: Aufbau Kapitel 5

In Abbildung 46 wird der Aufbau dieses Kapitels anhand des Inhalts sowie des jeweiligen Untersuchungsaspektes gezeigt. Das gesamte Kapitel 5 stellt die Ergebnisse dieser vorliegenden Diplomarbeit dar. Hier werden die zuvor im Hauptteil erarbeiteten Zusammenhänge in die Praxis umgesetzt. Der erste Abschnitt soll das Ergebnis des Auftragsabwicklungsprozesses darstellen. Zur Darstellung dieses Ergebnisses, wird an dieser Stelle ein Testdurchlauf des Auftragsabwicklungsprozesses mit dem ERP-Programm von proALPHA dokumentiert. Dadurch soll dem im Kapitel 4 erarbeiteten Soll-Konzept Rechnung getragen werden. Weiters werden einige Zusammenhänge, welche im ARIS Prozess eventuell nicht gut nachvollziehbar sind, so klarer und leichter verständlich gemacht (Kap. 5.1). Abgeschlossen wird dieses Kapitel mit der Konzeption und Definition der notwendigen Schnittstellen (Kap. 5.2).

5.1 Auftragsabwicklung

An dieser Stelle der Diplomarbeit wird nun ein Produktionsdurchlauf einer Baugruppe des 3D-Druckers dokumentiert. Bevor allerdings ein Produktionsauftrag durchlaufen werden kann, müssen zuvor noch spezifische Stammdaten der Pilotfabrik gepflegt werden. Allgemeine Stammdaten wurden bereits durch das *R2R* Paket von proALPHA in das ERP System gespeichert. Dies wurde im Kapitel 4.4.3. dokumentiert. Beispielhaft für alle spezifischen Stammdaten der Pilotfabrik wird nun die Anlage des Teilestammes eines Fertigungsteiles dargestellt. Als Testobjekt wird nun das Fertigungsteil 000737 (Winkelprofil Rahmenunterseite) angelegt.

5.1.1 Anlage spezifischer Stammdaten der Pilotfabrik

Abbildung 47 erklärt vorerst die proALPHA Benutzeroberfläche. Im gelben Rahmen sind die verschiedenen Mandanten (diese können auch als Firmen bezeichnet werden) hinterlegt. Im roten Rahmen ist die zentrale Steuerungsleiste gekennzeichnet. Diese stellt Funktionen und Informationen bereit, welche für die Arbeit mit proALPHA benötigt werden. Im grünen Rahmen ist der Programmnavigator gekennzeichnet. Durch diesen ist der Zugriff auf alle Programme in proALPHA sichergestellt. Der blaue Rahmen stellt den allgemeinen Arbeitsbereich dar. Beispielhaft wird hier das Programm *Teile* mit dem Teil *000737* geöffnet. Im schwarzen Rahmen sind alle Arbeitsaufgaben für den jeweiligen Sachbearbeiter hinterlegt.

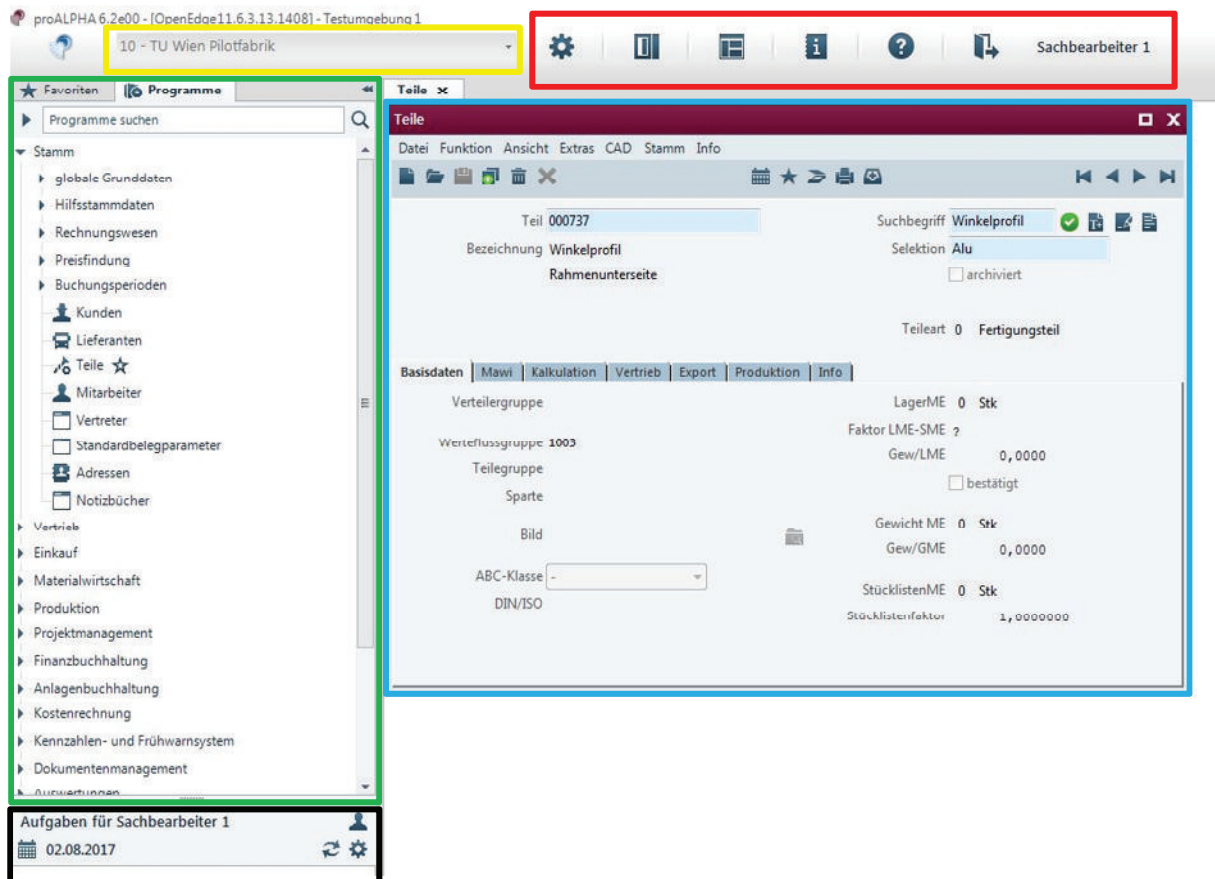


Abbildung 47: proALPHA Benutzeroberfläche

Im ersten Schritt müssen diverse Stammdaten zur Anlage eines Teilestammes angelegt werden. Diese werden nun in einer Reihenfolge präsentiert, welche nicht zwingend notwendig ist, aber durchaus Sinn ergibt. Die jeweils benötigten Programme können sehr schnell über die Programmsuche im Programmnavigator gefunden werden.

Abbildung 48 zeigt die Anlage von Lagerorten und Dispositionsbereichen. Wichtig dabei ist die Zuordnung zu einem Lagertyp (Wareneingangslager, normales Lager, Fremdlager, Transitlager, etc....) und die Zuordnung zu einer Wertegruppe, welche auch vorher definiert werden muss. Es gibt ein Hauptlager, welches zugleich auch Wareneingangslager ist. Weiters wird jedem Montagearbeitsplatz und jedem Vormontagearbeitsplatz auch ein eigenes Lager zugewiesen, um die erforderlichen Materialien auf die Arbeitsplätze umbuchen zu können. Aktuell wurde in der Pilotfabrik nur ein Dispositionsbereich realisiert. Bei einem produzierenden Endprodukt ist dies ausreichend, sobald mehrere verschiedene Produkte hergestellt werden, sollten mehrere Dispositionsbereiche eingeführt werden.

Lagerplatz	Beschreibung
1	Hauptlager (Wareneingangslager)
2	Lager Montage Arbeitsplatz 1
3	Lager Montage Arbeitsplatz 2
4	Lager Montage Arbeitsplatz 3
5	Lager Montage Arbeitsplatz 4
6	Lager Vormontage Arbeitsplatz 1
7	Lager Vormontage Arbeitsplatz 2
8	Lager Vormontage Arbeitsplatz 3
9	Lager Vormontage Arbeitsplatz 4

Tabelle 5: Lagerplätze in der Pilotfabrik

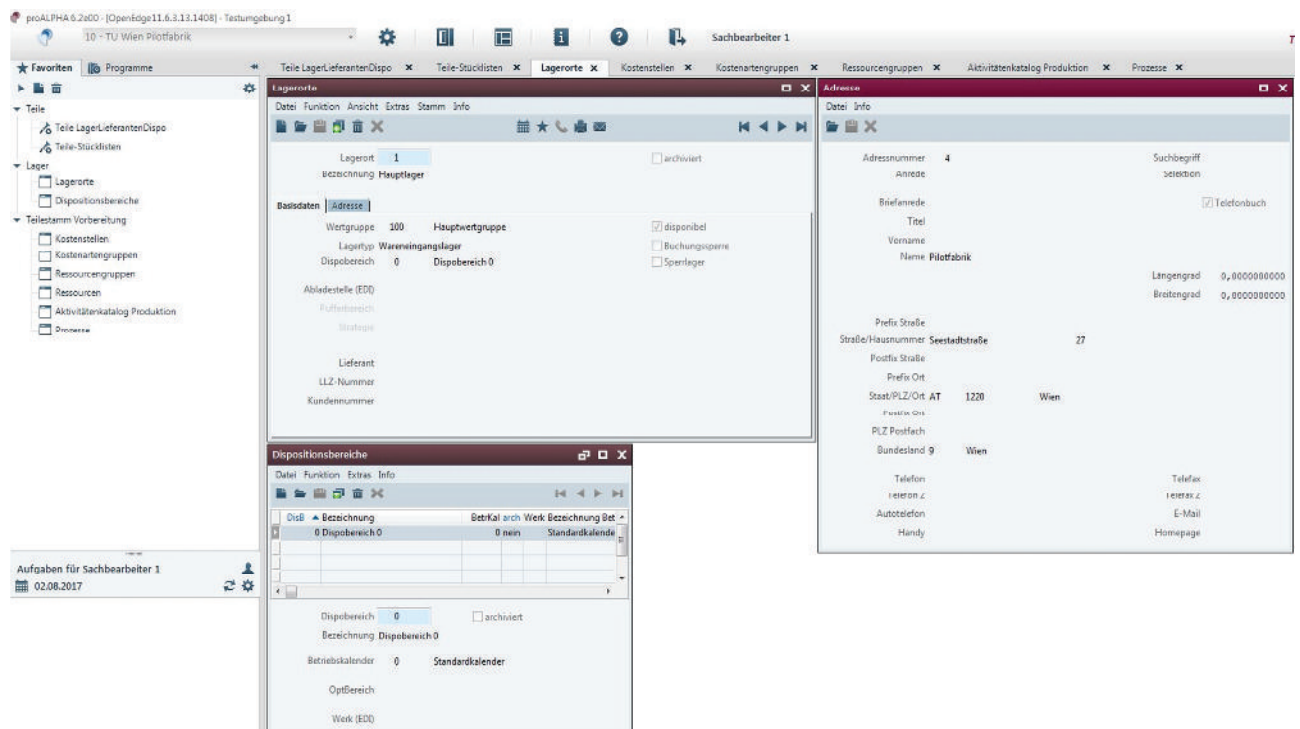


Abbildung 48: Lagerorte, Dispositionsbereiche

Abbildung 49 zeigt das Anlegen von Kostenstellen. Kostenstellen identifizieren Bereiche innerhalb eines Unternehmens, in denen Kosten entstehen. Alle Kosten, die für eine Kostenstelle anfallen, werden in der Kostenstellenrechnung getrennt nach Kostenarten gespeichert. Jedem Arbeitsplatz wird eine eigene Kostenstelle zugeordnet. Eine Übersicht über diese Kostenstellen erfolgt im weiteren Verlauf der Arbeit.

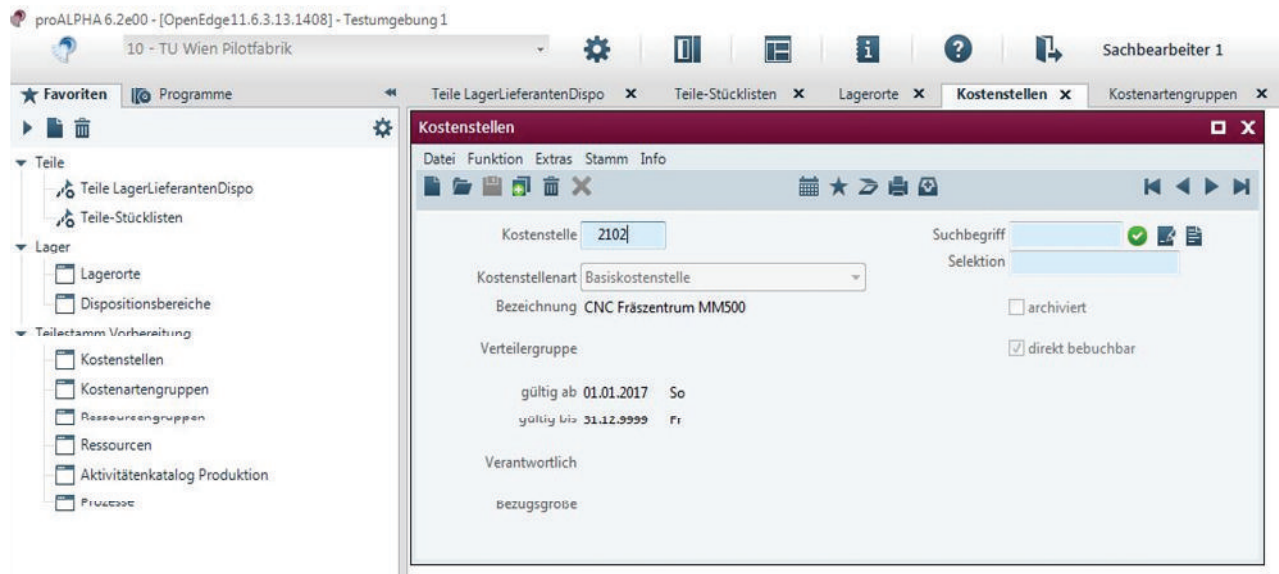


Abbildung 49: Kostenstellen

Abbildung 50 zeigt das Anlegen von verschiedenen Kostenartengruppen. Kostenartengruppen werden für Buchungsvorgänge in der Kostenrechnung benötigt. In der Pilotfabrik reichen drei Kostenartengruppen für drei übergeordnete Arbeitsbereiche aus.

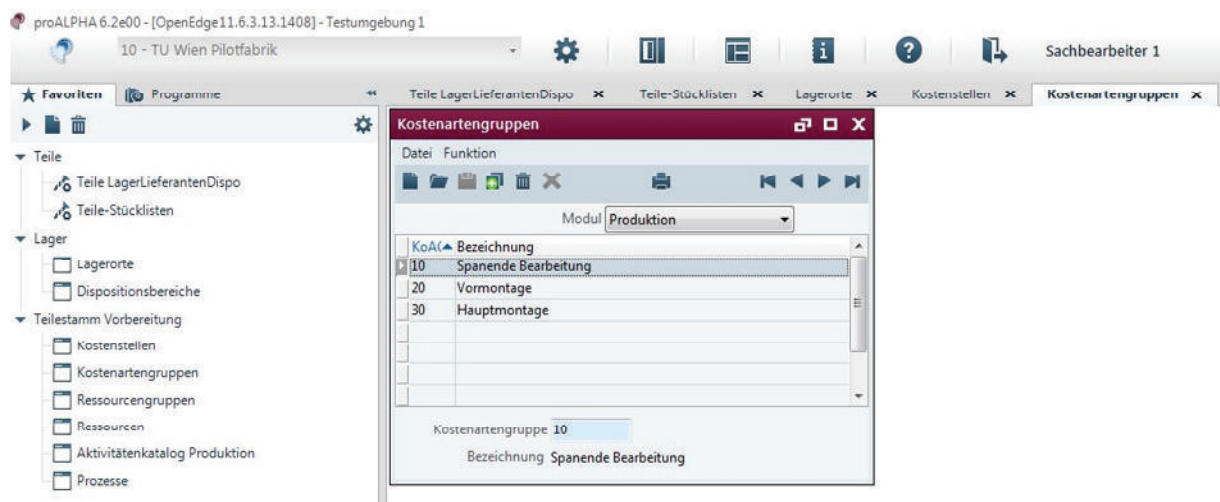


Abbildung 50: Kostenartengruppen

Abbildung 51 zeigt das Anlegen von verschiedenen Ressourcengruppen. Ressourcengruppen werden zur Abbildung der Fertigungsorganisation benötigt. Dadurch können Ressourcen eines Fertigungsbereichs in einer Ressourcengruppe zusammengefasst werden.

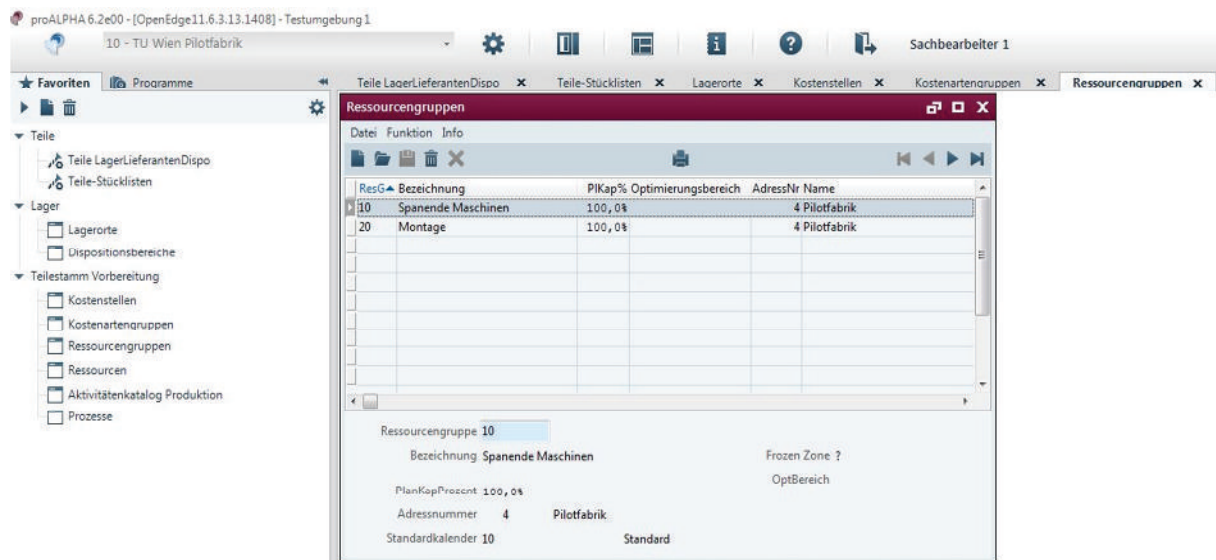


Abbildung 51: Ressourcengruppen

Abbildung 52 zeigt das Anlegen von Ressourcen. Ressourcen sind Arbeitsmittel, welche zur Fertigung benötigt werden. Dies können Arbeitsplätze, Maschinen, Menschen oder Werkzeuge sein. Um z.B. einen Mitarbeiter für die Fertigung einplanen zu können, muss dieser als Ressource im Ressourcenstamm geführt werden. In der Pilotfabrik werden mehrere verschiedene Arbeitsplätze gleichzeitig betrieben. Es existieren Montage-Arbeitsplätze, Vormontage-Arbeitsplätze, Fräs- und Drehzentren, eine Bandsäge, ein Schweißroboter, ein Beladeroboter und ein Werkzeug-Voreinstellgerät. Die nachfolgende Tabelle soll die Arbeitsplatz-Nummernvergabe und auch die zugehörigen Kostenstellen darstellen, welche so auch im ERP-System von SAP Verwendung findet.

ArbeitsPlatz	Beschreibung	Kostenstelle
AP001	Montage Arbeitsplatz 1	2201
AP002	Montage Arbeitsplatz 2	2202
AP003	Montage Arbeitsplatz 3	2203
AP004	Montage Arbeitsplatz 4	2204
AP005	Vormontage Arbeitsplatz 1	2205
AP006	Vormontage Arbeitsplatz 2	2206
AP007	Vormontage Arbeitsplatz 3	2207
AP008	Vormontage Arbeitsplatz 4	2208
AP101	FMC Drehzelle	2101
AP102	CNC Fräszentrum MM500	2102
AP103	CNC Fräsmaschine 2	2103
AP104	Bandsäge	2104
AP105	Werkzeug-Voreinstellgerät	2105
AP106	Schweißroboter	2106
AP107	Beladeroboter	2107

Tabelle 6: Arbeitsplätze in der Pilotfabrik

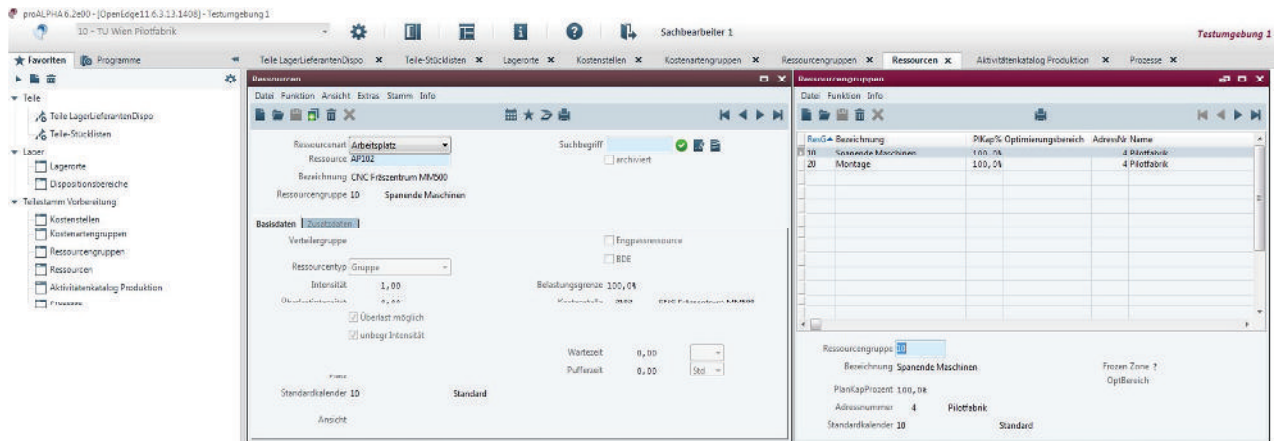


Abbildung 52: Ressourcen

Jeder Ressource kann eine Intensität zugeteilt werden. Dies meint z.B., dass es bei der Ressource Mensch erfahrene und weniger erfahrene Mitarbeiter gibt. Ein erfahrener Mitarbeiter vollbringt seine auszuführende Aktivitäten mit der Intensität 1 und ein neuer, unerfahrener Mitarbeiter vollbringt seine Aktivität mit der Intensität 0,7. Ähnlich ist es bei der Verteilung der Intensität für neue und alte Maschinen.

Abbildung 53 zeigt das Anlegen von verschiedenen Aktivitäten. Die Aktivitäten, welche auch als Arbeitsschritte verstanden werden können, werden im Folgenden Prozessen zugeordnet, welche wiederum den Stücklisten zugeordnet werden können. Den Aktivitäten müssen Ressourcen zugeteilt werden. Des Weiteren können hier auch z.B. Rüst- und Stückzeiten (Bearbeitungszeiten) zu den Aktivitäten hinterlegt werden. Auch Intensitäten können den jeweiligen Aktivitäten wieder zugeteilt werden.

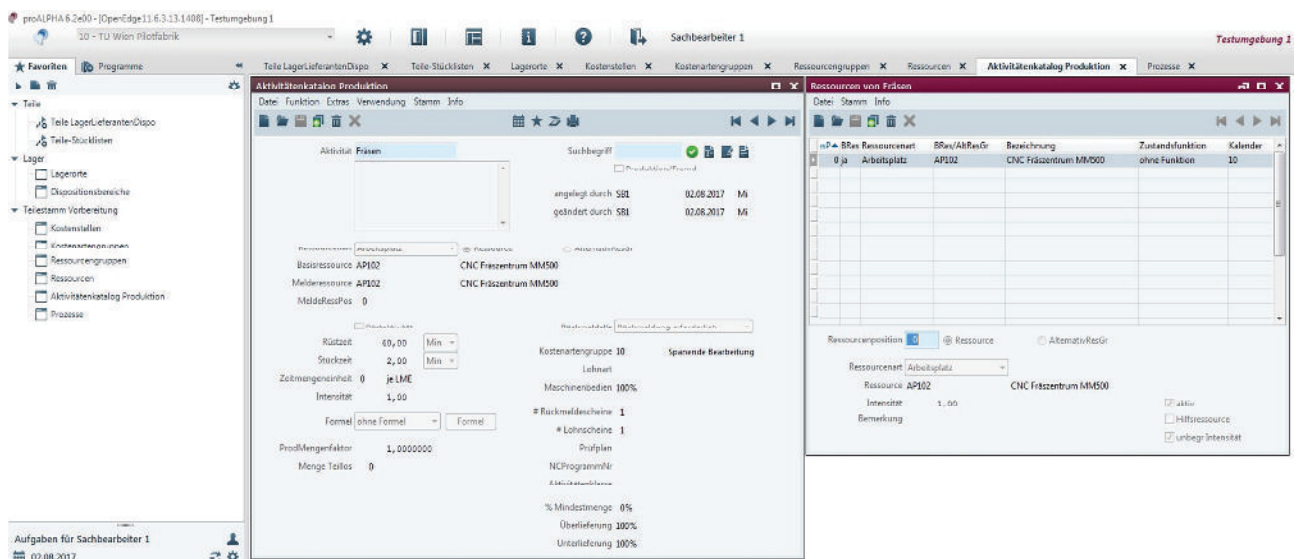


Abbildung 53: Aktivitäten

Abbildung 54 zeigt das Anlegen von Prozessen. Ein Prozess ist eine Arbeitsanleitung wie ein Erzeugnis gefertigt werden muss. In einem Arbeitsprozess ist hinterlegt,

welche Arbeitsschritte (Aktivitäten) in welcher Reihenfolge mit welchen Mitteln (Ressourcen) durchzuführen sind. In den Prozessen können auch Dokumente, wie Arbeitspläne, hinterlegt werden.

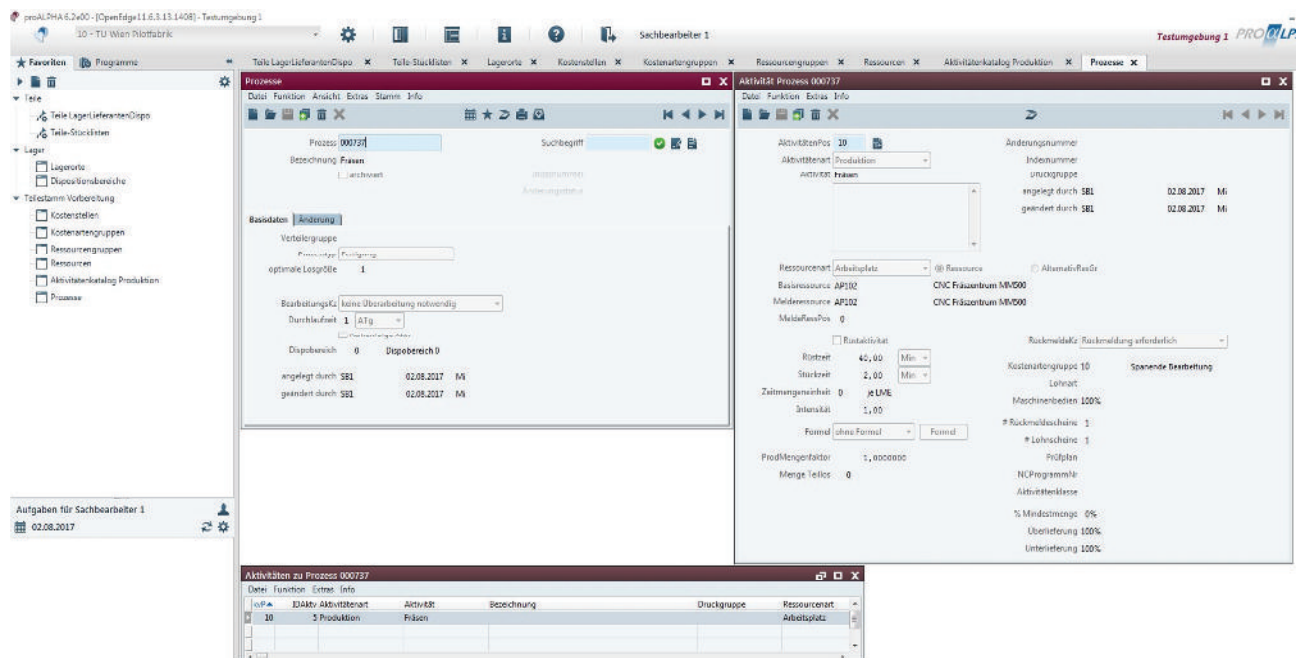


Abbildung 54: Prozesse

Nach erfolgreicher Anlage dieser Daten, kann ein neues Teil im Programm *Teile* angelegt werden. Falls ein bereits ähnliches Teil in der Datenbank existiert, kann dieses als Kopiervorlage verwendet werden. Es können auch gesamte Stücklisten übernommen und überschrieben werden.

Nach der Anlage eines Teiles müssen die Teile-Lagerort Beziehungen, die Teile-Lieferanten Beziehungen und die notwendigen Dispositionsparameter gepflegt werden. Abbildung 55 soll dies darstellen. Hierbei wird jedem Teil ein Lagerort zugewiesen und bei Kaufteilen wird ein Lieferant hinterlegt. Weiters muss jedes Teil einem Dispositionsbereich zugewiesen werden. Im gleichen Programm kann auch noch eine Dispositionsart und ein Bestellverfahren eingestellt werden. In der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 erfolgt die Disposition bedarfsgesteuert und als Bestellverfahren wurde Bestellpunkt/Menge variabel ausgewählt.

Folgende Lieferanten sind für diverse Rohmaterialien und Zukaufteile verantwortlich. Diese sind der Tabelle 7 zu entnehmen. Falls wieder Materialien benötigt werden, so erfolgt die Beschaffung hauptsächlich über die Website der Lieferanten.

Lieferant	Website	Lieferant für	Adresse
Schraubenking GmbH	www.schraubenking.at	Normteile, Schrauben, etc...	Gallenberg 17C, 4950 Altheim
Fix Metall GmbH	www.fixmetall.at	Aluprofile	Inustriestrasse B 16 Halle C A6, 2345 Brunn am Gebirge
Ingird L. Blecha GmbH	www.blecha.at	Aluprofile	Triftweg 102, 2620 Neukirchen
Conrad Electronic GmbH&CoKG	www.conrad.at	Elektronikbauteile, etc...	Durisolstraße 2, 4600 Wels

Tabelle 7: Lieferanten in der Pilotfabrik

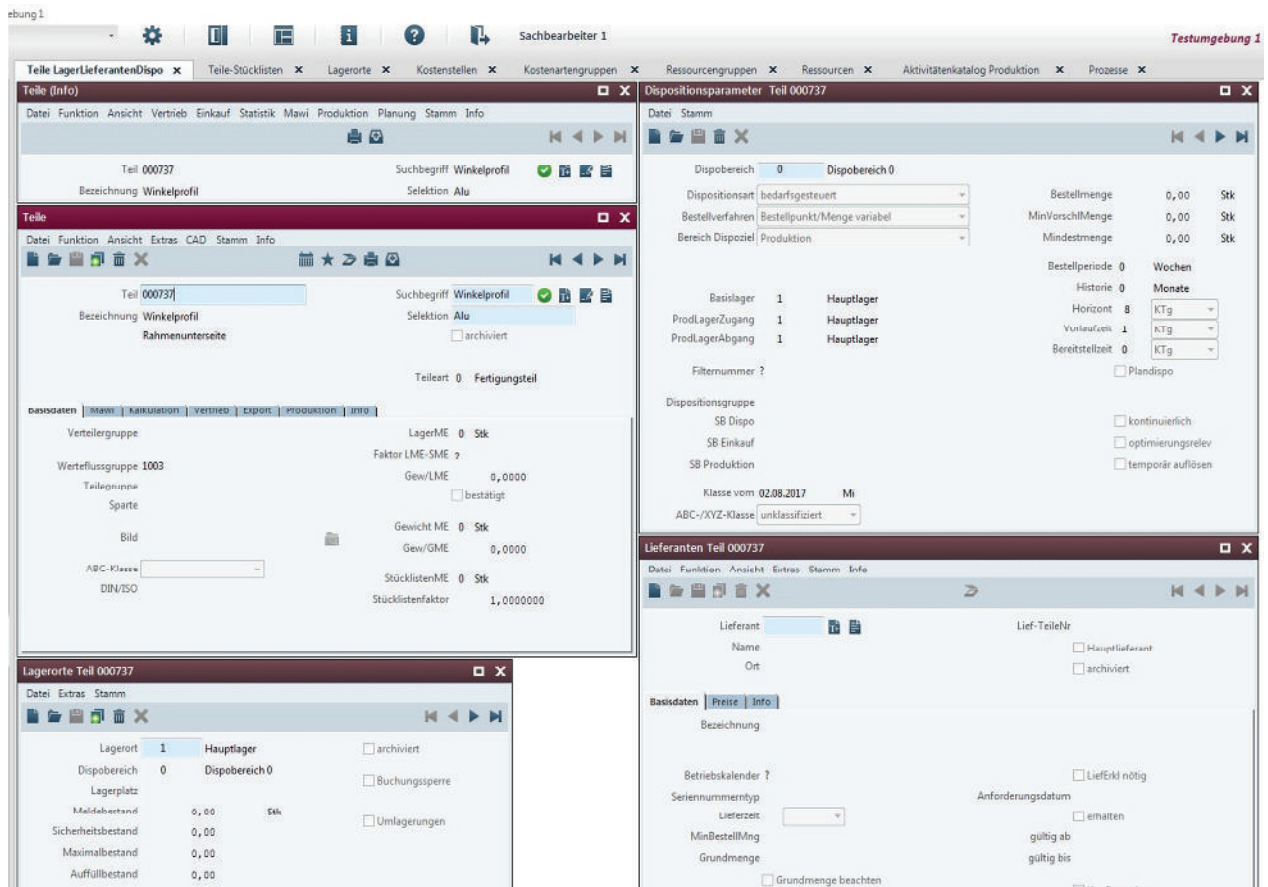


Abbildung 55: Teile-Lagerort/Lieferant/Dispo

Abbildung 56 zeigt die Stücklisten Hierarchie für das Fertigungsteil 000737. Dieses besteht aus einem Vorfertigungsteil (Stangenabschnitt) und einer Ebene darunter aus einem Rohmaterial.



Abbildung 56: Stücklisten Hierarchie

Abbildung 57 zeigt die Standardstückliste des Fertigungsteils 000737. An Position 1 dieser Stückliste ist das Vorfertigungsteil 100736: Stangenabschnitt sichtbar.

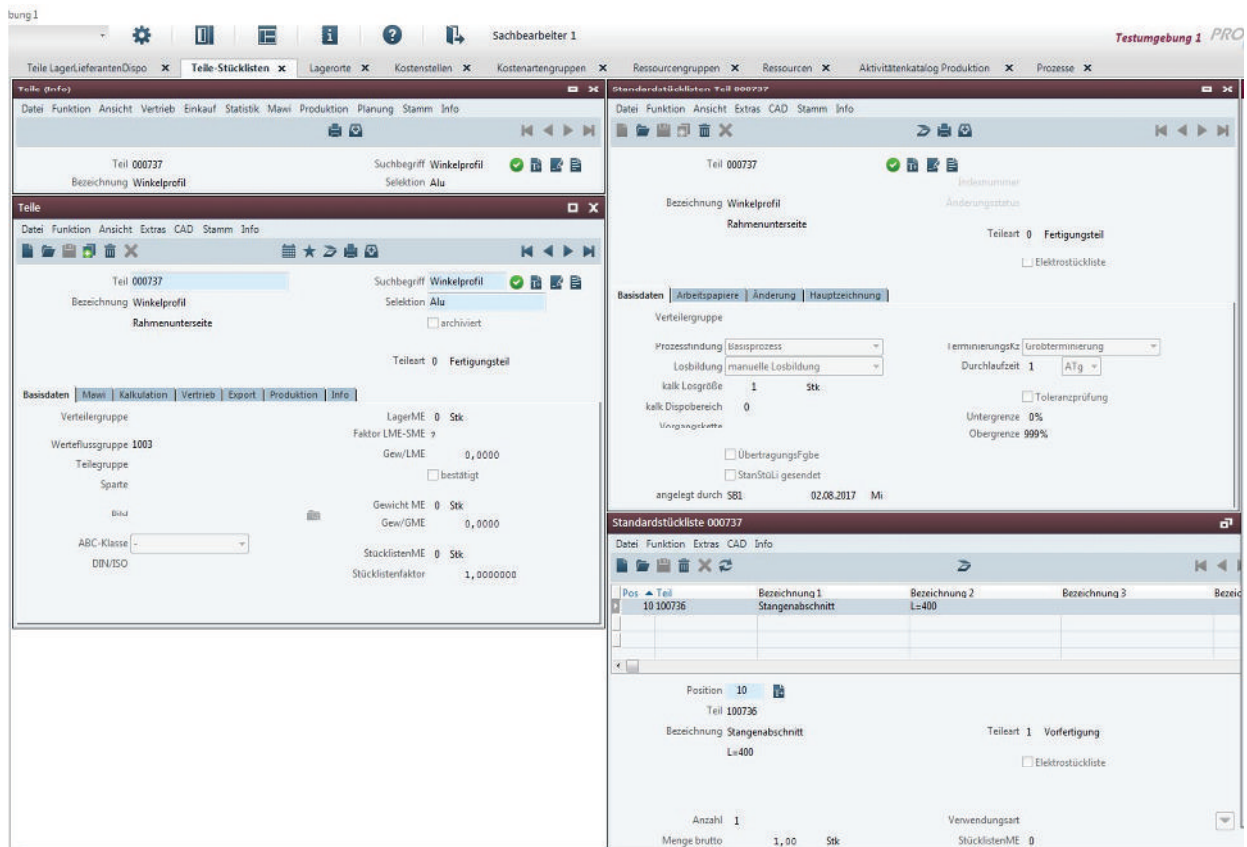


Abbildung 57: Stückliste 000737

Abbildung 58 zeigt die Standardstückliste des Vorfertigungsteils 100737. Hierbei erscheint an Position 1 der Stückliste das Rohmaterial. Abbildung 59 zeigt dabei nochmals im Detail diese Stückliste. Im rot gekennzeichneten Bereich sind der Stücklistenfaktor und Verschnittfaktor gekennzeichnet. Der Stücklistenfaktor dient zur Umrechnung der Mengen der Teile von der Lagermengeneinheit in die Stücklistenmengeneinheit, da für die Lagermengeneinheit [m] gewählt wurde und für die Stücklistenmengeneinheit [mm] gewählt wurde. Der Verschnittfaktor aus der Standardstücklistenposition ist ein Faktor für den Verschnitt eines Teils, der beim Verarbeiten anfällt. In der Pilotfabrik wurde ein Verschnittfaktor von 2,5% gewählt.

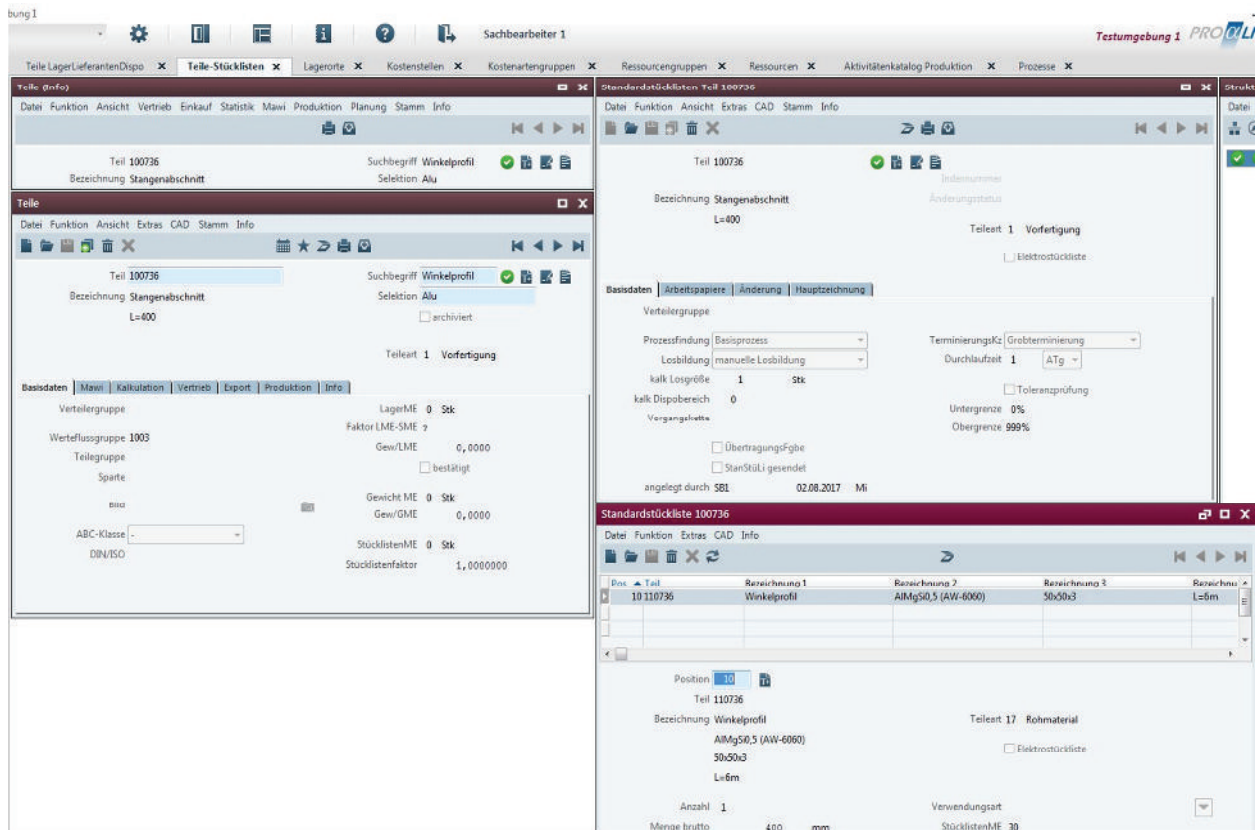


Abbildung 58: Stückliste 100736

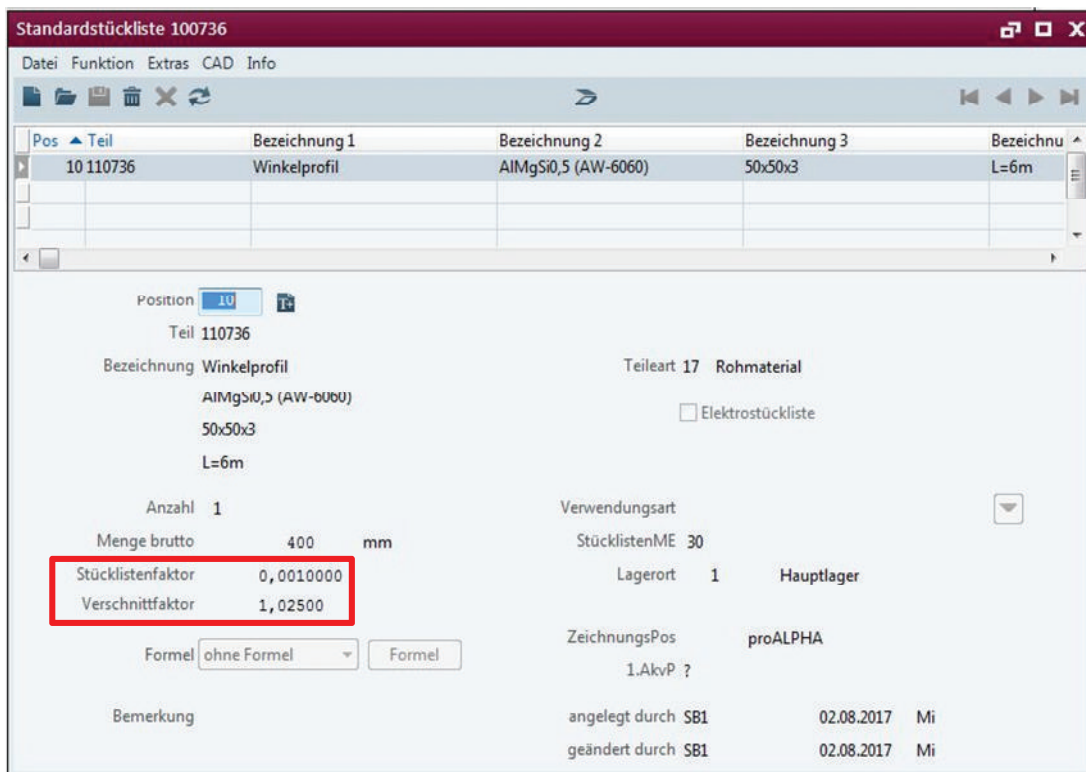


Abbildung 59: Detailstückliste 100736

Im letzten Schritt muss der Stückliste noch der extras definierte Prozess zugewiesen werden. Dies ist in Abbildung 60 ersichtlich.

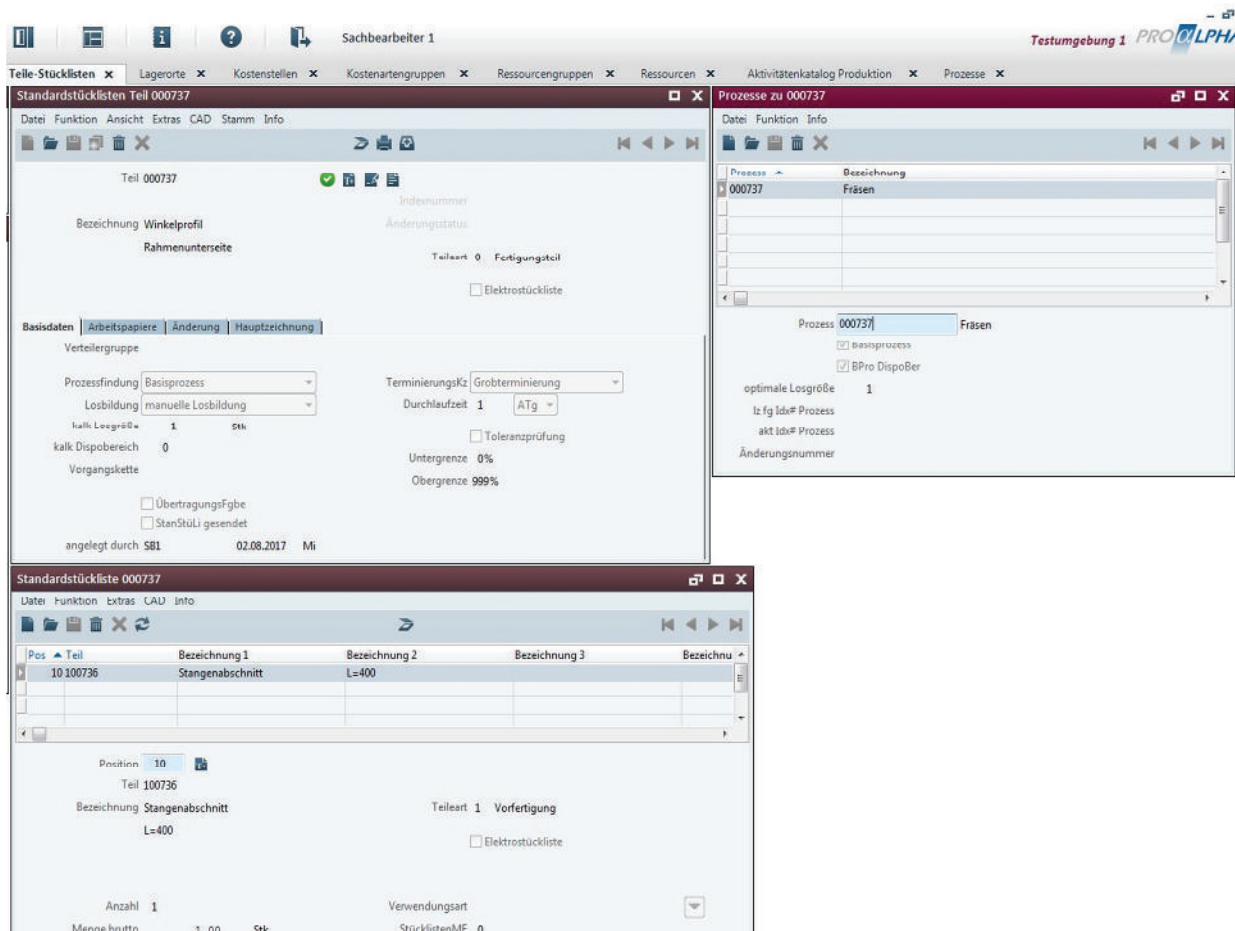


Abbildung 60: Stückliste-Prozess

5.1.2 Produktionsdurchlauf

Die nun folgende Dokumentation eines Produktionsdurchlaufes wird mit der Baugruppe *Motorhalterung Boden (001602)* durchgeführt. Diese Baugruppe enthält Fertigungsteile, Kaufteile und Unterbaugruppen. Daher sind die Ergebnisse dieses Produktionsdurchlaufes ident mit den Ergebnissen eines Produktionsdurchlaufes mit dem gesamten 3D-Drucker. Da allerdings zum jetzigen Zeitpunkt noch in der Testumgebung gearbeitet wird, ist nur der Teilestamm der Baugruppe *Motorhalterung Boden* angelegt. Die Stückliste dieser Baugruppe kann dem Anhang der Diplomarbeit entnommen werden, und zur besseren Darstellbarkeit wird in Abbildung 61 die graphische Strukturstückliste nach proALPHA angeführt.

Item No.	Type	Code	Description	Material	Unit	Quantity
BF 001602 Motorhalterung Boden						
10	KK	001242	Riemenrolle	GT2Pulley	1 Stk	1
20	KK	001512	Zylinderschraube	mit Innensechskant	1 Stk	1
30	KK	001608	Zylinderschraube	mit Innensechskant	1 Stk	1
40	KK	001649	Zylinderschraube	mit Innensechskant	1 Stk	1
50	KK	001671	Stepper Motor	NEMA 17	1 Stk	1
60 BF 001700 Umwickrolle 1 Stk						
10	KK	000930	Sechskantmutter	ISO 4032 M3	1 Stk	2
20	KK	000932	Kugellager	id329	2 Stk	2
30	KK	000945	Sechskantmutter	DIN EN ISO 7040 M3	1 Stk	2
40 FF 001232 Riemenrolle GT2 Idler Pulley 1 Stk						
10	FF	101232	Stangenabschnitt	L=14mm	1 Stk	1
10	KR	111232	Rundstange blank	ST 37	1 mm	4
70 FF 002023 Winkelprofil Stepper Motor Boden 1 Stk						
10	FF	102023	Stangenabschnitt	L=65	1 Stk	1
10	KR	112023	Winkelprofil	AlMgSi0,5 (AW-6060)	1 mm	3
80	KK	002040	Endschalter	Miniature Microswitch	1 Stk	1

Abbildung 61: Graphische Strukturstückliste

Im ersten Schritt muss für die gewünschte Baugruppe ein neuer Produktionsauftrag angelegt werden. Dies geschieht im Programm *Produktionsauftrag*. In der Abbildung 62 wird die Neuanlage eines Produktionsauftrages dargestellt. Hierfür muss die gewünschte Produktionsmenge, der Wunschtermin und ein Dispbereich eingetragen werden. Eine Kommissionsnummer kann auch eingeführt werden, muss allerdings nicht.

The screenshot shows a software window titled 'Produktionsauftrag' with a menu bar (Datei, Bearbeiten, Funktion, Ansicht, Extras, Stamm, Info) and a sub-window titled 'Neuanlage Auftrag Produktionsauftrag'. The sub-window contains the following fields and options:

- Auftrag: [Empty text box]
- Teil: 001602
- Suchbegriff: Motor
- Selektion: Halterung
- Indexnummer: [Empty text box]
- Bezeichnung: Motorhalterung Boden
- Teileart: 5
- Baugruppe: allgemein
- Produktionsmenge: 5,00 Stk
- Wunschtermin: 30.08.2017 Mi
- Kommissionsnummer: [Empty text box]
- Auftragstyp: Fertigung (dropdown menu)
- Ursprungsteil: [Empty text box]
- Dispobereich: 0
- Prozess: [Empty text box]
- Indexnummer?: [Empty text box]
- Verteilerguppe: [Empty text box]
- Auftragsart: [Empty text box]
- Baugruppen: Struktur nicht zusammenfassen (dropdown menu)
- BGrNr: 0

Abbildung 62: Neuanlage Produktionsauftrag

In Abbildung 63 sind das Programm *Produktionsauftrag* und der Ressourcenbaum zum ausgewählten Produktionsauftrag ersichtlich. Die Auftragsnummer und die Rückmeldenummer werden automatisch durch proALPHA festgelegt und vergeben. Im Ressourcenbaum erhält man einen Überblick über den Aufbau eines Produktionsbeleges dargestellt als Baumstruktur. Dadurch kann man zu einem Produktionsauftrag dessen Arbeitsaktivitäten sowie die zu deren Durchführung benötigten Ressourcen und Materialien graphisch erkennen.

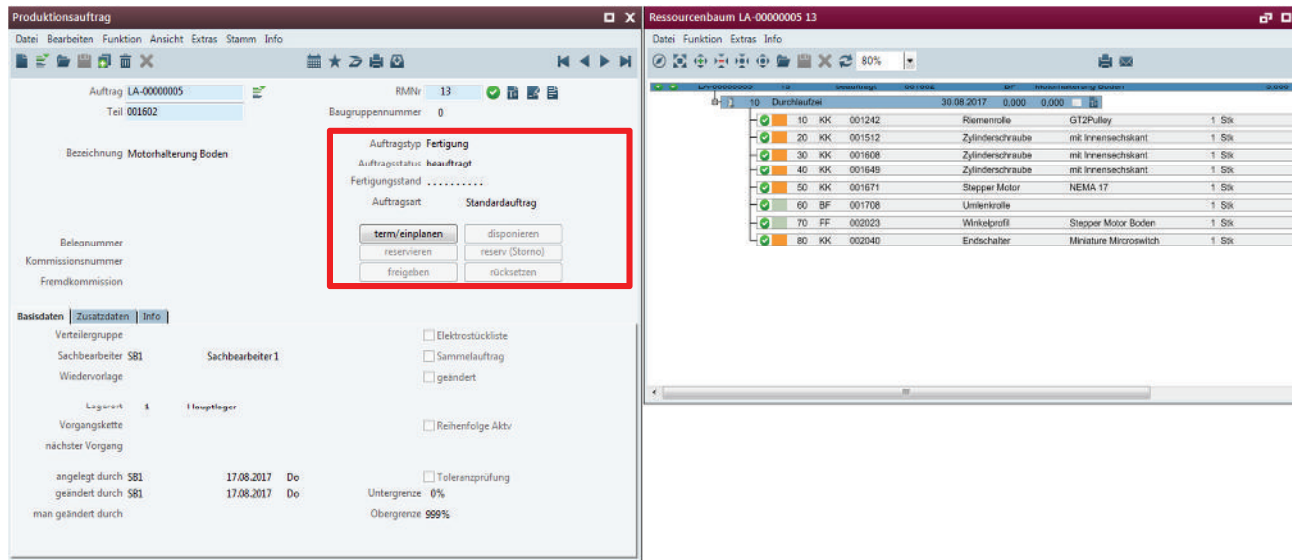


Abbildung 63: Programm Produktionsauftrag

Danach muss der Produktionsauftrag eingeplant werden. Dies ist ersichtlich im rot markierten Bereich in Abbildung 63. Weiters ist hier auch der Auftragsstatus ersichtlich, welcher sich je nach Fortschritt des Produktionsauftrages ändert. Durch den Befehl *einplanen* wird auch der Auftragsgantt befüllt. Der Auftragsgantt zum gewählten Produktionsauftrag ist in Abbildung 64 ersichtlich. Im Auftragsgantt sind die Produktionsbelege der Baugruppen der kompletten Auftragsstruktur ersichtlich.



Abbildung 64: Auftragsgantt

Nach dem Terminieren und Einplanen des Auftrages müssen alle Materialpositionen disponiert werden. Dafür stehen in proALPHA mehrere Varianten zur Verfügung. Bei der Disposition werden Lagerbestände sowie Bedarfe und Deckungen berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man Dispositionsvorschläge, welche sich aus der eingestellten Dispositionsart und dem Bestellverfahren ergeben. Jedoch können sämtliche Dispositionsvorschläge im Nachhinein noch überarbeitet werden. Je nachdem ob es sich um ein Kaufteil oder ein Fertigungsteil handelt, können verschiedene Dispositionsvorschläge erzeugt werden, z.B.: Dispositionsvorschläge nach

Lieferanten, Dispositionsvorschläge nach Kundenaufträgen oder Dispositionsvorschläge nach Produktionsaufträgen. Im einfachsten Fall geschieht das Disponieren wieder mit einem Mausklick auf das Feld *disponieren* im rot markierten Bereich aus Abbildung 63.

Bevor nun der Produktionsauftrag freigegeben werden kann muss noch der Wareneingang gebucht, der Wareneingang auf den jeweiligen Verwendungsort umgebucht und das Material eventuell reserviert werden. Der Wareneingang kann z.B. durch das Programm *Lager Zu-/Abgänge* gebucht werden. Dies ist in Abbildung 65 ersichtlich. Da allerdings zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht alle Werteflussgruppen richtig angelegt sind, kann der Wareneingang nicht sauber gebucht werden. Jedoch können in der Testumgebung auch negativ Bestände gebucht werden. Die Umbuchung des Wareneingangs muss in der Pilotfabrik nicht erfolgen, da aktuell noch alles über das Hauptlager bzw. Wareneingangslager abgewickelt wird. Die Reservierung aller Materialpositionen erfolgt durch das Feld *reservieren* im roten Bereich aus Abbildung 63.

Teil 000945	Suchbegriff Mutter
Bezeichnung Sechskantmutter	Selektion Sechskant
DIN EN ISO 7040 M3	
	Teileart 10 KK
Buchungsdatum 17.08.2017 Do	
Buchungsschlüssel LZU ungeplanter Zugang	<input checked="" type="checkbox"/> Zugang
Lagerort 1 Hauptlager	Bestand - 2,00 Stk
Lagerplatz	Gesamtbestand - 2,00 Stk
Kostenstelle 0	
Menge 50,00 Stk	
Bemerkung 000945	

Abbildung 65: Wareneingang

Nun kann der Produktionsauftrag freigegeben und alle Papiere (Laufkarte, Materialschein, Rückmeldeschein,...) können gedruckt werden. In Abbildung 66 ist ersichtlich, dass sich nun der Auftragsstatus auf *in Fertigung* geändert hat. Im Fertigungsstand ist nun das Kurzzeichen *P* ersichtlich. Dies bedeutet, dass alle

Arbeitspapiere für den Produktionsauftrag gedruckt wurden. In Abbildung 67 ist der Sammelmaterialschein für diesen Produktionsauftrag dargestellt. Hier wird nicht nur die Bedarfsmenge angezeigt sondern auch der zugehörige Lagerplatz.

Abbildung 66: Freigabe Produktionsauftrag

Sammelmaterialschein

Auftragsnummer:	LA-00000005	Rückm.-Nr.:	13
Produktionsmenge:	5,000	Ausstelltag:	17.08.2017
Zeichnungsnummer:		Starttermin:	30.08.2017
Zeichnungsindex:		Endtermin:	30.08.2017
Kostenträger:		Lagerort:	1
Arbeitsplan:		Variante:	
Priorität:	0 Standard	Seite:	1

Endprodukt: 001602 Motorhalterung Boden

Ress.	Akt.	Akt.txt	Rüst (tr)		Stück (te)	
			0. Min		0. Min	
Teilenummer		Bezeichnung	Einzelmenge	Bedarfsmenge	ME	E-LO
001242		Riemenrolle	1,000	5,000	Stk	1
001512		Zylinderschraube	4,000	20,000	Stk	1
001608		Zylinderschraube	2,000	10,000	Stk	1
001649		Zylinderschraube	1,000	5,000	Stk	1
001671		Stepper Motor	1,000	5,000	Stk	1
002040		Endschalter	1,000	5,000	Stk	1

Abbildung 67: Sammelmaterialschein

Nun muss das verwendete Material für den Produktionsauftrag entnommen und rückgemeldet werden. Dies geschieht durch das Programm *Rückmeldung Materialscheine*. In Abbildung 68 ist dies exemplarisch für das Teil *Riemenrolle* dargestellt. Durch die Rückmeldung sind die Werte der rückgemeldeten Menge und die der Bedarfsmenge ident. Die verfügbare Menge hat ein negatives Vorzeichen. Dies muss auch so sein, da zum jetzigen Zeitpunkt noch kein Wareneingang gebucht werden kann. Die weiteren 10 Stück in der verfügbaren Menge entstanden aus vorangegangenen Produktionsaufträgen.

Rückmeldung Materialscheine

Datei Funktion Info

Rückmeldenummer

Belegdatum 17.08.2017 Do

Auftrag LA-0000005 Auftragsstatus F in Fertigung

Teil 001242

Bezeichnung Riemenrolle GT2Pulley

Lagerort 1 Hauptlager verfügbare Menge - 15,00 Stk

Entnahmemenge 0,00 Stk Bedarfsmenge 5,00 Stk

Storno rückgem Menge 5,00 Stk

Abbildung 68: Rückmeldung Materialscheine

Des Weiteren müssen die Aktivitäten des Auftrages entsprechend zurück gebucht werden. Dies geschieht im Programm *Rückmeldung Produktion*. Die Rückmeldezeiten entsprechen den Vorgabewerten aus dem Prozess. Die Abbildung 69 soll dies am Fertigungsteil *Riemenrolle* darstellen. Die rückgemeldete Aktivität ist *Drehen*. Falls eine Ausschussmenge angefallen wäre, könnte diese hier festgehalten werden. Das Häkchen bei *Aktion von Prozess* muss dabei gesetzt werden. Nun muss der Fertigungsstand im Programm *Produktionsauftrag* den Status *.P....MBE* haben. M bedeutet, dass das Material des Produktionsauftrages entnommen und gebucht wurde. B bedeutet: Mit der Bearbeitung der ersten Aktivität wurde begonnen. E bedeutet: Die Bearbeitung der letzten Aktivität wurde abgeschlossen und zurückgemeldet. Ersichtlich ist dies in Abbildung 70.

Rückmeldung Produktion

Datei Funktion Extras Info
 Rückmeldenummer
 Auftrag LA-0000005
 Teil 001232
 Belegdatum 17.08.2017 Do
 Auftragsstatus F in Fertigung
 RückmeldeKz Rückmeldung erforderlich
 Lohnart
 Bezeichnung Riemenrolle GT2 Idler Pulley
 Aktivität Drehen
 Rüstaktivität

 Maschinenbedien 100%
 Meldeart tg
 Mitarbeiter 0
 Zeit (hh:mm) 00:00
 Soll tr 50, Min
 Ist tr 0, Min
 Soll te 10, Min
 Ist te 0, Min
 Gutmenge 0,00 Stk
 Ausschussmenge 0,00 Stk
 Storno
 AkvP fertig
 Produktionsmenge 5,00 Stk
 Sollmenge 5,00 Stk
 Gutmenge 5,00 Stk
 Ausschussmenge 0,00 Stk
 Basisressource AP101 FMC Drehzelle Melderessource AP101 FMC Drehzelle
 Basisintensität 1,00 Int MeldeRess 1,0
 BRes gewählt AP101 MeldeRessPos 0

Abbildung 69: Rückmeldung Produktion

Auftragstyp Fertigung
 Auftragsstatus in Fertigung
 Fertigungsstatus .P...MBE.
 Auftragsart Standardauftrag

Abbildung 70: Fertigungsstatus

Sobald alle Aktivitäten zurückgemeldet sind, kann der gesamte Produktionsauftrag fertig gemeldet werden. Dazu muss das Unterprogramm *Fertigmeldung Aufträge* geöffnet werden. Dies erreicht man unter dem Reiter *Funktion* im Programm *Produktionsauftrag*. Auch hier kann wieder in Gutmenge und Ausschussmenge unterschieden werden. Weiters muss ein Häkchen bei *Auftrag fertig* gesetzt werden. Die Abbildung 71 soll dies am Fertigungsteil *Stangenabschnitt* darstellen. Sobald der Auftrag fertig gemeldet wurde, ändert sich der Auftragsstatus auf *archiviert* und beim

Fertigungsstand kommt das Zeichen *T* hinzu. Dieses bedeutet, dass der Produktionsauftrag fertig gemeldet wurde, ersichtlich in Abbildung 72.

Fertigmeldung Aufträge

Datei Funktion Extras Info

Rückmeldenummer 16 Belegdatum 17.08.2017 Do
 Auftrag LA-00000005 Fertigmeldedatum 17.08.2017 Do
 Teil 101232 Auftragsstatus R archiviert

Bezeichnung Stangenabschnitt L=14mm

Lagerort	1	Hauptlager	Produktionsmenge	5,00	Stk
Gutmenge	0,00	Stk	Fertigmenge	5,00	Stk
Ausschussmenge	0,00	Stk	Ausschussmenge	0,00	Stk
			Entnahmemenge	0,00	Stk

Storno
 Auftrag fertig
 Buchungswerte

Abbildung 71: Fertigmeldung Produktionsauftrag

Produktionsauftrag

Datei Bearbeiten Funktion Ansicht Extras Stamm Info

Auftrag LA-00000005 RMNr 16
 Teil 101232 Baugruppennummer 0

Bezeichnung Stangenabschnitt L=14mm

Auftragstyp Fertigung
 Auftragsstatus archiviert
 Fertigungsstand .P...MBET
 Auftragsart Standardauftrag

Belegnummer
 Kommissionsnummer
 Fremdkommission

term/einplanen disponieren
 reservieren reserv (Storno)
 freigeben rücksetzen

Basisdaten Zusatzdaten Info

Verteilerguppe Elektrostückliste
 Sachbearbeiter SB1 Sachbearbeiter 1 Sammelauftrag
 Wiedervorlage geändert
 Lagerort 1 Hauptlager Reihenfolge Aktiv
 Vorgangskette nächster Vorgang Toleranzprüfung
 angelegt durch SB1 17.08.2017 Do Untergrenze 0%
 geändert durch SB1 17.08.2017 Do Obergrenze 999%
 man geändert durch

Abbildung 72: Archivierter Produktionsauftrag

Im Programm *Teile (Info)* kann nun unter dem Reiter *Mawi* der Gesamtbestand aufgerufen werden. Weiters könnten hier auch die Bestände nach einem Lagerort und die Bestände nach Dispositionsbereichen aufgerufen werden. Dies soll zur Kontrolle dienen, ob der Produktionsdurchlauf auch fehlerfrei durchlaufen wurde. Die Abbildung 73 zeigt, dass für die produzierte Baugruppe *Motorhalterung Boden (001602)* nun ein verfügbarer Bestand von 15 Stück im Lager vorhanden ist. Mit dem hier dokumentierten Produktionsdurchlauf wurden 5 Stück produziert und durch ältere Produktionsdurchläufe sind bereits 10 Stück vorhanden. In Abbildung 74 ist ersichtlich, dass der Bestand des Kaufteils *Zylinderschraube* einen negativen Wert aufweist. Dies muss auch so sein, da wie schon weiter oben erwähnt, noch kein Wareneingang gebucht werden kann. Das bedeutet, dass für das Kaufteil *Zylinderschraube* bereits ein Bedarf vorhanden ist, dieser allerdings noch nicht gedeckt werden kann.

The screenshot displays two SAP windows. The left window, titled 'Teile (Info)', shows the search criteria for part 001602, 'Motorhalterung Boden', with search terms 'Motor' and 'Halterung'. The right window, titled 'Gesamtbestand 001602', shows a table of inventory values.

Datei Info		
11 dsp Bestand	0,00	Stk
n dsp Bestandswert	0,00	EUR
dsp Bestand	15,00	Stk
dsp Bestandswert	0,00	EUR
Kommissionsbestand		
freier Bestand		
Auftragsb (Vert)	0,00	Stk
Auftragsb (Prod)	0,00	Stk
Auftragsb (gesamt)	0,00	Stk
Bestellb (Einkauf)	0,00	Stk
Bestellb (Prod)	0,00	Stk
Bestellb (gesamt)	0,00	Stk
Vorratsbestand	0,00	Stk
Meldebestand	0,00	Stk
Maximalbestand	0,00	EUR
Auffüllbestand	0,00	Stk
res Bestand (dspv)	0,00	Stk
Sicherheitsbestand	0,00	Stk
verfügbar 1 (dspv)	15,00	Stk
verfügbar 2 (dspv)	15,00	Stk
res Bestand (LO)	0,00	Stk
verfügbar 1 (LO)	15,00	Stk
Fehlmenge	0,00	Stk

Abbildung 73: Gesamtbestand Motorhalterung Boden

The screenshot displays two SAP windows. The left window, titled 'Teile (Info)', shows the details for part 001608, 'Zylinderschraube mit Innensechskant'. It includes search criteria (Suchbegriff: Schraube, Selektion: Zylinder) and various data fields under the 'Basisdaten' tab, such as 'LagerME 0 Stk', 'Gew/LME 0,0000', and 'Gewicht ME 0 Stk'. The right window, titled 'Gesamtbestand 001608', shows a list of inventory values for different categories, all with a quantity of 0,00.

Category	Quantity	Unit
in dsp Bestand	0,00	Stk
n dsp Bestandswert	0,00	EUR
dsp Bestand -	10,00	Stk
Usp Bestandswert	0,00	EUR
Kommissionsbestand		
freier Bestand		
Auftragsb (Vert)	0,00	Stk
Auftragsb (Prod)	0,00	Stk
Auftragsb (gesamt)	0,00	Stk
Bestellb (Einkauf)	0,00	Stk
Bestellb (Prod)	0,00	Stk
Bestellb (gesamt)	0,00	Stk
Vorratsbestand	0,00	Stk
Meldebestand	0,00	Stk
Maximalbestand	0,00	Stk
Auffüllbestand	0,00	Stk
res Bestand (dspv)	0,00	Stk
Sicherheitsbestand	0,00	Stk
verfügbar 1 (dspv) -	10,00	Stk
verfügbar 2 (dspv) -	10,00	Stk
res Bestand (LO)	0,00	Stk
verfügbar 1 (LO) -	10,00	Stk
Fehlmenge	0,00	Stk

Abbildung 74: Gesamtbestand Zylinderschraube

Es ist rasch ersichtlich, dass der vorgestellte Produktionsdurchlauf noch einige Unterschiede zum SOLL-Konzept aus Kapitel 4 aufweist. Allerdings konnte durch diesen ein erstes Sprungbrett geschaffen werden, um die noch fehlenden Funktionen und Module erfolgreich zu implementieren. Zu allererst sollten noch die Daten der Wertflussgruppen und der Kostenstellen-/Kostenträgerrechnung eingetragen werden. Sobald diese vorhanden sind, macht es Sinn, von der Testumgebung in die Produktivumgebung zu wechseln, denn damit können Wareneingänge, Warenumbuchungen und Vorgangsketten (für einen automatisierten Produktionsdurchlauf) getätigt werden. Danach sollten der Produktkonfigurator und das CA-LINK Modul parallel eingeführt werden. Dadurch wird es ermöglicht, einen Vertriebsauftrag und im Weiteren aus diesen dann einen Produktionsauftrag zu erstellen. Je mehr Produktionsdurchläufe durchgespielt werden, desto mehr Daten bekommt der Optimierer (APS Modul) bzw. können kundenspezifisch Auftragsprioritäten vergeben werden. Mit dem Ziel, den Optimierer an die Eigenschaften eines MES heranzuführen. Sobald all diese Maßnahmen reibungslos getätigt wurden, kann davon ausgegangen werden, dass die Ziele des SOLL-Konzeptes erreicht wurden.

5.2 Schnittstellen

Wenn man die zum Einsatz kommenden Systeme betrachtet, wird ersichtlich, dass für einen reibungslosen Informationsaustausch zwischen den Systemen sechs Schnittstellen definiert, konzeptioniert und schlussendlich auch modelliert werden müssen. Diese sechs Schnittstellen sind:

1. CAD – PDM
- 2. PDM – ERP**
3. PDM – Konfigurator
4. Konfigurator – ERP
5. ERP – MES
- 6. ERP – Maschinenterminal**

Die Schnittstelle zwischen CAD und PDM fällt zur Bearbeitung dieser Diplomarbeit weg, da diese nicht Teil der Aufgabenstellung ist. Startpunkt ist, dass alle Konstruktions- und Strukturdaten bereits im PDM System vorhanden sind. Weiters fallen einige Schnittstellen durch die Verwendung des ERP Systems von proALPHA weg. ProALPHA ist ein aus verschiedenen Funktionsmodulen modular aufgebautes ERP System. Großer Vorteil solcher ERP Systeme ist, dass die Schnittstellen zwischen den einzelnen Funktionsmodulen wegfallen, da diese bereits im ERP System integriert sind. Konkret für den Anwendungsfall dieser Diplomarbeit fallen die Schnittstellen: PDM – Konfigurator; Konfigurator – ERP und ERP – MES weg. Die noch vorhandenen Schnittstellen: PDM – ERP und ERP – Maschinenterminal werden nun im Anschluss konzeptioniert und grafisch visualisiert.

Der Grundgedanke bei der Datenübertragung von einem System auf das andere ist, dass die produktbeschreibenden Daten über ein systemneutrales Format in das andere Informationssystem übertragen werden. Die auszutauschenden Daten werden durch einen Präprozessor vom Informationssystem A in ein neutrales Format übersetzt und durch einen Postprozessor wieder in das richtige Format des Informationssystems B übersetzt.

5.2.1 PDM - ERP

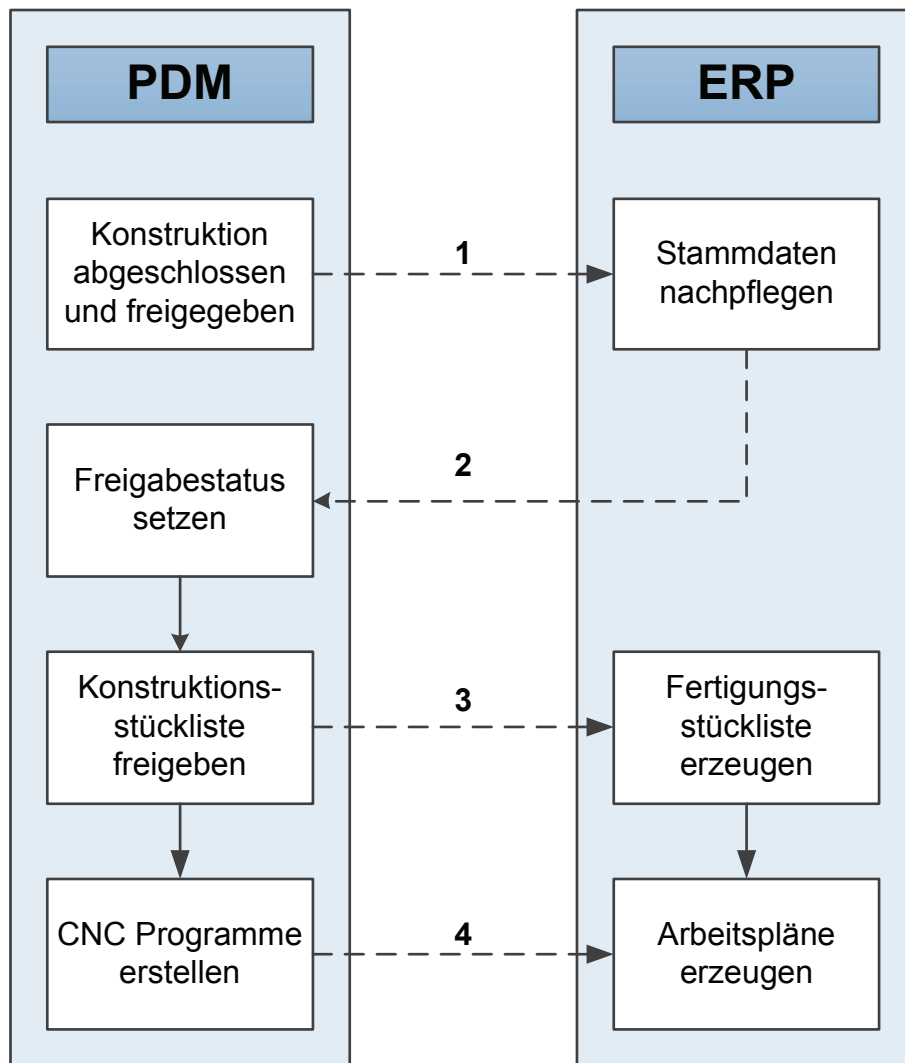


Abbildung 75: Schnittstelle PDM – ERP

Wie schon in der Einleitung zu diesem Unterkapitel erwähnt, inkludiert das ERP System von proALPHA sowohl den Produktkonfigurator als auch das MES. Sobald die Konstruktion im PDM System abgeschlossen und freigegeben wurde, werden die notwendigen Daten dem ERP System übergeben. Es werden im ersten Schritt nicht nur die technischen Teilstammdaten angelegt, sondern dem ERP System werden hier auch die möglichen Produktkonfigurationsmöglichkeiten bzw. die möglichen Varianten übermittelt (1). Diese Datenübergabe kann durch ein Makro erfolgen, welches bereits mit den notwendigen Attributen (Materialart, Werkstoff, Rohmaße,...) befüllt ist. Die Anlage der Kundenstammdaten erfolgt im Produktkonfigurator, welcher bereits ins ERP System integriert ist. Daher wurde dieser Informationsfluss auch nicht abgebildet. Im ERP System werden dann die technischen Teilstammdaten mit den wirtschaftlichen Stammdaten ergänzt. Diese Attribute sind u.a. Lagerorte, Lieferanten, Preise,....

Die nun vollständigen Teilstammdaten werden auch in das PDM System nachgezogen, da z.B. gewisse User des PDM Systems keinen Zugriff auf dispositive Daten des ERP Systems haben. Als Resultat dessen wird der Freigabestatus neu gesetzt (2).

Sobald eine mögliche Produktvariante als freigegeben gesetzt ist, kann im PDM System die Konstruktionsstückliste freigegeben werden. Eine freigegebene Konstruktionsstückliste dient im ERP System zur Erzeugung der Fertigungsstückliste (3). Zur Übergabe der Stückliste ist auch hier wieder ein Makro erforderlich, welches eine Excel-Datei enthält mit welcher die Baugruppenstruktur im ERP System richtig aufgebaut werden kann.

Betriebswirtschaftlich und materialwirtschaftlich muss die Fertigungsstückliste auch freigegeben werden. Diese Freigabe geschieht im ERP System und wird durch die Erzeugung der Arbeitspläne vollzogen. Durch die Auflösung der Fertigungsstückliste im ERP System werden den einzelnen notwendigen Prozessschritten Arbeitspläne zugeteilt. Die notwendigen Informationen zu den Arbeitsplänen bekommt das ERP System aus dem PDM System, welches die CNC Programme aus der Konstruktionsstückliste heraus erstellt (4). Die CNC Programme können über eine CSV-Datei übergeben werden.

Die Hoheit über alle technischen Daten bzw. die Masterstückliste verwaltet das PDM System. Sobald das ERP System durch einen Kundenauftrag Daten zur Produktion benötigt, werden diese über die Schnittstelle zum PDM System bereitgestellt. Die Artikelstammdaten sind im PDM System hinterlegt, allerdings nur jene Daten, welche zuvor schon von der Konstruktion freigegeben wurden. Die Kundenstammdaten sind hingegen im ERP System hinterlegt.

Abschließend sei noch erwähnt, dass es sehr wichtig ist, die Datenredundanz zwischen dem PDM und dem ERP System hinsichtlich Materialstammsätze, Stücklisten und Dokumenten zu kontrollieren. Beispielsweise indem die Datenverantwortlichkeit klar definiert wird. Das PDM System ist für alle technische Daten verantwortlich und das ERP System für alle dispositiven Daten. Möchte man einen Vergleich zum Kapitel 3.5.1 im Theorieteil dieser Arbeit ziehen, so wurde diese Schnittstelle aus einer Kombination von Variante 2 und Variante 3 konzeptioniert. Die Fertigungsstückliste verbleibt zwar im ERP System, allerdings werden die Artikelstammdaten im PDM System verwaltet.

5.2.2 ERP - Maschinenterminal

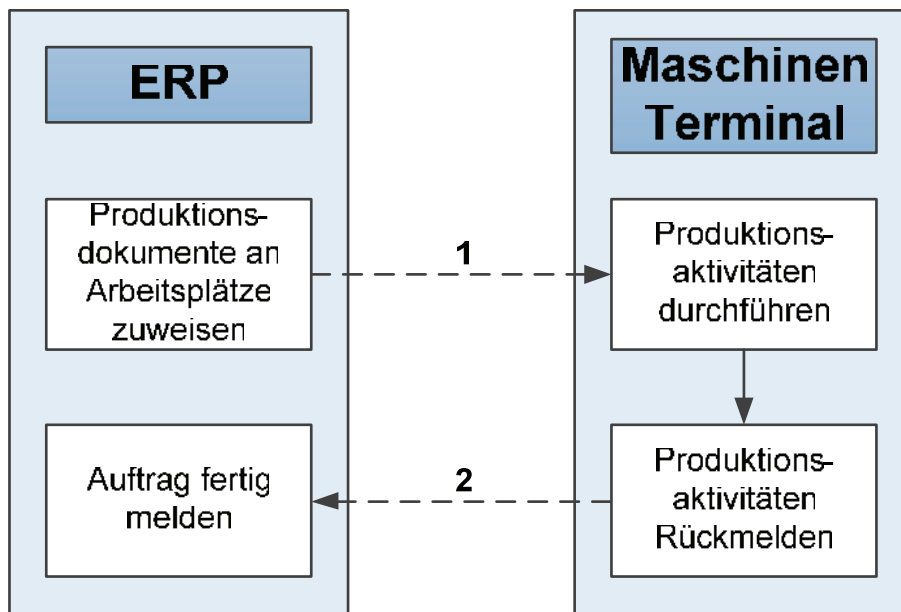


Abbildung 76: Schnittstelle ERP – Maschinenterminal

Damit die Mitarbeiter an den Maschinenterminals bzw. an den flexiblen Fertigungssystemen die notwendigen Informationen zur Verfügung haben, was sie wie und wo zu fertigen haben, muss eine Schnittstelle zwischen dem ERP System (bzw. MES System) und den verschiedenen Maschinenterminals geschaffen werden. An jedem Maschinenterminal ist ein Infoscreen Bildschirm angebracht, auf welchem die notwendigen Informationen zur Fertigung angezeigt werden sollen - um auch in diesem Prozessschritt der papierlosen Auftragsabwicklung gerecht zu werden. Im ersten Schritt werden sämtliche Produktionsdokumente (Arbeitspläne, Schichtpläne, Fertigungszeichnungen, etc. ...) an die jeweiligen zugeordneten Arbeitsplätze zugewiesen (1). Sobald alle notwendigen Produktionsaktivitäten von den Mitarbeitern oder Maschinen durchgeführt wurden, müssen diese Informationen an das zentrale ERP System zurückgemeldet werden (2). Im Besten Fall geschieht dies, indem ein Mitarbeiter nur den „Fertig-Button“ auf einem Touchscreen drückt. Nun hat das ERP System die notwendigen Informationen zur Verfügung, sodass es den Auftrag als fertig melden kann. Diese Fertigmeldung wird meistens vom Produktionsplaner durchgeführt.

6 Zusammenfassung & Ausblick

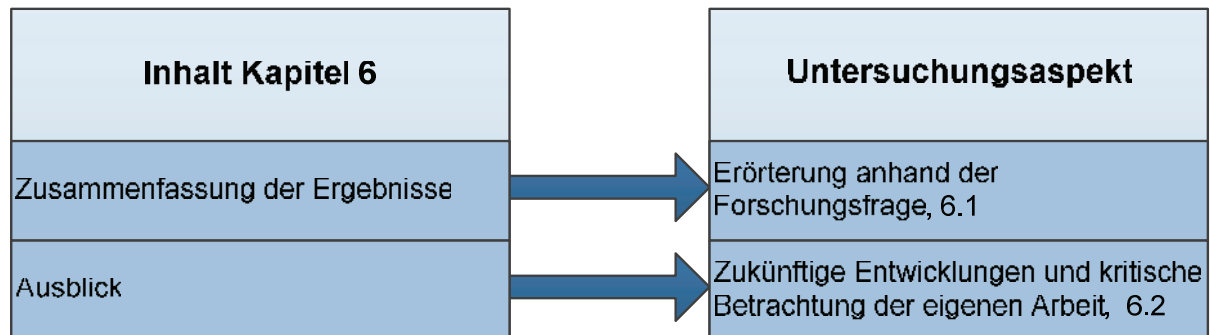


Abbildung 77: Aufbau Kapitel 6

In Abbildung 77 wird der Aufbau dieses Kapitels anhand des Inhalts sowie des jeweiligen Untersuchungsaspektes gezeigt. Das gesamte Kapitel 6 soll diese Diplomarbeit mit einigen Bemerkungen abschließen. Im ersten Teil werden die gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse nochmals zusammengefasst. Hier wird auch anhand der gestellten Forschungsfrage argumentiert. Zusätzlich werden hier die Unterschiede zw. dem SOLL-Konzept aus Kapitel 4 und dem IST Durchlauf aus Kapitel 5 aufbereitet und diskutiert (Kap. 6.1). Abgeschlossen wird nicht nur dieses Kapitel, sondern auch diese Arbeit mit einem kurzen Ausblick. Ein Ausblick hinsichtlich einer möglichen Erweiterung oder Verbesserung der zentralen Aufgabenstellung – dem Auftragsabwicklungsprozess in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 - aber auch ein Ausblick hinsichtlich möglicher Ergänzungen auf Grund von neuen zukünftigen Technologien. Darüber hinaus wird an diesem Punkt die Arbeit zum letzten Mal kritisch reflektiert (Kap. 6.2).

6.1 Zusammenfassung

Das Ergebnis dieser vorliegenden Diplomarbeit ist ein Produktionsdurchlauf einer Baugruppe des 3D-Druckers mit dem ERP System von proALPHA in der Pilotfabrik. Als Basis für diesen diente ein ausgearbeitetes Konzept des Auftragsabwicklungsprozesses in der Pilotfabrik, welches in mehreren Stufen schrittweise erarbeitet wurde. Mittels des Projektmanagementwerkzeuges von proALPHA *goLive* wurde ein Projektplan erstellt, mit welchem die Implementierung aller notwendigen Module zeitlich festgehalten wird. Als erstes wurde das Standardsystem implementiert. Hierfür mussten einige Stammdaten zuerst erarbeitet und anschließend in das ERP System eingespeichert werden.

Die weitere Vorgehensweise bei der Einführung aller Module von proALPHA ist im Kapitel 4.3 dieser Diplomarbeit festgehalten. Ein sehr wichtiges Modul zur erfolgreichen und reibungslosen Abwicklung des SOLL-Konzeptes, ist sicher *CA-LINK*. Durch dieses wird die notwendige Schnittstelle zwischen dem PLM System von Teamcenter und dem ERP System proALPHA realisiert. Konzipiert wurde diese Schnittstelle bereits in Kapitel 5.2. Zur Zeit müssen alle konstruktionsrelevanten Dokumente und Daten noch manuell in das ERP System übertragen werden. Durch *CA-LINK* wird dies dann automatisch vonstatten gehen.

Weiters soll auch der Produktkonfigurator von proALPHA eingeführt werden. Durch diesen soll ermöglicht werden, dass sich jeder Kunde sein individuelles Produkt konfigurieren kann.

Sobald all diese Module erfolgreich implementiert werden, kann davon ausgegangen werden, dass der zum dortigen Zeitpunkt bestehende IST-Zustand dem während dieser Diplomarbeit erstellten SOLL-Konzept entspricht. Zum jetzigen Zeitpunkt ist dies noch nicht der Fall. Begründungen dafür sind einerseits eine sehr verspätete Software Installation, und andererseits nicht ausreichende Ressourcen und Kapazitäten des Unternehmens proALPHA, um den gesamten Auftragsabwicklungsprozess in der geforderten Qualität im Zeitrahmen einer Diplomarbeit zu realisieren.

Ausgangspunkt für die allgemeine Forschungsfrage war das Ziel, den Auftragsabwicklungsprozess so zu gestalten, dass dieser mit den Vorgaben und Zielen der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 übereinstimmt und in die bereits bestehende IT Verfahrenslandschaft eingebettet werden kann. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Ausarbeitung der fachlich theoretischen Grundlagen bildeten einerseits die Basis für die vorliegende Arbeit. Andererseits brachten Besprechungen mit Mitarbeitern der TU Wien Pilotfabrik und die Grundlagenschulungen der proALPHA Academy in Weilerbach den notwendigen praxisrelevanten Input. Um diese Forschungsfrage auch wissenschaftlich fundiert beantworten zu können, wurde

zur Argumentation die Studie *Supply Chain 4.0: Digitalisierung der Lieferkette* herangezogen, welche vom Institut für Fertigungstechnik und Hochleistungslasertechnik im Mai 2017 veröffentlicht wurde. Hauptziel dieser Studie war, zu ermitteln, wie weit Österreichs produzierende Unternehmen bei der Digitalisierung ihrer Prozesskette sind. Weiters sollte untersucht werden, was Großunternehmen von Ihren Lieferanten (KMUs) in Zukunft erwarten und in wieweit KMUs diesen Erwartungen gerecht werden. Zusammenfassend sind die gewonnen Erkenntnisse bezüglich der Industrie 4.0 Akzeptanz und Umsetzung von KMUs aus der Studie für diese Diplomarbeit von größter Bedeutung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Diplomarbeit haben gezeigt, dass es aus heutiger Sicht möglich ist, den Auftragsabwicklungsprozess so zu gestalten, dass eine variantenreiche Serienproduktion bei der Losgröße 1 verwirklicht werden kann. Jedoch bedarf es hier eines sehr komplexen und versierten Umganges mit einem ERP System. Des Weiteren muss dafür das Zusammenspiel mit Industrie 4.0 Technologien, wie etwa RFID, M2M Kommunikation, unternehmensinterne und unternehmensübergreifende Vernetzung der Geschäftsprozesse, gewährleistet sein.

Die Ergebnisse der Studie brachten allerdings zum Vorschein, dass sich Österreichs produzierende Unternehmen der Notwendigkeit und Herausforderung der Digitalisierung zwar bewusst sind, jedoch werden die aktuellen industriellen Informationssysteme noch immer nicht effektiv eingesetzt. Es ist ein Trend für die nächsten fünf Jahre zu beobachten, dass der gesamte Informationsweg der Wertschöpfungskette über ein zentrales ERP System abgewickelt werden soll. Beispielsweise sollen Prozesse zur PPS und Lieferterminisierung sogar vollautomatisiert über das ERP System durchlaufen werden. Gerade Institutionen wie die TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0 können die vorhandenen Lücken der österreichischen Wirtschaft in Betracht auf Industrie 4.0 oder Digitalisierung schließen.¹²⁰

Zusammenfassend kann auf eine sehr interessante Diplomarbeit zurückgeblickt werden. Besonders die Erkenntnisse wie ein neues ERP System konzipiert, implementiert und kontinuierlich optimiert wird, haben einen starken persönlichen Eindruck bei mir hinterlassen.

6.2 Ausblick

Weiterführende Forschungsarbeiten des vorgestellten Auftragsabwicklungsprozesses können in mehreren Bereichen erfolgen.

Der konstruktive Aufbau des 3D-Druckers kann überdacht werden. Zurzeit besteht dieser noch aus sehr vielen Einzelteilen, was im Rückschluss bedeutet, dass die

¹²⁰ (vgl. Bleicher et al., 2017, p. 3 ff.)

Montage sehr aufwendig ist und auch sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Andere Verbindungstypen erfordern andere Fertigungstechnologien, wodurch Potentiale des Automatisierungsgrades und der Wirtschaftlichkeit eröffnet werden können. Weiters können durch ein überdachtes Aufbauprinzip des 3D-Druckers auch die Möglichkeiten der Produktkonfiguration noch weiter ausgenützt werden.

Durch den Besuch von weiterführenden Vertiefungsseminaren in der proALPHA Academy in Weilerbach kann noch mehr Know-How im Umgang mit proALPHA erworben werden. Sodass die erforderlichen Prozesse zur Auftragsabwicklung überarbeitet und überdacht werden können und mögliche Verschwendungen jeglicher Art reduziert bzw. vermieden werden. Die besuchten Grundlagenseminare haben nur einen groben Überblick über den vollen Funktionsumfang von proALPHA gegeben. Des Weiteren kann über eine weiterführende Forschungskooperation mit proALPHA Industrie 4.0-Technologien wie *Pick-by-Vision* in den Auftragsabwicklungsprozess integriert werden.

Am wichtigsten sei jedoch, zu erwähnen, dass der als Ergebnis dieser Arbeit dokumentierte Testdurchlauf des Auftragsabwicklungsprozesses mit dem ERP System proALPHA nur den IST Zustand in der Pilotfabrik des zuvor erarbeiteten SOLL-Konzeptes darstellt. In den weiteren Schritten sollte dieser IST Zustand schrittweise auf den SOLL Zustand herangeführt werden. Da sich die gesamte Auftragsabwicklung in der Pilotfabrik noch in der Aufbauphase befindet, kann man nicht davon ausgehen, dass alle Prozesse auf Anhieb reibungslos durchlaufen werden können. Vielmehr wurde durch diese Arbeit versucht ein Sprungbrett für weitere Entwicklungen in der Auftragsabwicklung zu schaffen.

Zum Schluss könnte noch die Frage auftauchen, ob die zentrale Aufgabenstellung bzw. die zu beantwortende Forschungsfrage auch mit einem anderen ERP System in dieser Qualität erfüllt werden kann. Falls ja, wie würde dann der Auftragsabwicklungsprozess aussehen und wo wären dann Unterschiede zu proALPHA erkennbar? Falls nein, wo befinden sich dann die Stärken von proALPHA? Diese Stärken können dann als Entwicklungspotentiale für andere ERP Softwareentwickler betrachtet werden.

7 Anhang

BG Motorhalterung Boden: 001602

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001242	A	Riemenrolle - GT2Pulley	1		
2	001512	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 3x8	4		
3	001608	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M2x12	2		
4	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	1		
5	001671	A	Stepper Motor - NEMA 17	1		
6	001708	A	BG Umlenkrolle	1		
7	002023	A	Winkelprofil Stepper Motor Boden	1	AP102	2102
8	002040	A	Endschalter Miniature Microswitch	1		

BG Rollenhalterung Drucktisch: 001709

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	2		
2	001707	A	Winkleprofil Rollenhalterung Tischfuehrung	1	AP102	2102
3	001708	A	BG Umlenkrolle	2		
4	001733	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x6	8		
5	01777	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M6x10	2		

BG Drucktisch: 001795

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	00740	A	Sechskantmutter ISO 4032 M6	1		
2	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	2		
3	001708	A	BG Umlenkrolle	2		
4	001777	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M6x10	1		
5	001793	A	Winkelprofil Tischauflage links	1	AP102	2102
6	001794	A	Winkelprofil Tischauflage rechts	1	AP102	2102
7	001797	A	Flachblech Tischauflage Verbindung	1	AP103	2103
8	001833	A	Raendelschraube DIN 464 M3x12	1		
9	001874	A	Scheibe ISO 7089-5	2		
10	001875	A	Scheibe ISO 7089-3	2		
11	001921	C	Blech Drucktisch	1	AP103	2103
12	002087	A	BG Sandwich-Konstruktion	1		
13	002148	A	BG Lagerbock+Linearlager	4		
14	002150	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M5x8	6		
15	002156	A	Riemenhalter2	2	AP101	2101
16	002206	A	Frästeil Drucktisch	2	AP102	2102
17	001875	A	Unterlegscheibe 3,2mm	8		
18	002211	A	Heizbett-Feder	4		
19	002212	A	Flachkopfschraube mit Schlitz ISO1580-M3x30	4		
20	001733	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x6	2		
21	002216	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M5x30	4		
22	002258	A	Auslöseplatte Induktionssensor	1		

BG Riemenumlenkung 1: 001866

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001608	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M2x12	2		
2	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	1		
3	001708	A	BG Umlenkrolle	2		
4	001807	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x40	1		
5	002024	A	Winkelprofil Halterung Umlenkrolle 1	1	AP102	2102
6	002040	A	Endschalter Miniature Microswitch	1		
7	002095	A	Abstandhalter Endschalter XY 1	1	AP103	2103
8	002200	A	Distanzhülse d6x8	1	AP101	2101

BG Riemenumlenkung 2: 001867

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001608	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M2x12	2		
2	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	1		
3	001708	A	BG Umlenkrolle	2		
4	001807	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x40	1		
5	002030	A	Winkelprofil Halterung Umlenkrolle 2	1	AP102	2102
6	002040	A	Endschalter Miniature Microswitch	1		
7	002200	A	Distanzhülse d6x8	1	AP101	2101

BG Stellfuß M8x16: 001901

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	002078	A	Sechskantmutter ISO 4032 M8	1		
2	002273	A	Stellfuß M8x16	1		

BG Extruderschlitten V5: 002020

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	000933	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x12	4		
2	000945	A	Sechskantmutter DIN EN ISO 7040-M3	4		
3	001494	A	Luefter 40x40x10 Extruder/Minitronics	1		
4	001512	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x8	2		
5	001649	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x25	2		
6	001671	A	Stepper Motor - NEMA 17	1		
7	001727	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x35	2		
8	001733	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x6	2		
9	001874	A	Scheibe ISO 7089-5	4		
10	001875	A	Scheibe ISO 7089-3	2		
11	001960	A	E3D v6 1.75 FullKit Universal	1		
12	001987	A	Flachblech Extruderplattform	1	AP103	2103
13	001998	A	BG Full Metal Cold End	1		
14	002038	A	Luefterhalterung Erzeugniskuehlung	1		
15	002050	A	D-Sub 15 Male Cable Connector	1		
16	002051	A	D-Sub 15 Female Cable Connector	1		
17	002148	A	BG Lagerbock+Linearlager	4		
18	002150	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M5x8	4		
19	002256	A	BG Induktiver Sensor	1		
20	002046	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M6x55	2		
21	002053	A	Wippschalter-Stromversorgung	1		

BG Fuehrung Extruder V2: 002102

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001564	A	Fuehrungsstange Extruderfuehrung	2	AP101	2101
2	001708	A	BG Umlenkrolle	4		
3	001807	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x40	4		
4	001875	A	Scheibe ISO 7089-3	4		
5	001876	A	Scheibe ISO 7089-6	2		
6	002005	A	BG Fuehrungsschlitten	2		
7	002013	A	Buchse IGUS GFM-0809-08	2		
8	002176	A	Linsenflachkopfschraube ISO7380 M6x16	2		
9	002200	A	Distanzhülse d6x8	2	AP101	2101
10	002203	A	Distanzhülse d6x16	2	AP101	2101

BG Riemenspanner V2: 002173

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001512	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M3x8	4		
2	001671	A	Stepper Motor - NEMA 17	1		
3	002172	A	Z-Profil 40x60x40x4	1	AP102	2102
4	002205	A	Flügelschraube DIN316 M4x18	1		

BG Filament-Halterung: 002213

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	002188	A	Befestigungswinkel Filament	2	AP102	2102
2	002189	A	Stange Filamenthalterung	1	AP101	2101

BG Umlenkrolle: 001708

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	000930	A	Sechskantmutter ISO 4032 M3	1		
2	000932	A	Kugellager_id329	2		
3	000945	A	Sechskantmutter DIN EN ISO 7040-M3	1		
4	001232	A	Riemenrolle - GT2 Idler Pulley	1	AP101	2101

BG Sandwich-Konstruktion: 002087

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001991	A	Heizbett	1		
2	002085	A	Isolierplatte Heizbett	1		

BG Lagerbock+Linearlager: 002148

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	002017	A	Sicherungsring DIN 472 15x1	2		
2	002125	A	Linearlager_LM8UU	1		
3	002147	A	Lagerbock	1		

E3D v6 1.75 FullKit_Universal: 001960

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001523	A	Luefter 30x30x10	1		
2	001958	A	Düse - E3D v6.3 Nozzle 1.75 - ALL	1		
3	001959	A	HotEnd HeatBlock - E3D v6	1		
4	001978	A	Heatsink - E3D v6 HotEnd	1		
5	001980	A	Heatbreak - E3D v6 HotEnd	1		
6	001981	A	Luefterhalterung HotEnd	1		

BG Full Metal Cold End: 001998

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001955	A	Full metal cold end	1		
2	001993	A	Kugellager 608	1		
3	002000	A	Cold End Komponente	1		

BG Induktiver Sensor: 002256

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	002254	A	Induktiver Sensor	1		
2	002255	A	Befestigungsmutter Induktiver Sensor	2		
3	002257	A	Stecker Induktiver Sensor	1		

BG Fuehrungsschlitten: 002005

Pos.	Nummer	Änderungsstand	Beschreibung	Stückzahl	Arbeitsplatz	Kostentelle
1	001874	A	Scheibe ISO 7089-5	2		
2	002004	A	Winkelprofil Fuehrungsschlitten	1	AP102	2102
3	002148	A	BG Lagerbock+Linearlager	2		
4	002150	A	Zylinderschraube mit Innensechskant DIN 912 M5x8	2		

8 Literaturverzeichnis

- Abramovici, M., Herzog, O., 2016. Engineering im Umfeld von Industrie 4.0: Einschätzungen und Handlungsbedarf (acatech Studie). Herbert Utz Verlag, München.
- acatech, 2016a. Kompetenzen für Industrie 4.0: Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech Position). Herbert Utz Verlag, München.
- acatech, 2016b. Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0: Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. Herbert Utz Verlag, München.
- Arentz, O., Münstermann, L., 2013. Mittelunternehmen statt KMU? Ein Diskussionsbeitrag zum Mittelstandsbegriff, No. 01/2013. ed. Otto-Wolff-Institut Discussion Paper, Köln.
- Arnold, V., Dettmering, H., Engel, T., Karcher, A., 2011. Product Lifecycle Management beherrschen: Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand, 2. neu bearbeitete Auflage. ed. Springer-Verlag, München.
- Bauernhansl, T., ten Hompel, M., Vogel-Heuser, B., 2014. Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung - Technologien - Migration. Springer-Verlag, Wiesbaden.
- Bleicher, F., Akhavei, F., Pöchgraber, G., 2017. Studie Supply Chain 4.0: Digitalisierung der Lieferkette. Technische Universität Wien, Wien.
- Buhl, M., 2008. Produktionsplanung und -steuerung in mittelständischen Unternehmen unter besonderer Berücksichtigung von Enterprise Resource Planing Systems. TU Wien, Diss., Wien.
- Decker, M., 1993. Variantenfließfertigung. Physica-Verlag, Mannheim.
- Dombrowski, U., Mielke, T., 2015. Ganzheitliche Produktionssysteme: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen. Springer-Verlag, Braunschweig.
- Eigner, M., Stelzer, R., 2009. Product Lifecycle Management, Ein Leitfadens für Product und Life Cycle Management, 2., neu bearbeitete Auflage. ed. Springer-Verlag, Kaiserslautern und Dresden.

- Europäische Union, 2015. Benutzerleitfaden zur Definition von KMU. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg.
- Gerhard, D., 2016. Handbuch Produktentwicklung. Carl Hanser Verlag, München.
- Gerhard, D., 2015. Handout Auftragsabwicklung. TU Wien Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik, Wien.
- Gerhard, D., Sihn, W., Bleicher, F., Pollak, C., Erol, S., 2016. Pilotfabrik Industrie 4.0 Kick-Off-Meeting. TU Wien, Wien.
- Hansen, H.R., Mendling, J., Neumann, G., 2015. Wirtschaftsinformatik: Grundlagen und Anwendungen, 11. völlig neu bearbeitete Auflage. ed. De Gruyter, Stuttgart.
- Hansjürgen, P., 2016. Industrie 4.0: Annäherung an ein Konzept, No. 05/2016. ed. Forschung Aktuell, Institut Arbeit und Technik (IAT), Gelsenkirchen.
- Hesseler, M., Görtz, M., 2008. Basiswissen ERP-Systeme: Auswahl, Einführung & Einsatz betriebswirtschaftlicher. W3L-Verlag, Herdecke.
- Klette, G., El-Hussein, T., Vajna, S., 2008. Teamcenter Express - kurz und bündig: EDM/PDM Grundlagen und Funktionen sicher erlernen, 1.Auflage. ed. Vieweg+Teubner Verlag, Magdeburg.
- Koch, S., 2015. Einführung in das Management von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen und TQM, 2. Auflage. ed. Springer-Verlag, Frankfurt.
- Koether, R., Augustin, S., 2011. Taschenbuch der Logistik, 4. aktualisierte und erweiterte Auflage. ed. Hanser, München.
- Kurbel, K., 2016. Enterprise resource planning und supply chain management in der Industrie: von MRP bis Industrie 4.0, 8. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. ed. De Gruyter, Berlin.
- Kurbel, K., 2005. Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management, 6. völlig überarbeitete Auflage. ed. Oldenbourg, München, Wien.
- Masak, D., 2005. Moderne Enterprise Architekturen. Springer-Verlag, Deutschland.

- Pfohl, H.-C., 2010. Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 8. neu bearbeitete und aktualisierte Auflage. ed. Springer-Verlag, Darmstadt.
- proALPHA Business Solutions GmbH, 2017a. proALPHA ERP - Komplettlösung. Weilerbach.
- proALPHA Business Solutions GmbH, 2017b. Vertrag zur befristeten Softwareüberlassung an Bildungseinrichtungen. Weilerbach.
- proALPHA Business Solutions GmbH, 2016. Delta Broschüre - Neuerungen in Version 6.2. Weilerbach.
- proALPHA Business Solutions GmbH, 2015. proALPHA Imagebroschüre. Weilerbach.
- proALPHA Consulting GmbH, 2017. Grundlagenseminar G3: Materialwirtschaft. Weilerbach.
- proALPHA Consulting GmbH, 2016. Grundlagenseminar G4: Produktion. Weilerbach.
- Reisinger, S., 2007. Strategisches Management in österreichischen Klein- und Mittelunternehmen des produzierenden Sektors. Trauner, Linz.
- Schuh, G., 2006. Produktionsplanung und -steuerung, Grundlagen, Gestaltung und Konzepte, 3. völlig neu bearbeitete Auflage. ed. Springer-Verlag, Aachen.
- Seidlmeier, H., 2015. Prozessmodellierung mit ARIS: Eine beispielhafte Einführung für Studium und Praxis in ARIS 9, 4. aktualisierte Auflage. ed. Springer-Verlag, Rosenheim.
- Sihn, W., Matyas, K., 2012. Produktions- und Qualitätsmanagement 1: Grundlagen der Fertigungsorganisation. TU Wien Institut für Managementwissenschaften, Wien.
- Stormer, H., 2007. Kundenbasierte Produktkonfiguration Informatik-Spektrum, 322–326.
- Thome, R., 2016. Betriebswirtschaftliche Software Enterprise Resource Planning: Effizienzsteigerung durch den Einsatz moderner ERP-Lösungen. eBusiness-Lotse Mainfranken, Würzburg.

- Urbanic, R.J., Hedrick, R., 2015. Fused Deposition Modeling Design Rules for Building Large, Complex Components Computer-Aided Design and Applications, 1–21.
- Verein Deutscher Ingenieure, 2016a. Informationsverarbeitung in der Produktentwicklung: Einführung und Betrieb von PDM-Systemen. Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Verein Deutscher Ingenieure, 2016b. Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution Systems - MES). Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Verein Deutscher Ingenieure, 2013. Fertigungsmanagementsysteme (Manufacturing Execution Systems - MES): Logische Schnittstelle zur Maschinen- und Anlagensteuerung. Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Verein Deutscher Ingenieure, 2012. Ganzheitliche Produktionssysteme: Grundlagen, Einführung und Bewertung. Beuth Verlag GmbH, Düsseldorf.
- Westkämper, E., 2006. Einführung in die Organisation der Produktion. Springer-Verlag, Stuttgart.
- Wiendahl, H.-H., 2011. Auftragsmanagement der industriellen Produktion: Grundlagen, Konfiguration, Einführung. Springer-Verlag, Korntal.
- Wiendahl, H.-P., 2014. Betriebsorganisation für Ingenieure, 8. überarbeitete Auflage. ed. Hanser, München.
- Wilmjakob, H., 2012. PPS im Automobilbau: Produktionsprogrammplanung und -steuerung von Fahrzeugen und Aggregaten. Hanser, München.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 2: Aufbau Kapitel 2	7
Abbildung 3: Schwellenwerte der Europäischen Kommission	9
Abbildung 4: Industrielle Revolutionen der letzten 260 Jahre	12
Abbildung 5: Am Auftragsabwicklungsprozess beteiligte Bereiche.....	17
Abbildung 6: Eingliederung der PPS in den Unternehmensablauf.....	18
Abbildung 7: Zielsystem der PPS	20
Abbildung 8: Aufgabenbereiche der Materialwirtschaft.....	21
Abbildung 9: Grundformen der "erweiterten" EPK	24
Abbildung 10: Beispielprozess im Sichtenkonzept	25
Abbildung 11: Historische Entwicklung der Produktionssysteme.....	27
Abbildung 12: Fertigungstypen und Fertigungsprinzipien	29
Abbildung 13: Aufbau Kapitel 3	32
Abbildung 14: Integration von IIS in ein Unternehmen	35
Abbildung 15: Zusammenhang von Informationssystementwicklung und Softwareentwicklung.....	36
Abbildung 16: Historische Entwicklung der Produktionsplanungsansätze	39
Abbildung 17: Die allgemeine n-Tier-Architektur	41
Abbildung 18: Aufbau eines ERP-Systems.....	42
Abbildung 19: Funktionsumfang von ERP-Systemen	43
Abbildung 20: proALPHA Module	45
Abbildung 21: Einordnung von PDM und PLM in den Produktlebenszyklus	48
Abbildung 22: Architektur von PDM-Systemen.....	50
Abbildung 23: Grundfunktionen eines PDM-Systems	51
Abbildung 24: Einordnung von MES in den Leitebenen eines Unternehmens	54
Abbildung 25: Schnittstellendefinition	57
Abbildung 26: Optionen der Aufgabenteilung zwischen ERP und PDM	59
Abbildung 27: Umfeld und Schnittstellen von Manufacturing Execution Systems	60
Abbildung 28: Aufbau Kapitel 4	61
Abbildung 29: Logo Pilotfabrik Industrie 4.0	62
Abbildung 30: Organigramm der Pilotfabrik	64
Abbildung 31: Layout der Pilotfabrik	65
Abbildung 32: Vertikale IT Infrastruktur in der Pilotfabrik.....	67
Abbildung 33: Baugruppenebenen 3D-Drucker	69
Abbildung 34 Gesamtbaugruppe 3D-Drucker.....	69

Abbildung 35: Vertriebsprozess Teil 1	72
Abbildung 36: Vertriebsprozess Teil 2	73
Abbildung 37: Produktionsprozess Teil 1	74
Abbildung 38: Produktionsprozess Teil 2	75
Abbildung 39: Produktionsprozess Teil 3	76
Abbildung 40: Beschaffungsprozess Teil 1	77
Abbildung 41: Beschaffungsprozess Teil 2	78
Abbildung 42: Beschaffungsprozess Teil 3	79
Abbildung 43: Versandprozess	80
Abbildung 44: Rechnungsprozess	81
Abbildung 45: Benutzeroberfläche Teamcenter 9	86
Abbildung 46: Aufbau Kapitel 5	87
Abbildung 47: proALPHA Benutzeroberfläche	89
Abbildung 48: Lagerorte, Dispobereiche	90
Abbildung 49: Kostenstellen	91
Abbildung 50: Kostenartengruppen	91
Abbildung 51: Ressourcengruppen	92
Abbildung 52: Ressourcen	93
Abbildung 53: Aktivitäten	93
Abbildung 54: Prozesse	94
Abbildung 55: Teile-Lagerort/Lieferant/Dispo	95
Abbildung 56: Stücklisten Hierarchie	96
Abbildung 57: Stückliste 000737	96
Abbildung 58: Stückliste 100736	97
Abbildung 59: Detailstückliste 100736	97
Abbildung 60: Stückliste-Prozess	98
Abbildung 61: Graphische Strukturstückliste	99
Abbildung 62: Neuanlage Produktionsauftrag	100
Abbildung 63: Programm Produktionsauftrag	101
Abbildung 64: Auftragsgantt	101
Abbildung 65: Wareneingang	102
Abbildung 66: Freigabe Produktionsauftrag	103
Abbildung 67: Sammelmaterialschein	103
Abbildung 68: Rückmeldung Materialscheine	104
Abbildung 69: Rückmeldung Produktion	105
Abbildung 70: Fertigungsstand	105
Abbildung 71: Fertigmeldung Produktionsauftrag	106
Abbildung 72: Archivierter Produktionsauftrag	106
Abbildung 73: Gesamtbestand Motorhalterung Boden	107
Abbildung 74: Gesamtbestand Zylinderschraube	108
Abbildung 75: Schnittstelle PDM – ERP	110

Abbildung 76: Schnittstelle ERP – Maschinenterminal	112
Abbildung 77: Aufbau Kapitel 6	113

10 Formelverzeichnis

Formel 1: Wirtschaftlichkeit.....	20
-----------------------------------	----

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: KMU-Definition des IfM Bonn.....	10
Tabelle 2: Erste Abschätzung der Nutzenpotentiale.....	15
Tabelle 3: Fertigungstypen: Vergleichende Betrachtung.....	28
Tabelle 4: Stückliste Gesamtbaugruppe 3D-Drucker.....	70
Tabelle 5: Lagerplätze in der Pilotfabrik.....	90
Tabelle 6: Arbeitsplätze in der Pilotfabrik.....	92
Tabelle 7: Lieferanten in der Pilotfabrik.....	95