

Anforderungen an ein Manufacturing Execution System in einer Stahlgießerei und Ableitung von Optimierungspotenzialen am Beispiel der Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H.

Masterarbeit
von
BSc Roland Gottfried Kahr



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 16. August 2011

Aufgabenstellung

Herrn cand. ing. **Roland Gottfried Kahr** wird das Thema

"Anforderung an ein Manufacturing Execution System in einer Stahlgießerei und Ableitung von Optimierungspotenzialen am Beispiel der Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H."

zur Bearbeitung in einer Masterarbeit gestellt.

Im ersten Teil der Masterarbeit sind die theoretischen Grundlagen zur Bearbeitung der beschriebenen Themenstellung zu erarbeiten. Basierend auf den Normen und der Fachliteratur ist zuerst eine einheitliche Begriffsdefinition für Manufacturing Execution Systeme (MES) in Stahlgießereien zu schaffen. Darauf aufbauend sollen die Funktionsbereiche und insbesondere der funktionale Aufbau von MES-Systemen sowie die Voraussetzungen und Gründe für die Implementierung eines solchen Systems erläutert werden.

Im empirischen Teil soll der Einsatz eines MES-Systems in einer Stahlgießerei anhand des Fallbeispiels der Maschinenfabrik Liezen näher untersucht werden. Ausgehend von einer Systemanalyse der Fertigung der Stahlgießerei mit einer detaillierten Beschreibung der relevanten Prozesse und Informationsflüsse, sind die Schwachstellen, die durch ein MES verbessert werden können, zu erheben. Darauf aufbauend sind die spezifischen Anforderungen an ein MES-System und dessen relevante Bestandteile für die Stahlgießerei darzustellen. Abschließend sollen die generierbaren Optimierungspotenziale am Fallbeispiel diskutiert und soweit bewertbar auch bewertet werden.

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Hubert Biedermann', is positioned above the printed name.

Leoben, im September 2010

o.Univ.-Prof. Dr. Hubert Biedermann

Eidesstattliche Erklärung

„Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmitteln nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.“

16.08.2011

Datum



BSc Kahr Roland Gottfried

Danksagung

Softwaresysteme stellen einen immer wichtiger werdenden Teilbereich in der innerbetrieblichen Leistungserstellung dar, wobei die rasante Entwicklung in diesem Bereich nahezu keine Grenzen zu kennen scheint. Unternehmen haben bereits vor geraumer Zeit die Notwendigkeit und die Möglichkeiten erkannt, die derartige Systeme für den unternehmerischen Erfolg und für die Verbesserung des Produktionsablaufs mit sich bringen. MES-Systeme stellen aber eigentlich Softwaresysteme dar, die neben weiteren Funktionalitäten nur versuchen, eine vollständige und durchgängige Informationsbereitstellung zwischen der Unternehmensleitebene und der operativen Ebene zu erreichen, wobei dies die gesamte Datenaufbereitung inkludiert. Damals im Studium waren diese MES-Systeme eher ein Randbereich der Softwareentwicklung, sodass der Fokus eher auf ERP-Systemen, als auf MES-Systemen lag, was damals ja auch dem Stand der Technik entsprach. Heute, ungefähr vier Jahre später, sieht das Bild schon wieder deutlich anders aus, sodass sich die MES-Systeme in den Unternehmen zunehmend durchsetzen, da einerseits die Systeme heute deutlich ausgereifter sind und andererseits immer mehr betriebliche Funktionalitäten unterstützen. Ich persönlich hätte mir nicht gedacht, dass meine Abschlussarbeit ein MES-System darstellen wird, sondern war immer überzeugt, dass es sich um eine fördertechnische Problemstellung handeln wird. Im Nachhinein bin ich überzeugt, dass es aufgrund der Aktualität des Themas, sowie aufgrund der zukünftigen Entwicklungen im Softwarebereich eigentlich kein besseres Thema geben kann. Wie interessant derartige Softwaresysteme überhaupt sind, welche Faktoren welche Programme berücksichtigen und welche Möglichkeiten und Potenziale solche Systeme ermöglichen, ist mir erst seit der Forschungstätigkeit im Rahmen der Arbeit aufgezeigt worden. Ich bin davon überzeugt, dass MES-Systeme wie auch vormals die ERP-Systeme die Zukunft der betrieblichen Informationsverarbeitung und Informationsbereitstellung darstellen, sodass aus meiner Sicht die Aktualität und das Wissen über derartige Systeme extrem wichtig ist.

Jedoch ist es nicht möglich eine praxisnahe wissenschaftliche Arbeit in einem Unternehmen zu verfassen, wenn nicht alle beteiligten Personen einerseits hinter dem Projekt stehen und andererseits die für die Datenerhebung und Weiterverarbeitung notwendigen Informationen weitergegeben werden. In diesem Sinne möchte ich mich zunächst einmal bei allen Mitarbeitern und Führungskräften der Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. und hier insbesondere beim Hrn. Dkfm. Decker und beim Hrn. Dipl. Ing. Fuchs für die Unterstützung recht herzlich bedanken. Ganz besonders möchte ich mich bei Hrn. Dipl. Ing. Fuchs für die laufende und umfassende Unterstützung bei diesem Projekt bedanken, sowie auch für die Möglichkeiten die mir bei der MFL zur Verfügung gestellt worden sind. Ohne diese Unterstützung und das übermittelte Fachwissen wäre eine derartige Arbeit nicht möglich gewesen. Ein großer Dank gilt auch Hrn. Ing. Vasold, der als Mitglied des Projektteams mit seiner Erfahrung im Hinblick auf Softwaresysteme mir stets mit Rat und Fachwissen zur Seite gestanden ist. Vielen Dank euch allen für die Unterstützung.

Weiters möchte ich mich bei meinen Eltern, Walter und Sigrid Kahr bedanken, die es mit meiner Entscheidung, während des Studiums direkt in das Berufsleben einzusteigen und die sich daraus ergebenden Probleme wahrlich nicht leicht mit mir gehabt haben. Aufmerksam haben sie mir bei den laufend auftretenden Problemen zugehört, sind mir mit Rat und Tat beiseite gestanden und haben mich laufend wieder aufgerichtet, wenn einmal die Dinge nicht so gelaufen sind, wie dies vorgesehen war. Vielen Vielen Dank für diese Unterstützung, ohne die ich die ganzen Belastungen wohl nicht so gemeistert hätte. Dasselbe gilt natürlich auch für meine Schwester Michaela Kahr, sowie für ihren Lebensgefährten Robert Lackner, die mir auch jederzeit beiseite gestanden sind, aus ihren eigenen Erfahrungen

berichtet haben, und mir vielfach wertvolle Tipps gegeben haben. Hinzu kommt noch meine Nichte Anna Kahr, die mir oft mit ihrer unbeschweren Art so manches Problem doch ein wenig leichter sehen lassen hat, und mir damit auch gezeigt hat, welche Dinge im Leben eigentlich wirklich wichtig sind, und welche nach näherer Betrachtung dann oft doch nicht so schwierig und unlösbar sind, wie diese zunächst den Anschein haben. Auch euch Dreien vielen Dank für die Unterstützung.

Ein großer Dank gilt auch dem Department für Betriebs- und Wirtschaftswissenschaften an der Montanuniversität Leoben und in diesem Zusammenhang Hrn. O. Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. mont. Hubert Biedermann, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit am genannten Lehrstuhl zu verfassen. Weiters möchte ich mich bei Hrn. Mag. Rainer bedanken, der mir mit seinen Korrekturen und Tipps bei der laufenden Weiterentwicklung meiner wissenschaftlichen Arbeit sehr weitergeholfen hat. Ohne diese wertvolle Unterstützung des Departments für Betriebs- und Wirtschaftswissenschaften wäre die Arbeit kaum in der vorliegenden Qualität und Ausführung möglich gewesen. Vielen Dank für die Unterstützung.

Zum Abschluss möchte ich mich auch bei allen übrigen Personen bedanken, die oben noch nicht angeführt sind, die entweder bewusst, oder unbewusst mit der einen oder anderen Aussage, Gestik oder Hilfestellung auch einen wertvollen Beitrag sowohl für die Erstellung dieser Arbeit, als auch für mein weiteres Leben geleistet haben. Hierbei möchte ich noch meinen sehr guten Freund Hrn. Dipl. Ing. Morak hervorheben und mich bei ihm recht herzlich für die Unterstützung bedanken. Ich wünsche euch allen, die mir in den letzten Jahren beigestanden und mich unterstützt haben, von ganzem Herzen alles Gute, und werde keinesfalls Zögern, wenn auch ihr meine Hilfe benötigt, mit vollem Einsatz auch euch zu helfen und beizustehen.

Glück Auf!

Kahr Roland Gottfried

Kurzfassung

Die Unterstützung der Produktion mittels Softwaresystemen hat in der Vergangenheit deutlich zugenommen. Bereits mit der Entwicklung und Verbreitung von Enterprise Resource Planning (ERP)-Systemen wurde dieser erste Schritt gesetzt. Aufgrund zahlreicher Nachteile, vor allem im operativen Bereich, erfolgte die Entwicklung von Manufacturing Execution Systemen (MES). MES-Systeme stellen modular aufgebaute Softwaresysteme dar, die individuell auf den Anwendungsfall abgestimmt werden. Ein MES-System stellt das Bindeglied in der IT-Landschaft zwischen dem ERP-System und den operativen Prozessen dar. In der vorliegenden Arbeit werden die Anforderungen an ein MES-System, sowie die daraus generierbaren Verbesserungspotenziale für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei erarbeitet. Dafür bedarf es zunächst einer eindeutigen Begriffsdefinition für MES-Systeme in Stahlgießereien und der Darstellung der Grundlagen dieser Systeme inklusive des funktionalen Aufbaus. Damit Anforderungen abgeleitet werden können, müssen die relevanten Informationsprozesse analysiert werden. Für diese Analyse wurden zur Systemabgrenzung das LIPOK-Modell und zur Darstellung der Prozessschritte Flussdiagramme eingesetzt. Basierend auf der Prozessanalyse konnten die Schwachstellen in der aktuellen Fertigung der Gießerei abgeleitet werden. Diese Schwachstellen führen zur Definition von Anforderungen an ein MES-System in der Stahlgießerei. Durch die Einführung von MES-Systemen können zum Teil erhebliche Verbesserungspotenziale generiert werden. Welche Potenziale sich durch die Einführung ergeben können, zeigt die dargestellte Berechnung für die Stahlgießerei.

Abstract

In the last few years computer aided support of production processes increases. The first step in development of such programs was the design of so called enterprise resource planning systems (ERP). These systems support a few processes in company, but they don't support operative production processes. As a result of many negative aspects so called manufacturing execution Systems (MES) are developed. MES- systems are software systems, which consist of few modules with different functionality to support production processes in real time. As a result of these modules, functionality and used modules are different for each company. MES- systems connects ERP-systems to operative production processes and solve problems in connection with this gap of information. In this text requirements and potentials that can be generated by a MES-system are developed. Actual there is no clear definition for MES-systems in foundries in literature, so that a clear definition has to be found. In order to understand functionality and scope of MES- systems some basic information is given and important modules are mentioned. To be able to generate weak spots, an analysis of entire production process is necessary. The Model for analysis of system boundary used in this text is the so called SIPOC-model. In order to understand the process flow so called flow charts are used to visualize process steps. The given weak spots define requirements on a MES-System in production process of foundry. Establishment of MES-Systems generates potential and improves information flow within production process. It's very difficult to assess improvement of implementation of a mes-system, but in this case of steel foundry an amount of potentials are given and illustrated.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	iii
Danksagung	iv
Kurzfassung	vi
Abstract	vii
Inhaltsverzeichnis	viii
Abbildungsverzeichnis	xi
Tabellenverzeichnis	xiii
Abkürzungsverzeichnis.....	xiv
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Themenstellung	1
1.2 Forschungsfragen der Arbeit	2
1.3 Aufbau der Arbeit	3
2 Die Maschinenfabrik Liezen.....	5
2.1 Allgemeine Beschreibung der MFL.....	5
2.2 Die organisatorische Struktur der MFL	6
2.3 Die Stahlgießerei der Maschinenfabrik Liezen.....	6
2.3.1 Der Schmelzbetrieb.....	7
2.3.2 Der Formerei- und Kernmachereibetrieb.....	8
2.3.3 Der Modellbau	10
2.3.4 Die Adjustage.....	11
2.3.5 Die Qualitätsstelle.....	13
3 Manufacturing Execution System - MES	15
3.1 Begriffsdefinition für MES-Systeme in Stahlgießereien	15
3.1.1 Begriffsdefinition und Abgrenzung Stahlgießerei.....	16
3.1.2 Begriffsdefinition und Abgrenzung ERP-Systeme	17
3.1.3 Begriffsdefinition und Abgrenzung MES-System	18
3.1.4 Definition MES-System für Stahlgießereien.....	20
3.2 Grundlagen Manufacturing Execution System	21
3.2.1 Gründe für die Implementierung eines MES-Systems	21
3.2.2 Funktionsebenen eines Unternehmens	26
3.2.3 Eingliederung von MES-Systemen in die Unternehmensebenen	28

3.2.4	Voraussetzungen für ein Manufacturing Execution System	33
3.3	Aufbau von Manufacturing Execution Systemen.....	36
3.3.1	Funktionen und Aufgaben eines MES-Systems.....	37
3.3.2	Der modulare Ansatz für MES-Systeme.....	40
3.3.3	Module des Funktionsbereichs Fertigung eines MES.....	41
3.3.4	Module des Funktionsbereichs Personal eines MES	45
3.3.5	Module des Funktionsbereichs Qualität eines MES	48
3.3.6	Weiterführende Module eines MES-Systems	52
3.3.7	Module für einen Serienfertiger.....	53
4	Systemanalyse der Fertigung der Stahlgießerei	55
4.1	Vorgehensweise bei der Schwachstellenanalyse.....	55
4.2	Zielstellung der Schwachstellenanalyse	57
4.3	Der strukturelle Aufbau der Gießerei.....	58
4.3.1	Die administrative Ebene der Stahlgießerei.....	59
4.3.2	Die operative Ebene der Stahlgießerei	60
4.4	Kernprozesse und Informationsobjekte	63
4.4.1	Eingesetzte Modelle zur Prozessdarstellung	63
4.4.2	Der Prozess der Arbeitsvorbereitung.....	65
4.4.3	Der Prozess der Zeitwirtschaft.....	66
4.4.4	Der Schmelzenerstellungsprozess	67
4.4.5	Der Form und Kernherstellungsprozess	68
4.4.6	Der Gussbearbeitungsprozess	69
4.4.7	Prozess der Qualitätssicherung und Qualitätsprüfung.....	70
4.5	Produktionsplanungsprozess.....	71
4.5.1	Grobplanung der operativen Funktionsbereiche.....	71
4.5.2	Feinplanung der operativen Funktionsbereiche.....	74
4.5.3	Planungsrelevanter Informationsaustausch und Kommunikation.....	79
4.5.4	Leistungsverrechnung und Produktionszeitvorgabe	80
4.6	IT-Systeme in der Planung.....	82
4.6.1	Eingesetzte Softwaresysteme in der Stahlgießerei	82
4.6.2	Systemtechnische Abwicklung von Kundenaufträgen.....	86
4.7	Aktuelle Schwachstellen in der Fertigung.....	89
5	Ableitung von Anforderungen an das MES-System	95
5.1	Allgemeine Anforderungen an die Stahlgießerei.....	95
5.2	Anforderungen an das MES-System der MFL	97
5.2.1	Anforderungen an die Betriebsdatenerfassung	97

5.2.2	Anforderungen an die Personaleinsatzplanung.....	100
5.2.3	Anforderungen an den Leitstand	101
5.2.4	Anforderung an die Leistungslohnermittlung	107
5.3	Sonstige Anforderungen an ein MES in der Stahlgießerei	109
5.4	Ergebnisse der Modulbetrachtung.....	110
6	Bewertung der Potenziale in der Stahlgießerei.....	112
6.1	Bewertete Verbesserungspotenziale	112
6.1.1	Kriterien zur Potenzialauswahl.....	113
6.1.2	Bewertungssystem der Potenziale	115
6.1.3	Potenziale der Kernprozesse der Stahlgießerei	116
6.1.4	Ergebnisdiskussion.....	124
6.2	Nicht bewertete Verbesserungspotenziale.....	128
7	Ausblick und Zusammenfassung.....	132
7.1	Aktuelle Trends und Ausblick	132
7.2	Zusammenfassung.....	134
	Literaturverzeichnis	135
	Anhang.....	139

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der Arbeit	3
Abbildung 2: Organigramm Maschinenfabrik Liezen.....	6
Abbildung 3: Aufgliederung Formenguss	9
Abbildung 4: Modellplatte mit Geißtechnik und Gussteil	10
Abbildung 5: Wärmebehandlungsarten	12
Abbildung 6: Ultraschallprüfung	14
Abbildung 7: Materialfluss von den Einsatzstoffen zum Stahl	16
Abbildung 8: Funktionsebenen und Systeme	29
Abbildung 9: Zeithorizont der Funktionsebenen	29
Abbildung 10: Ebenenkonzept gemäß ISA S 95	31
Abbildung 11: Funktionsgruppen eines MES	40
Abbildung 12: Elemente des Produktionsmanagement.....	41
Abbildung 13: Schemenbild Leitstand	43
Abbildung 14: Personaleinsatzplanung	47
Abbildung 15: Workflow zur Fehlerbearbeitung	50
Abbildung 16: Vorgehensmodell der Systemanalyse in der MFL.....	55
Abbildung 17: Vorgehensmodell zur Systemanalyse nach Krallmann.....	56
Abbildung 18: Prozessebenenendarstellung der Stahlgießerei	58
Abbildung 19: Prozessstruktur der Subprozesse in der Stahlgießerei	61
Abbildung 20: Beispiel LIPOK-Modell	64
Abbildung 21: IPO-Darstellung Prozess der Arbeitsvorbereitung	65
Abbildung 22: IPO-Darstellung Prozess der Zeitwirtschaft	66
Abbildung 23: IPO-Darstellung Schmelzenerstellungsprozesses	67
Abbildung 24: IPO-Darstellung Form- und Kernherstellungsprozesses	68
Abbildung 25: IPO-Darstellung Gussbearbeitungsprozess	69
Abbildung 26: IPO-Darstellung Prozess der Qualitätssicherung	70
Abbildung 27: Auszug Wochenprogramm.....	73
Abbildung 28: Erstellung des Wochenprogramms	74
Abbildung 29: Erster Feinplanungsschritt im Form- und Kernherstellungsprozess	75
Abbildung 30: Tagesprogramm im Form- und Kernherstellungsprozess	76
Abbildung 31: Schmelzentagesbestellung	77

Abbildung 32: Lieferterminliste mit Prioritäten für den Gussbearbeitungsprozess	77
Abbildung 33: Zuteilung des Feinplanes auf die Arbeitsplätze.....	78
Abbildung 34: Potenzielle Gussbearbeitungsprozess.....	119
Abbildung 35: Potenzielle Prozess der Qualitätsprüfung	120
Abbildung 36: Potenzielle organisatorische Prozesse	123
Abbildung 37: Ergebnisdarstellung bewerteter Potenzielle	125
Abbildung 38: Kostenkategorien des Konzeptes Total Cost of Ownership	126

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auszug Module aus Anwenderberichten führender MES-Systemanbieter	40
Tabelle 2: Modulbewertung für Serienfertiger	53
Tabelle 3: Modulvergleich zwischen Serienfertiger und Stahlgießerei	110
Tabelle 4: Auszug der Potenzialbewertung im Form- und Kernherstellungsprozess	116

Abkürzungsverzeichnis

APS	Advanced Planning and Scheduling
BDE	Betriebsdatenerfassung
CAD	Computer Aided Design
DNC	Direct Numerical Control
EDI	Electronic Data Interchange
ERP	Enterprise Resource Planning
et al.	et alteri oder et alii = und andere
etc.	ecetera
ESK	Eskalationsmanagement
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
HLS	Leitstand Plantafel
HR	Humanressourcen
Hrsg.	Herausgeber
ISA	The instrumentation and Automation Society
IT	Informationstechnologie
Kap.	Kapitel
LEE	Leistungslohnermittlung
MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Manufacturing Execution System
MESA	Manufacturing Enterprise Solution Association
MFL	Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H.
MPL	Material- und Produktionslogistik
MT-Prüfung	Magnetpulver Prüfung
PDC	Prozessdatenverarbeitung
PEP	Personaleinsatzplanung
RFC	Remote Functual Call
PMC	Prüfmittelverwaltung
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
PZE	Personalzeiterfassung
REK	Reklamationsmanagement
S.	Seite
SAP	Systeme Anwendungen und Produkte der Datenverarbeitung
SPC	Statistische Prozessregelung
TCO	Total Cost of Ownership
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Vgl.	Vergleiche
WEK	Wareneingang
WiP	Work in Process
WRM	Werkzeug und Ressourcenmanagement
ZKS	Zutrittskontrolle
zit. nach	zitiert nach

1 Einleitung

Manufacturing Execution Systeme (MES) stellen einen relativ neuen Trend in der softwaregestützten Produktion dar. Der Begriff MES selbst, ist bereits vor einiger Zeit definiert worden, ein Verständnis für MES-Systeme hat sich aber erst in den vergangenen Jahren entwickelt.¹ In diesem Zusammenhang ist aber anzumerken, dass für den Terminus Manufacturing Execution System in der Literatur² sowohl die Abkürzung MES als auch die Abkürzung MES-System Einsatz findet. Die Unterstützung der Fertigung mittels Softwaresystemen hat ihren Ausgangspunkt in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts.³ Das Resultat dieser Bestrebungen endete in der Entwicklung von Enterprise Resource Planning Systemen (ERP). Die unzureichende Unterstützung der Produktion durch diese Systeme führte aber weiters dazu, dass einzelne Prozesse durch eigenständig programmierte Softwarelösungen abgebildet wurden, sodass dezentrale Softwaresysteme entstanden sind. Dabei wird unter einem Prozess eine „inhaltlich abgeschlossenen zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objektes notwendig sind“⁴ verstanden. Durch diese Softwaresysteme konnte aber kein durchgängiger Informationsaustausch erfolgen. Aus dieser Not heraus versuchten Softwareanbieter die Systeme zusammenzuführen, was in der Entwicklung von MES-Systemen mündete.⁵ MES-Systeme sind heute sehr umfassende Systeme, die aufgrund ihrer universellen Einsetzbarkeit auf den Anwendungsfall abgestimmt werden müssen. Unternehmen aller Branchen beschäftigen sich mit diesem Thema, wobei die Zahl der Unternehmen, die ein MES-System eingeführt haben rasant zunimmt. Auch traditionelle Branchen wie die Stahlindustrie erkennen den Nutzen solcher Systeme, wobei in dieser Branche noch Nachholbedarf sowohl in der Forschung als auch in der Einführung dieser Systeme besteht. Aufgrund der Wichtigkeit des Themas soll diese Arbeit einen Beitrag dazu leisten, eine einheitliche Begriffsdefinition für MES-Systeme sowie die Grundlagen für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei zu entwickeln und weiters Branchenanforderungen und die sich daraus ergebenden Verbesserungspotenziale aufzuzeigen.

1.1 Ausgangssituation und Themenstellung

Produzierende Unternehmen sind einem zunehmenden Druck im internationalen Wettbewerb ausgesetzt. Einen wichtigen Grund stellt dabei die fortschreitende Globalisierung dar, wodurch der Kunde mit seinen Bedürfnissen in den Mittelpunkt des betrieblichen Geschehens rückt, sodass begonnen wurde die Unternehmensprozesse auf den Kundennutzen auszurichten. Diese Ausrichtung stellte die Unternehmen vor das Problem, dass jeder Kunde verschiedene Anforderungen an die Produkte stellte. Das Ergebnis dieser Anforderungsvielfalt führte zur Zunahme der Produktvarianten, die aber den Produktionsprozess erheblich beeinflussen.⁶ Dies trifft auch auf die Stahlgießerei der Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. (MFL) zu, da die erzeugten Gussstücke ausschließlich auf den Kundennutzen ausgerichtet sind und zwar dahingehend, dass diese gemeinsam mit den

¹ Vgl. Kletti (2006), S. 19 ff.

² Vgl. Kletti (2006), S. 85 ff.; Kletti (2007), S. 10 ff.; Schäfer et al (2009), S. 41 ff.; Thiel et al (2010), S. 58 ff.; VDI 5600 (2007), S. 2 ff.; Wiendahl (2005), S. 13 ff.; Lindemann (2005), S. 12.

³ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 5.

⁴ Becker et al. (2003), S. 6.

⁵ Vgl. Lindemann (2005), S. 12.

⁶ Vgl. Pfohl (2010), S. 46, S. 53 ff.

Kunden entwickelt und auf dessen Anforderungen abgestimmt werden. Diese Kundenorientierung sichert aktuell den Fortbestand der Gießerei.

Im internationalen Wettbewerb stellen neben dem Druck die Fertigung auf den Kundennutzen auszurichten, auch die betrieblichen Kosten einen wichtigen Aspekt dar, wobei hier vor allem die Logistikkosten im Vordergrund stehen. Logistikkosten sind Kosten, welche durch logistische Prozesse wie Transport, Umschlag, Lagerung, Verpackung oder Systemkosten entstehen. Die Schwierigkeit des Verständnisses für die Logistikkosten liegt darin, dass nicht alle Logistikkosten, die bei der Ausführung von logistischen Abläufen entstehen, als solche erkannt werden, sodass diese nur bedingt berücksichtigt werden. Dabei zeigen die Entwicklungen in den vergangenen Jahren, dass die Logistikkosten stark in die Höhe getrieben werden. Diese Kosten werden oftmals unterschätzt, sodass hier ein entsprechendes Verbesserungspotenzial besteht. Dabei liegt einer der Schwerpunkte in der Senkung der innerbetrieblichen Logistikkosten und zwar durch den verstärkten Einsatz des Produktionsfaktors Information.⁷

Um Kosten in der betrieblichen Organisation verbessern zu können, hat die IT-Unterstützung in die Betriebe Einzug gehalten. Die ersten Bestrebungen brachten deutliche Effizienzsteigerungen in den organisatorischen Prozessen, was zu Kostensenkungen führte. Zu diesen Systemen zählen die heute weit verbreiteten ERP-Systeme. Trotz laufender Weiterentwicklung sind ERP-Anbieter bis heute nicht in der Lage, den Produktionsprozess optimal zu unterstützen. Daher haben sich, wie am Beginn beschrieben, dezentrale Softwaresysteme entwickelt, die anschließend zur Entwicklung von MES-Systemen geführt haben.⁸ MES-Systeme stellen somit Softwaresysteme dar, die die Fertigungssteuerung und die Fertigungsplanung durch optimale horizontale und vertikale Integration unterstützen.⁹

Auch in der Stahlgießerei der MFL ist aktuell ein ERP-System implementiert, wobei dieses System die Fertigungsabwicklung nur mangelhaft unterstützt, sodass zahlreiche Prozesse und kleinere Hilfssysteme eingesetzt werden. Problematisch ist, dass die Transparenz und auch ein einheitliches Informationsniveau zwischen den Funktionsbereichen¹⁰ fehlen. Zusätzlich zu dieser Problematik wird die Feinplanung durch die mangelnde Unterstützung direkt auf die Meisterbereiche verlagert, in denen mit speziellem Wissen Feinpläne erstellt werden. Weiters kommt es vor, dass wegen der geringen Vorhersagbarkeit der Liefertermine einzelne Liefertermine zugesagt werden, deren Einhaltung aber schwer möglich ist. Alle diese Probleme führen dazu, dass die Einführung eines MES-Systems überlegt wird. In der vorliegenden Arbeit soll die theoretische Basis dafür geschaffen werden, sowie die Analyse inklusive der Definition von Anforderungen für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei erarbeitet werden. Zusätzlich werden mögliche Verbesserungspotenziale erhoben und bewertet.

1.2 Forschungsfragen der Arbeit

Durch die oben beschriebene Situation ergeben sich mehrere Forschungsfragen, für die in der vorliegenden Arbeit nach Antworten gesucht werden. Diese Forschungsfragen sind nachstehend angeführt:

- Gibt es bereits eine einheitliche Begriffsdefinition für ein MES in Stahlgießereien, und wenn nicht, wie könnte diese formuliert werden?

⁷ Vgl. Pfohl (2010), S. 46, S. 49 ff.

⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 19 ff.

⁹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 6 f.; Gronau (2010), S. 6 ff.

¹⁰ Vgl. Pischke (2005), S. 25; Kipp et al. (2011), S. 41; Siehe Teilkapitel 3.2.2.

- Welche Gründe sprechen in der Literatur dafür, dass ein MES in ein Unternehmen eingeführt werden soll, und was sind die wesentlichsten Voraussetzungen, damit ein MES in einer Stahlgießerei eingeführt werden kann?
- Wie ist der Aufbau von Manufacturing Execution Systemen in der Literatur dargestellt, und durch welche Module wird dieser funktionale Aufbau sichergestellt?
- Welche Schwachstellen gibt es in der Stahlgießerei, die durch die Einführung eines MES-Systems verbessert werden können?
- Welche Module sind aufgrund der Schwachstellen aus dem Pool, der in der Literatur angegebenen Module für die Stahlgießerei der MFL geeignet?
- Welche Anforderungen werden an ein Manufacturing Execution System gestellt, damit ein derartiges System in die Stahlgießerei der MFL eingeführt werden kann?
- Welche Verbesserungspotenziale können sich durch die Einführung eines MES in der Stahlgießerei der MFL ergeben, und wie können diese bewertet werden?

1.3 Aufbau der Arbeit

Zum besseren Verständnis ist der Aufbau der vorliegenden Arbeit in graphischer Form dargestellt. Dabei erfolgt die Unterscheidung der einzelnen Kapitel in allgemeine Kapitel (weiß), in theoretische Kapitel (grün) und in empirische Kapitel (gelb). Eine kurze Beschreibung der Kapitel wird im Anschluss an die Abbildung gegeben.

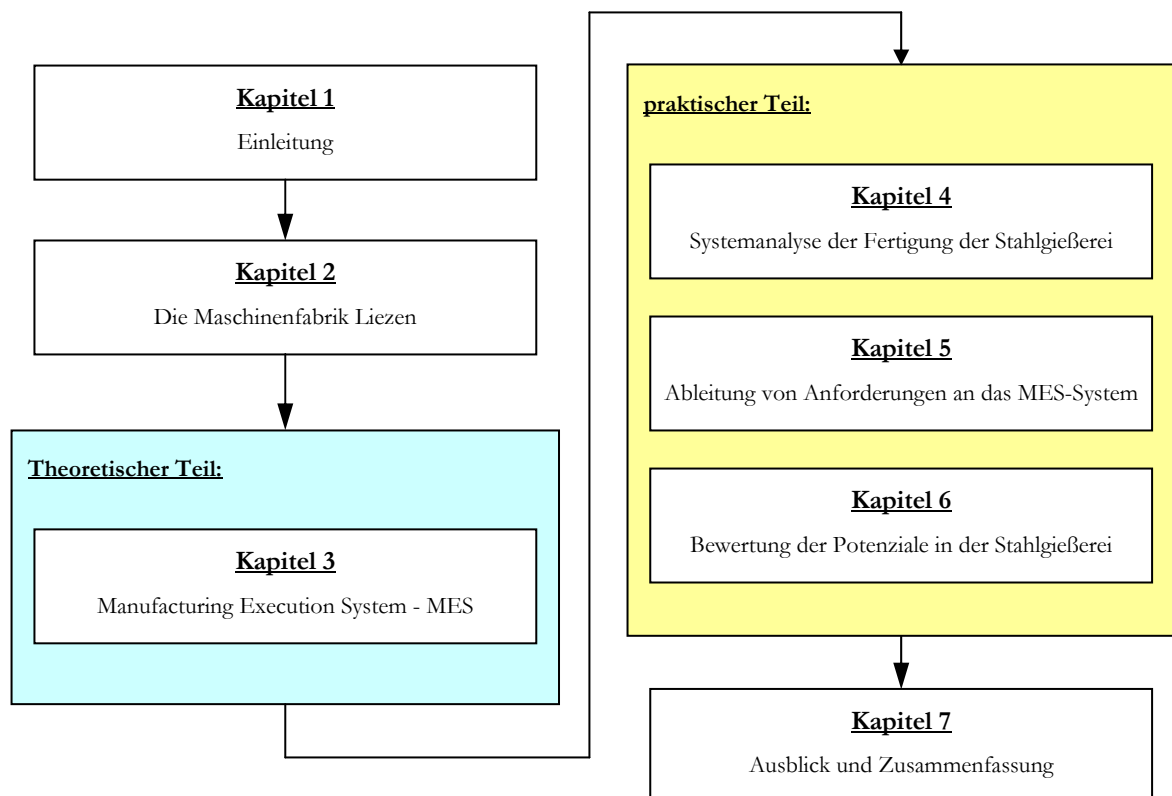


Abbildung 1: Aufbau der Arbeit

Wie in der Abbildung 1 dargestellt ist, bildet die vorangestellte Einleitung den Ausgangspunkt dieser Arbeit, in der die Ausgangssituation, die Forschungsfragen und der Aufbau der Arbeit erläutert werden. Im Anschluss an die Einleitung wird die Maschinenfabrik Liezen vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf der Darstellung der Gießerei der MFL liegt. In diesem Rahmen werden auch die theoretischen Grundlagen, die in der MFL eingesetzt

Verfahrensweisen, erläutert. Nach der Beschreibung der MFL wird die theoretische Grundlage von Manufacturing Execution System geschaffen, was die Entwicklung einer einheitlichen Begriffsdefinition, die Voraussetzungen und Gründe für ein MES-System, sowie den funktionalen Aufbau beinhaltet. Nach Abschluss des theoretischen Teils erfolgt die Analyse der Fertigung der Stahlgießerei auf Schwachstellen, welche durch ein MES-System verbessert werden können. Dabei werden die wichtigen Informationsprozesse und die Informationsobjekte erhoben, und diese Prozesse auf Schwachstellen untersucht. Nach erfolgter Schwachstellenanalyse können im Kapitel 5 die Anforderungen abgeleitet werden. Die Anforderungen leiten sich direkt aus den Schwachstellen und der Prozessdarstellung, welche im Kapitel 4 erarbeitet werden, ab. Diese Anforderungen, sowie auch die Analyse, bilden weiters die Basis für die Ableitung von Verbesserungspotenzialen, was im Kapitel 6 erfolgt. Die Potenziale der Kernprozesse werden zunächst einzeln erhoben und am Ende des Kapitels zusammengeführt, sodass eine Betrachtung des bewerteten Einsparungspotenzials ermöglicht wird. Zum Abschluss erfolgen eine Zusammenfassung und die Beschreibung der aktuellen Trends von MES-Systemen.

2 Die Maschinenfabrik Liezen

Die Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. ist ein traditionelles, mittelständisches Unternehmen, welches an mehreren Standorten Produkte im Segment des Maschinenbaus und der Gießerei herstellt. Im Kapitel 2 soll zunächst die MFL näher vorgestellt werden. Dabei soll die allgemeine Beschreibung einen Überblick über die MFL schaffen, und ein paar Kenngrößen angegeben werden. Anschließend wird zum besseren Verständnis die organisatorische Struktur dargestellt und erläutert. Da die Arbeit den Bereich der Gießerei hinsichtlich der Definition von Anforderungen und der Ableitung von Verbesserungspotentialen für ein Manufacturing Execution System betrachtet, erfolgt im Anschluss eine genaue Beschreibung der Gießerei. Wichtig ist, dass bei dieser Beschreibung auch gleichzeitig die Verfahrensweisen, nach denen in der Gießerei die Gussstücke gefertigt werden sowohl theoretisch, als auch praktisch erklärt werden. Eine grundlegende Kenntnis der angewendeten Verfahren in der Fertigung, ist für die Einführung eines MES-Systems essentiell, da erst durch dieses Verständnis eine umfassende Analyse möglich wird. Somit bildet das Einführungskapitel auch die theoretische Basis, für die in der Gießerei angewendeten Fertigungsverfahren, die für die weiteren Betrachtungen entscheidend sind.

2.1 Allgemeine Beschreibung der MFL

Die Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. ist, wie erwähnt ein mittelständisches produzierendes Unternehmen. Grob wird die Maschinenfabrik Liezen in zwei Abteilungen eingeteilt und zwar in den Maschinenbau und in die Gießerei, wobei die Gießerei bereits seit der Gründung des Werkes in Liezen im Jahre 1939 besteht.¹¹ Das Werk in Liezen stellt auch heute noch das Stammwerk der MFL, neben den weiteren Standorten vor allem in Österreich, dar. Anzumerken ist, dass die Fertigung der Gussteile ausschließlich im Stammwerk in Liezen erfolgt. Die gesamte Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. erwirtschaftete im abgelaufenen Geschäftsjahr 2010 einen Umsatz von zirka 100 Millionen Euro, wobei ungefähr 70 Prozent des Umsatzes auf den Maschinenbau entfallen. Gekennzeichnet von der weltwirtschaftlichen Entwicklung, musste auch die MFL einen deutlichen Rückgang bei den Aufträgen hinnehmen, wodurch die Produktionskapazitäten angepasst werden mussten. Per Ende August 2010 beschäftigte die Maschinenfabrik Liezen ungefähr 700 Mitarbeiter wobei 50 der 700 Mitarbeiter in der hauseigenen Lehrwerkstatt eine Lehre in den angebotenen Lehrberufen absolvierten.¹²

Die Produkte, welche in der MFL hergestellt werden, reichen von Gesamtlösungen bis hin zu einzelnen Gussteilen. Im Maschinenbau werden unter anderem so genannte Brecher- und Aufbereitungssysteme, Schienen- und Schienenwartungsfahrzeuge, Verseilungsanlagen, Zementmühlenanlagen, sowie auch Sondermaschinen nach Kundenwunsch hergestellt. In der Gießerei werden verschiedene Gussstücke hergestellt, wobei der Großteil der Produktion auf kundenindividuelle Gussstücke entfällt. Weiters werden Containereckbeschläge, Gussstücke für Schienenfahrzeuge, Verschleißteile für Zementmühlen, Müll- und Biomasseverbrennungsanlage, sowie auch automotive Gussteile hergestellt. Dabei besteht das Tätigkeitsfeld sowohl in der Gießerei, als auch im Maschinenbau in der Herstellung von qualitativ hochwertigen Produkten, die nur durch entsprechendes Know-How und jahrelange Erfahrung hergestellt werden können.¹³

¹¹ Vgl. Hödl (2009), S. 12.

¹² Vgl. Pichler (2010), S. 4.

¹³ Weiterführende Informationen zu MFL siehe Maschinenfabrik Liezen (2011a) (Zugriff: 29.04.2011).

2.2 Die organisatorische Struktur der MFL

Die Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. kann organisatorisch in mehrere Teilbereiche eingeteilt werden, welche im nachstehenden Organigramm abgebildet sind.

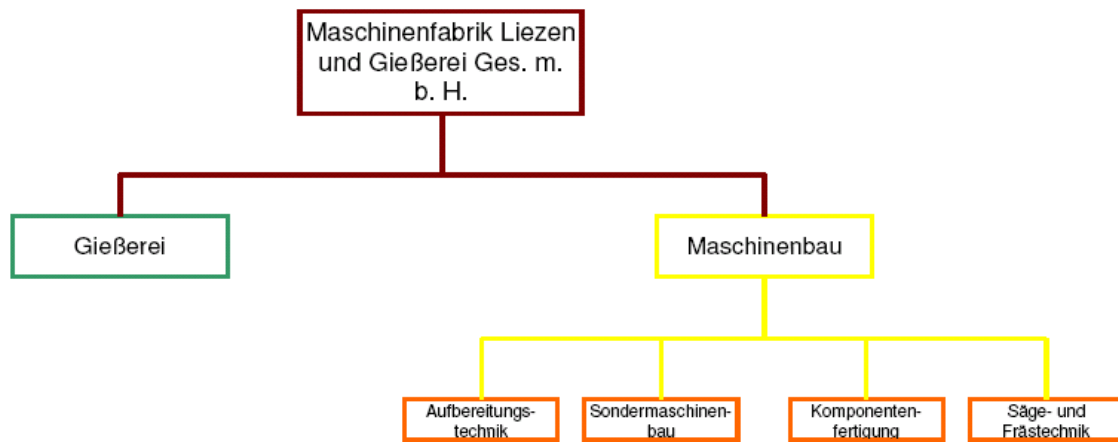


Abbildung 2: Organigramm Maschinenfabrik Liezen¹⁴

Wie angemerkt und aus der Abbildung 2 ersichtlich ist, wird zwischen der Abteilung des Maschinenbaus und der Abteilung der Gießerei unterschieden. Der Maschinenbau untergliedert sich wiederum in Teilbereiche, welche verschiedene Marktsegmente mit Maschinenbauprodukten bedienen. Man unterscheidet aus organisatorischer Sichtweise zwischen Aufbereitungstechnik, Sondermaschinenbau, der Säge- und Frästechnik und der Komponentenfertigung. In der Aufbereitungstechnik werden Brechersysteme verschiedener Größen und Formen für den Bergbau und weitere Branchen hergestellt. Die Produktpalette der Komponentenfertigung reicht von der Herstellung kleinerer Baugruppen, bis hin zur Herstellung ganzer Anlagen inklusive Montage, die je nach Kunde und Auftrag entsprechend spezifiziert werden müssen. Die Säge- und Frästechnik stellt Anlagen für Schneide- und Fräsvorgänge her, und der Sondermaschinenbau richtet seine Produkte nach dem aktuellen Nachfragebedarf der Kunden aus und fertigt verschiedene kundenindividuelle Anlagen, welche nicht dem allgemeinen Standard genügen. Der Bereich der Gießerei wird nachstehend genauer erläutert und die Produkte teilweise näher spezifiziert.

2.3 Die Stahlgießerei der Maschinenfabrik Liezen

In der Gießerei der MFL werden Gusstücke mit einem Gewicht zwischen 0,5 kg und 100 kg hergestellt. Die Abteilung der Gießerei hat im abgelaufenen Geschäftsjahr 2010 einen Umsatz von 23 Millionen Euro erwirtschaftet, wobei der größte Teil des Umsatzes mit kundenindividuellen Gussteilen erzielt worden ist. In der Abteilung der Gießerei sind derzeit ungefähr 200 Personen in den einzelnen Teilbereichen beschäftigt.¹⁵ Organisatorisch wird in der Gießerei im operativen Bereich zwischen dem Schmelzbetrieb, dem Formereibetrieb, dem Modellbau, der Adjustage¹⁶ und der Qualitätssicherung unterschieden. Eine abstrakte graphische Darstellung der Funktionsebenen und Funktionsbereiche in der Stahlgießerei ist im Kapitel 4 der Systemanalyse gegeben.¹⁷ Hier werden die genannten operativen Bereiche und die dort angewendeten Verfahrensweisen näher erläutert.

¹⁴ Quelle: Maschinenfabrik Liezen (2011b), S. 3.

¹⁵ Vgl. Pichler (2010), S. 4.

¹⁶ Auch Gussnachbearbeitung genannt.

¹⁷ Siehe Teilkapitel 4.3.

2.3.1 Der Schmelzbetrieb

Die Aufgabe des Schmelzbetriebes besteht darin, die bestellte flüssige Schmelze in der geforderten Menge, Qualität und Temperatur in den dafür vorhandenen Transportgefäßen zu bestimmten Zeitpunkten zur Verfügung zu stellen. In der Gießerei werden unlegierte, niedriglegierte und hochlegierte Stahlsorten hergestellt, wobei auf Kundenwunsch auch Gussteile aus Sphäroguss hergestellt werden. Für die Umwandlung der Einsatzstoffe vom festen in den flüssigen Aggregatzustand, stehen im Schmelzbetrieb der Gießerei zwei Elektrolichtbogenöfen und zwei Induktionstiegelöfen zur Verfügung. Als Haupteinsatzstoff wird in der Gießerei Schrott in verschiedenen Werkstoffqualitäten eingesetzt, wobei zum großen Teil der eigene Kreislaufschrött Einsatz findet. Unter Schrott versteht man „den Sammelbegriff für alle Produktionsabfälle und nicht mehr verwendungsfähige und ausgediente Verbrauchs- und Industriegüter aus Stahl oder Guß.“¹⁸ Der Kreislaufschrött stellt somit den Produktionsabfall in der Stahlgießerei dar, der durch Einsatz des Elektrostahlverfahrens wieder eingeschmolzen werden kann. Aufgrund des eingesetzten Formverfahrens¹⁹ fallen bis zu fünfzig Prozent eines Produktionsloses als Kreislaufschrött an.

Die Lichtbogenöfen, sowie auch die Induktionsöfen sind Teil eines Verfahrens, welches in der Literatur²⁰ als Elektrostahlverfahren bekannt ist. Bei diesem Verfahren erfolgt die Einbringung der Wärmeenergie, beziehungsweise der Einschmelzenergie in Form von elektrischem Strom. Beim Elektrostahlverfahren kann zwischen verschiedenen Verfahren unterschieden werden, wobei die Klassifizierung der Verfahren nach der Art und Weise erfolgt, wie der elektrische Strom in Wärmeenergie umgewandelt wird. Somit kann die Wärmeenergie in den metallischen Einsatz unter anderem mittels Lichtbogen oder mittels Induktion eingebracht werden, wofür verschiedene Ofentypen entwickelt worden sind. Der größte Teil des erzeugten Elektrostahls wird heute in Elektrolichtbogenöfen geschmolzen und einer definierten metallurgischen Nachbehandlung unterzogen.²¹ Der Vorteil bei der Erzeugung von Elektrostahl in Lichtbogenöfen liegt darin, dass jede beliebige Schrottsorte eingeschmolzen werden kann und dadurch eine Unabhängigkeit vom Einsatzstoff erreicht wird. Nachteilig wirken sich starke Schwankungen bei den Strompreisen aus.²²

In der Gießerei werden Drehstromelektrolichtbogenöfen eingesetzt, wobei bei dieser Ausführungsform der Drehstrom über drei Graphitelektroden geleitet wird und sich der Stromkreis über den metallischen Einsatzstoff schließt. Der dadurch erzeugte Lichtbogen schmilzt die Einsatzstoffe sowohl durch die Strahlungswärme, als auch durch den Leitungswiderstand der eingesetzten Stoffe vollständig auf. Dabei können Temperaturen bis zu 3.500 °C rasch und wirtschaftlich erreicht werden.²³ Die in der Gießerei eingesetzten Induktionsöfen dienen einerseits dem Warmhalten von bereits im Lichtbogenofen verflüssigtem Metall, und andererseits zur Probefertigung, wobei die beiden Induktionsöfen zwischen einer Tonne und sechs Tonnen Fassungsvermögen aufweisen. Bei den Induktionsöfen wird die Wärmeübertragung nicht direkt wie bei Lichtbogenöfen, sondern indirekt auf die Einsatzstoffe übertragen. Dabei umschließt eine Spule den gesamten Schmelztiegel und diese wird mit Wechselstrom gespeist, wodurch sich ein magnetisches Wechselfeld ausbildet. Das Wechselfeld schließt sich über den Einsatzstoff und bewirkt die Induktion im

¹⁸ Plöckinger/Etterich (1979), S. 29.

¹⁹ Dabei handelt es sich um das Maskenformverfahren. Siehe Teilkapitel 2.3.2.

²⁰ Vgl. Denger et al. (2007), S. 61 ff.

²¹ Vgl. Plöckinger/Etterich (1979), S. 10 f.

²² Vgl. Denger et al. (2007), S. 62.

²³ Vgl. Denger et al. (2007), S. 61 f.

Einsatzstoff, wobei durch den spezifischen Widerstand des Einsatzstoffes Wärmeenergie frei wird, die die eingesetzten Stoffe zum Schmelzen bringt.²⁴

Nach dem Aufschmelzprozess im jeweiligen Ofen wird auch die gesamte metallurgische Behandlung in den vorhandenen Schmelzöfen durchgeführt. Dazu zählt vor allem die Entfernung von unedleren Bestandteilen aus der Schmelze, was einerseits durch Schlackenbildung, und andererseits durch so genanntes Frischen erreicht wird. Bei der Schlackenbildung wird ein Schlackenbildner²⁵ in die flüssige Schmelze eingebracht, wodurch spezifische unedlere Bestandteile in der Schmelze gebunden werden und dadurch in gebundener Form auf der flüssigen Schmelze schwimmen.²⁶ Daher kann die Schlacke manuell abgezogen, und somit aus der Schmelze entfernt werden. Beim Frischprozess wird Sauerstoff in die Schmelze eingebracht, die unter anderem den Kohlstoffgehalt in der Schmelze auf das geforderte Maß reduzieren soll. Die Einbringung von Sauerstoff führt zu einer chemischen Reaktion, die als Oxidation bezeichnet wird, wodurch der in der Schmelze gebundene Kohlenstoff in Kohlenmonoxid und Kohlendioxid umwandelt wird. Da es sich bei den beiden Verbindungen um Gase handelt, entweichen diese aus der Schmelze und werden über eine Filteranlage aus dem Ofen abgeführt.²⁷

Nach erfolgter Qualitätskontrolle und der Einhaltung der Werkstoffspezifikationen wird die Schmelze zum Abguss freigegeben. Für den Abguss der flüssigen Schmelze in die Formen bedarf es dem Transport der Schmelze zur Gießstation, was mittels eines Transportgefäßes durchgeführt wird. Die Befüllung des Transportgefäßes erfolgt durch das Absenken des gesamten Ofengefäßes inklusive Elektroden und Deckel über einen Kippmechanismus, wodurch der Abfluss der flüssigen Schmelze ermöglicht wird.²⁸ Das Gefäß wird anschließend zur Gießstation gefördert, wo das Abgießen der flüssigen Schmelze in die Formen erfolgt. Diese Portionierung wird in der MFL durch eine Öffnung am Unterboden des Gefäßes ermöglicht. Daher ist das Transportgefäß mit einem Ausguss am Gefäßboden ausgestattet, der mit einem so genannten Stopfen verschlossen ist. Durch das manuelle Öffnen und Schließen des Stopfens, was ein Mitarbeiter an der Gießstation ausführt, kann die flüssige Schmelze portioniert und gemäß der Füllmenge der Form vergossen werden. Das Abgießen der flüssigen Schmelze in die Formmasken stellt den Endpunkt des Schmelzenerstellungsprozesses dar.

2.3.2 Der Formerei- und Kernmachereibetrieb

In der Gießerei der MFL werden die Gussstücke durch Vergießen der flüssigen Schmelze in Formen erhalten, was unter dem Terminus Formenguss oder auch Formgebung durch Gießen bekannt ist. Der große Vorteil des Formengusses gegenüber anderen Formgebungsverfahren ist der, dass das Gussteil bereits beim Abgießen der flüssigen Schmelze beinahe seine endgültige Gestalt, beziehungsweise Form erhält. Dadurch wird eine anschließende aufwendige Umformung der Gussstücke vermieden.²⁹ Die Formgebung der Gussstücke kann nach mehreren Formverfahren erfolgen. Die Einteilung der wesentlichsten Formverfahren wird in der nachstehenden Abbildung dargestellt.

²⁴ Vgl. Ambos (1990), S. 45 ff.

²⁵ Zum Beispiel Kalk.

²⁶ Vgl. Plöckinger/Etterich (1979), S. 79; Denger et al. (2007), S. 64 f.

²⁷ Vgl. Denger et al. (2007), S. 53, S. 64 f.

²⁸ Vgl. Denger et al. (2007), S. 64.

²⁹ Vgl. Grote/Feldhusen (2007), S. S7.

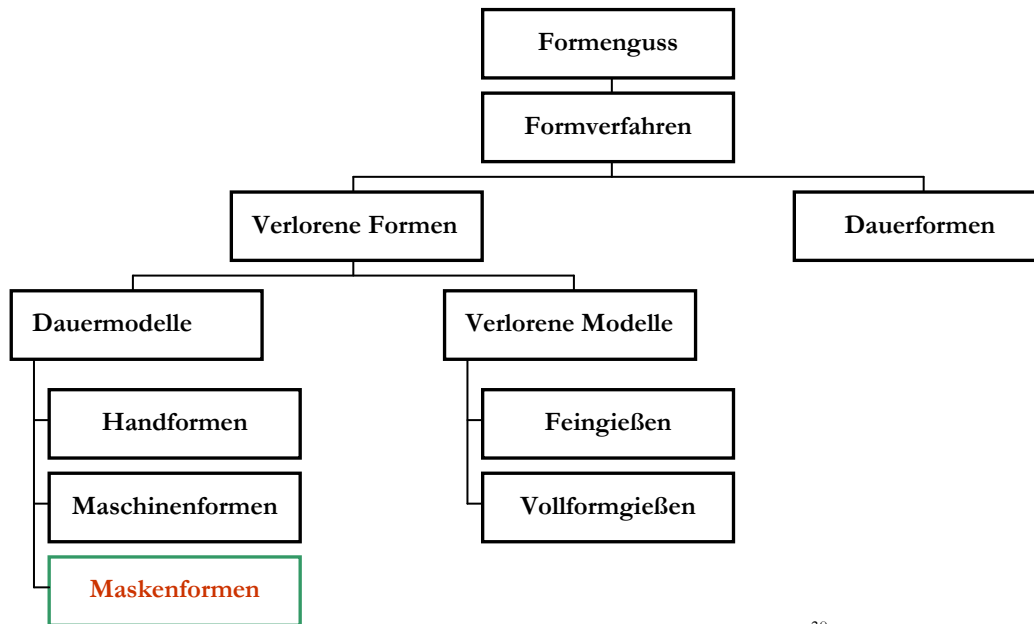


Abbildung 3: Aufgliederung Formenguss³⁰

Wie aus der Abbildung 3 hervorgeht, wird zwischen Verfahren mit verlorenen Formen und Dauerformen unterschieden. Dauerformen sind Formen, die öfters als ein Mal mit flüssiger Schmelze befüllt werden können. Ein Beispiel für ein Verfahren mit Dauerformen ist das so genannte Druckgussverfahren, bei dem die flüssige Schmelze unter Druck in die Dauerformen gepresst wird und nach erfolgter Erstarrung aus der Form entnommen wird.³¹ Bei den verlorenen Formen werden die Formen nur ein einziges Mal mit flüssiger Schmelze befüllt. Daher müssen für jeden Abguss eines Gussteils neue Formen produziert werden.³² Weiterführend wird bei den Verfahren mit verlorenen Formen zwischen Dauermodellen und verlorenen Modellen unterschieden. Unter einem Modell versteht man grundsätzlich ein Objekt, beziehungsweise eine Fertigungseinrichtung, die die Form des Gussteiles enthält. Dies bedeutet, dass das Modell ein positives Abbild des zu produzierenden Gussteiles darstellt. Die ausgehend vom Modell gefertigte Form bildet das negative Abbild des Gussteiles ab. Je nach dem, ob das Modell nur ein einziges Mal, oder öfters verwendet werden kann, wird eben zwischen verlorenen Modellen und Dauermodellen unterschieden. Auch bei diesen beiden Modelltypen wird zwischen weiteren Verfahren unterschieden.³³

In der Stahlgießerei der MFL wird das so genannte Maskenformverfahren angewendet. Dieses Formverfahren zählt, wie dies aus der Abbildung 3 ersichtlich ist, zu den Verfahren mit Dauermodellen. Bei diesem Verfahren wird ein Sandkunstharzgemisch auf die beheizte Modellplatte aufgetragen. Das Kunstharz stellt die Bindung zwischen den einzelnen Sandkörnern unterschiedlicher Größe sicher. Durch das Auftragen des Gemisches auf die beheizte Modellplatte härtet die Sandmischung aus was bedeutet, dass die mit Kunstharz umhüllten Sandkörner eine Bindung untereinander eingehen. Je nach Maskenaußenwanddicke und Gussteil wird die Maske unterschiedlich lange gebacken, also ausgehärtet. Durch Abschütten und anschließendes Nachbacken wird gewährleistet, dass die Maske durchgängig

³⁰ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 9; Braun et al. (1996), S. 66 f.; Kahr (2009), S. 14.

³¹ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 68.

³² Vgl. Braun et al. (1996), S. 64 f.

³³ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 6 f., S. 8 ff.; Braun et al. (1996), S. 64 ff.

aushärtet. Entsprechend der Spezifikation werden auch verschiedene Sandarten verwendet, wobei dies Quarzsand, Zirkonsand oder Mischungen der beiden Sandarten sind.³⁴

Die Masken werden nicht gesamt, sondern in zwei Maskenhälften gefertigt. Hintergrund ist der, dass in die Maske auch so genannte Kerne eingelegt werden, wobei diese Kerne für die Bildung von Innenhölräumen, zur Erhaltung von definierten Außenflächeneigenschaften, oder zur Vermeidung von Hinterschneidungen eingesetzt werden.³⁵ Das Verfahren, welches in der MFL für die Herstellung der Kerne verwendet wird, ist dem der Maskenherstellung äußerst ähnlich. Dabei wird wieder eine Sandmischung mit Kunstharzbinder, jetzt aber in einem geschlossenen, aufgeheizten Metallhohlraum eingeblasen, und einen definierten Zeitraum ausgehärtet. Dabei verbinden sich wiederum die mit Kunstharz umhüllten Sandkörner miteinander und bilden durch den Härtungsprozess ein starres festes Gefüge.

Der Formereibetrieb der Elektrostahlgießerei umfasst die Fertigung der Masken, der Kerne, sowie auch die Umhüllung des Sandes mit dem Bindersystem, bestehend aus Harz und Härter.³⁶ Grundsätzlich bestehen Formstoffe aus einem Formgrundstoff, einem Formstoffbindemittel und Formstoffzusatzstoffe. Je nach Verfahren werden definierte Formgrundstoffe³⁷ und Bindersysteme eingesetzt.³⁸ Die Formerei stellt aus organisatorischer Sicht das Bindeglied zwischen dem Schmelzbetrieb und der Adjustage im Prozessablauf der Gießerei dar, was im Kapitel 4 in der Analyse näher dargestellt wird.

2.3.3 Der Modellbau

Im Modellbau werden die Dauermodelle für die Herstellung der Formmasken und die Kernkasteneinrichtungen für die Herstellung der Kerne erstellt. Dadurch, dass das Modell öfters zur Herstellung von Formmasken eingesetzt werden kann, müssen für die Herstellung der Modell- und der Kernkasteneinrichtungen Werkstoffe mit definierten Eigenschaften verwendet werden. Das Metallmodell selbst besteht aus einer metallischen Grundplatte, auf deren Oberfläche nach Vorgabe Komponenten montiert werden.³⁹ Je nach Terminierung und Komplexität der Modelle, werden entweder Teile des Modells, oder das gesamte Modell in der Stahlgießerei hergestellt. Die Vorgabe für die Herstellung der Modellplatte wird von der Produktentwicklung in Form von CAD-Zeichnungen dem Modellbau übermittelt. Nachstehend ist das Bild einer fertigen Modellplatte dargestellt.



Abbildung 4: Modellplatte mit Gießtechnik und Gussteil⁴⁰

³⁴ Vgl. Berndt (1981), S. 4 ff.; Braun et al. (1996), S. 64 ff.

³⁵ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 7; Braun et al. (1996), S. 64.

³⁶ Vgl. Berndt (1981), S. 13 ff.

³⁷ Zum Beispiel Chromitsand, Quarzsand, oder Zirkonsand.

³⁸ Vgl. Weiss (1984), S. 13 ff.

³⁹ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 6 f.

⁴⁰ Quelle: eigene Abbildung.

Wie in der Abbildung 4 zu erkennen ist, besteht das Modell einerseits aus dem positiven Abbild des zu produzierenden Gusstückes, und andererseits aus zusätzlichen Metallteilen, die als Gießtechnik bezeichnet werden. Der Begriff Gießtechnik setzt sich aus zwei Teilen zusammen. Unter dem Terminus Technik versteht man die Gesamtheit der Verfahren, die zur richtigen Ausübung einer Sache notwendig sind.⁴¹ Der Begriff Gießen bezeichnet den Vorgang, bei dem die flüssige Schmelze in die Form, die Abmessungen und Gewichte gebracht werden.⁴² Somit versteht man unter Gießtechnik das Verfahren, mit dem die flüssige Schmelze in die geforderte Form, Abmessung und Gewicht gebracht wird, was die Gießkanäle, die Speiser- und die Lüftersysteme inkludiert. Als Speiser versteht man einen oder mehrere Füllkörper, der den Anteil der flüssigen Schwindung ausgleicht und die Erstarrungsgeschwindigkeit reguliert.⁴³ Lüftersysteme sollen die bei der Reaktion zwischen der flüssigen Schmelze und der Maske inklusive Kernen entstehenden Gase ableiten. Sowohl Speiser als auch Lüfter dienen dazu, dass im Gusstück keine Lunker und Einschlüsse entstehen sollen.⁴⁴ Die Funktionsfähigkeit der Gießtechnik wird durch Erstarrungssimulationen geprüft und bei Bedarf werden entsprechende Korrekturen durchgeführt. Für die Herstellung der Modelle ist der Modellbau mit zwei vollautomatisch gesteuerten Fräsautomaten ausgestattet. Weiters werden die zur Herstellung benötigten Zerspanungs- und Schleifarbeiten an den vorhandenen Maschinen im Modellbau durchgeführt.

2.3.4 Die Adjustage

Im Funktionsbereich der Adjustage erfolgt die komplette Nachbearbeitung der Gussteile. Den Schnittpunkt zwischen Formereibetrieb und Adjustage bildet die Ausleerstation, in der die Trennung der Gusstraube von der Maske erfolgt. Unter der Gusstraube, welche eine MFL interne Bezeichnung darstellt versteht man, die aus der Maske erhaltene Metalleinheit, bestehend aus dem Gussteil selbst, der Gießtechnik, sowie den Speiser- und Lüftersystemen, die für die Herstellung der Gussteile benötigt werden. Die Gusstraube ist zu diesem Zeitpunkt oftmals noch heiß, sodass die Bearbeitung der Gussteile erst nach einem Abkühlungsprozess der Gusstraube erfolgen kann. Der erste und entscheidende Teilbereich in der Adjustage ist die Trennung des Gussteiles von der Gusstraube, beziehungsweise von der Gießtechnik mit den Speiser- und Lüftersystemen. Diese Abtrennung kann auf verschiedene Art erfolgen, wie zum Beispiel durch Trennschneiden, Autogenschneiden oder Abdrücken. Die Entscheidung, welches Trennverfahren verwendet wird, ist vom Werkstoff und der Komplexität des Gießsystems abhängig. Als vorgelagerte Prozesse kommen teilweise auch noch Sandstrahlprozesse vor dem jeweiligen Trennverfahren in Frage, was wiederum vom Gussteil selbst abhängt. Weiters werden nicht der Spezifikation entsprechende Gussteile bereits vorzeitig aus dem Produktionsprozess ausgelastet.

Nach erfolgtem Trennvorgang sind die weiteren Prozessschritte individuell von den jeweiligen Anforderungen an das Produkt abhängig. Einen weiteren wichtigen Teilbereich in der Stahlgießerei bildet die so genannte Wärmebehandlung, bei der das Gussteil, beziehungsweise der Werkstoff sein spezifisches vom Kunden gefordertes Gefüge erhält.⁴⁵ Für die Wärmebehandlung stehen vier gasbeheizte Öfen und ein strombeheizter Ofen zur Verfügung, wobei anzumerken ist, dass in der Gießerei grundsätzlich alle gängigen Verfahren zur Wärmebehandlung durchgeführt werden können. Nachstehend sind die verschiedenen Wärmebehandlungsverfahren dargestellt und jene Verfahren, welche in der MFL durchge-

⁴¹ Vgl. Wermke (2010), S. 1026.

⁴² Vgl. Denger et al. (2007), S. 78.

⁴³ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 43.

⁴⁴ Vgl. Braun et al. (1996), S. 69.

⁴⁵ Vgl. Denger et al. (2007), S. 143.

führt werden können, farblich gekennzeichnet. Eine genaue Erläuterung würde den Rahmen dieser Beschreibung überschreiten und deshalb wird darauf verzichtet.⁴⁶

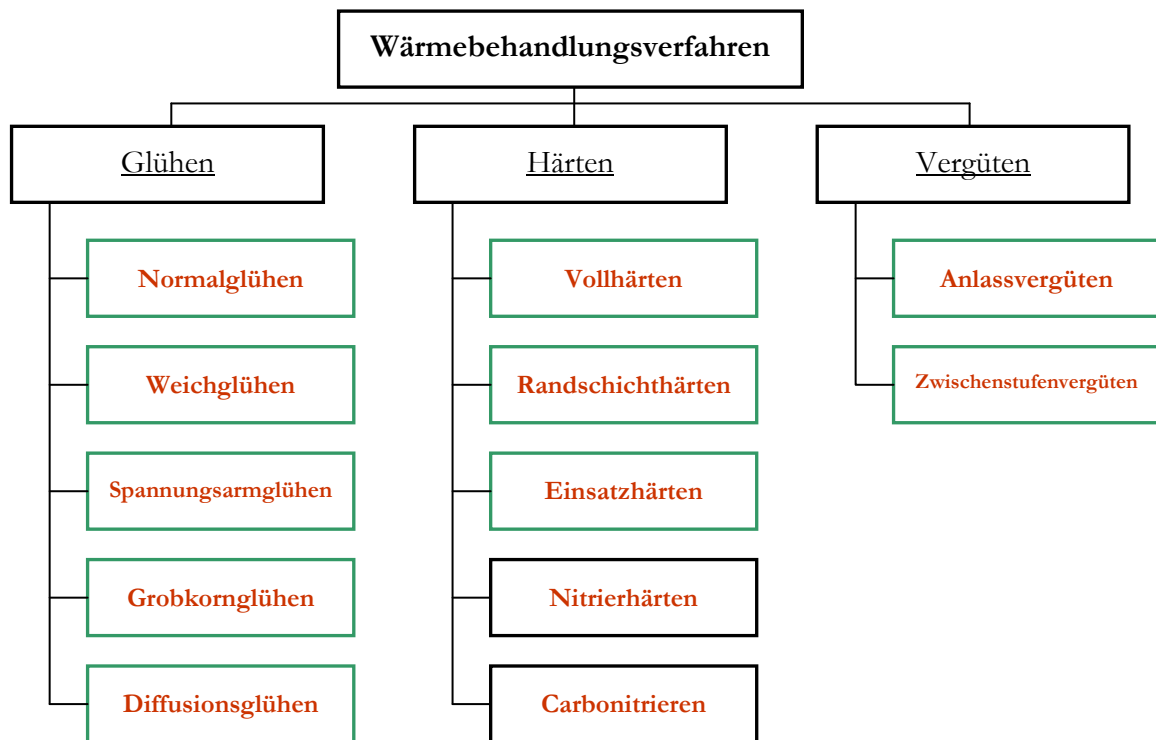


Abbildung 5: Wärmebehandlungsarten⁴⁷

Nach erfolgter Wärmebehandlung werden die Gussteile noch einmal einem Sandstrahlprozess unterzogen, der die beim Wärmebehandlungsprozess entstehenden Ablagerungen entfernt, und die Oberflächeneigenschaften nach der geforderten Spezifikation herstellt. Je nach Kundenanforderungen ist die Adjustage vollständig für diverse Schleif-, Putz-, Fräs- und Schweißoperationen eingerichtet. Dabei werden die Gussteile nach Anforderungen exakt auf die geforderten Maße geschliffen oder gefräst. Zusätzlich werden noch vorhandene Teilungsgrade, oder auch Rückstände von Speiser- und Lüftersystemen entfernt. Für diese Operationen ist der Fertigungsbereich der Adjustage mit Schleifautomaten der letzten Generation ausgestattet.

Bei Schweißarbeiten werden zumeist Metallteile in die Gussteile eingeschweißt, wobei es sich dabei unter anderem um Anschlüsse für die innere Wasserkühlung definierter Gussstücke handelt. Dabei können alle gängigen Schweißverfahren inklusive der Vorwärmung von Gussteilen durchgeführt werden. Im Fertigungsteilbereich Fräsen werden auf den vier vorhandenen Fräsanlagen die Gussstücke exakt auf Maß gefräst. Entscheidend ist dieser Vorgang bei Gussstücken, die in bereits bestehende Anlagen eingebaut werden müssen, und die beim Kunden im Produktionsprozess ohne die exakte Einhaltung der Maße nicht funktionsfähig sind. Ein Beispiel dafür wären so genannte Verbrennungsroste, auf denen die Verbrennung in Biomasse-, wie auch in Müllverbrennungsanlagen erfolgt. Diese Gussteile müssen exakt auf Maß gefertigt werden, da ansonsten einerseits die Verbrennungsluftzuführung nur bedingt gewährleistet werden kann, und andererseits die Anschlüsse für eine eventuell vorhandene Wasserkühlung der Rostelemente nicht angeschlossen werden kön-

⁴⁶ Weiterführende Literatur zu Wärmebehandlung siehe Grote/Feldhusen (2007), S. E34 ff.; Denger et al. (2007), S. 143 ff.

⁴⁷ In Anlehnung an Eichseder/Godor (2006), S. 4.6; Vgl. Grote/Feldhusen (2007) S. E34 ff.;

nen. Nach erfolgter Abarbeitung der im Arbeitsplan festgelegten Arbeitsschritte, erfolgt die Qualitätsprüfung im Hinblick auf die Einhaltung der Spezifikationen. Im Arbeitsplan wird die konkrete „Vorgangsfolge zur Fertigung eines Teils, einer Gruppe oder eines Erzeugnisses“⁴⁸ dargestellt und beschrieben. Somit stellt der Arbeitsplan die Vorgangsfolge dar, in der die Produkte die Fertigung durchlaufen, wobei dieser sowohl digital, als auch papierbasiert ausgeführt sein kann. Sind alle Arbeitsschritte ausgeführt worden, endet der Fertigungsbereich der Adjustage.

2.3.5 Die Qualitätsstelle

In der MFL hat die Erreichung der vom Kunden geforderten Qualität höchste Priorität. Als eines der wenigen Stahlwerke werden fast alle Qualitätskontrollen im gießereii internen Labor durchgeführt. Diese Kontrolltätigkeiten beginnen bereits bei der Erstellung der flüssigen Schmelze. Alle Chargen werden mehrmals hinsichtlich ihrer Legierungselementzusammensetzung überprüft, wobei eine Charge einem Los im Lichtbogenofen entspricht. Dabei wird die so genannte Spektralanalyse zur Feststellung der in der Schmelze vorhandenen Legierungselemente eingesetzt. Zusätzlich wird noch ein eigenes Kohlenstoffmessgerät eingesetzt, um den Kohlenstoffgehalt im Werkstoff exakt bestimmen zu können. Je nach Produkt werden weiters am halbfertigen oder am fertigen Gussstück Qualitätskontrollen durchgeführt. Dabei muss zwischen zerstörenden Prüfverfahren und nicht zerstörenden Prüfverfahren unterschieden werden. Bei der zerstörenden Werkstoffprüfung wird entweder eine so genannte Probe, oder ein fertiges Gussstück an definierten Stellen zerteilt. Ziel bei der zerstörenden Prüfung ist die Überprüfung von Gussteilspezifikationen, wie zum Beispiel die Ausführungsform von Innenholräumen. Weiters werden die Teileproben zur Prüfung der Festigkeitswerte oder der Kerbschlagempfindlichkeit eingesetzt.

Bei der nicht zerstörenden Werkstoffprüfung bleibt das Gussteil in seiner Form und Funktionalität erhalten. Dabei werden mehrere Verfahren zur Prüfung der Spezifikationen ausgeführt. Zu den wichtigsten Prüfverfahren zählen die Röntgenprüfung, die Ultraschallprüfung, die Magnetpulverprüfung und diverse Durchfluss- und Druckprüfungen. Bei der Röntgenprüfung wird das Gussteil Röntgenstrahlen aus einer Strahlungsquelle ausgesetzt, wodurch sich Einschlüsse, Lunker, oder auch Innenholräume abbilden lassen. Bei der Ultraschallprüfung wird auf der Oberfläche des zu prüfenden Gussstückes ein Detektiergerät aufgesetzt und der Ausschlag auf dem Anzeigemonitor geprüft. Dabei erfolgt die Prüfung auf Einschlüsse, Lunker und Innenholräume und im Falle, dass die Teile Abweichungen von den Vorgabewerten aufweisen, werden die Teile als Ausschuss aus dem Produktionsprozess ausgeschieden. Bei der Magnetpulverprüfung⁴⁹ wird die Oberfläche mit einem speziellen Mittel besprüht, wodurch Oberflächenfehler kenntlich gemacht werden. Druck- und Durchflussprüfungen werden bei Gussstücken durchgeführt, durch die ein bestimmtes Medium, in der Regel Kühlwasser, geleitet wird. Dabei wird geprüft, ob das Gussteil dem geforderten Druck standhält oder ob das Gussteil durch einen Riss undicht ist. In der Regel werden sämtliche Gussteile, welche in Verbrennungsanlagen eingebaut werden, auf Druck und Durchfluss geprüft, bevor die Auslieferung erfolgt. Nachstehend ist die Ultraschallprüfung bildlich dargestellt.⁵⁰

⁴⁸ Koether (2011), S. 79.

⁴⁹ Abkürzung: MT-Prüfung.

⁵⁰ Vgl. Denger (2007), S. 146 ff., Weiterführende Literatur zur Werkstoffprüfung siehe Grote/Feldhusen (2007), S. E23.



Abbildung 6: Ultraschallprüfung⁵¹

Zusätzlich zu den oben angeführten Funktionsbereichen gibt es noch weitere Funktionsbereiche wie beispielsweise die Einkaufsabteilung, die Produktentwicklung, die Arbeitsvorbereitung, die Instandhaltung, die Zeitwirtschaft, sowie den Gussversand. Diese Funktionsbereiche werden im Rahmen der Analyse bei der Darstellung des strukturellen Aufbaus der Fertigung der Gießerei näher vorgestellt. Dabei erfolgt bei der Analyse die Abgrenzung der unterschiedlichen Funktionsbereiche, die für die Definition von Anforderungen und bei der Ableitung von Verbesserungspotenzialen im Hinblick auf ein MES-System einbezogen werden müssen. Nach dieser sehr kurz gehaltenen Einführung in die wichtigen operativen Teilbereiche inklusive der Verfahrenserklärung, erfolgt im folgenden Kapitel die theoretische Abhandlung von Manufacturing Execution Systemen. Die oben erläuterten Verfahrenswesen tragen wesentlich zur Ableitung von Anforderungen an ein MES-System bei und zwar dahingehend, dass für die Verfahrensdurchführung definierte Informationen und Informationsobjekte erstellt und an den verschiedenen Bedarfspunkten verarbeitet werden müssen. So wird beispielsweise im Schmelzbetrieb die Information über die Werkstoffzusammensetzung benötigt, die für den Prozessoutput und die Qualität der Gusstücke essentiell ist. Welche Funktionalitäten ein MES-System allgemein bietet und welche Gründe und Voraussetzung es für die Einführung eines derartigen Systems gibt wird im nachstehenden Kapitel näher dargestellt.

⁵¹ Quelle: eigene Abbildung.

3 Manufacturing Execution System - MES

Die Ausrichtung der Unternehmensprozesse auf den Kundennutzen hat, wie dies erläutert wurde⁵², einen signifikanten Einfluss auf die innerbetriebliche Leistungserstellung. Je nach Branche und Produkt gibt es unterschiedliche Lieferzeiten, wobei der Kunde möglichst kurze Lieferzeiten von den Herstellern fordert. Dabei ist im Handel eine Lieferzeit von einem Arbeitstag keine Seltenheit mehr, wobei in Industrieunternehmen diese kurzen Lieferzeiten nicht möglich sind. Jedoch kann auch hier ein Trend in Richtung kürzerer Lieferzeiten beobachtet werden, was zur zunehmenden Flexibilisierung der Fertigung führt. Je termingerechter ein Unternehmen in der Lage ist das bestellte Produkt zu liefern, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit Folgeaufträge zu erhalten. Um diese Anforderungen des Marktes erfüllen zu können, bedarf es verschwendungsarmer Prozesse und einer hohen Reaktionsfähigkeit aller prozessbeteiligten Personen und Systeme. Damit dies sichergestellt wird bedarf es zusätzlich einer hohen Transparenz in der Fertigung, raschen Eingriffsmöglichkeiten in die Prozesse und in Echtzeit zur Verfügung gestellte Daten.⁵³ Diese und weitere Funktionalitäten werden durch ein so genanntes Fertigungsmanagementsystem⁵⁴ ermöglicht. Ein Fertigungsmanagementsystem stellt ein integrierendes Softwaresystem dar, dass auch unter der Bezeichnung Manufacturing Execution System bekannt ist. Somit wird unter einem MES-System ein integrierendes Softwaresystem verstanden, welches die Auftragsabwicklung und die damit einhergehende Produktionsplanung und -steuerung unterstützt. Im nachfolgenden Kapitel wird die theoretische Grundlage für die Definition der Anforderungen und die Ableitung von Verbesserungspotenzialen für den Anwendungsfall der Stahlgießerei der MFL geschaffen. Zu diesem Zweck ist es unbedingt notwendig, dass eine einheitliche Definition für ein MES-System in Stahlgießerei unter Berücksichtigung eines vorhandenen ERP-Systems gefunden wird. Im Anschluss werden die theoretischen Grundlagen hinsichtlich MES-Systeme erläutert, wobei zunächst die Gründe für die Implementierung dargestellt werden. Weiters erfolgt die Darstellung der Eingliederung von MES-Systemen in die betrieblichen Funktionsebenen, um das Einsatzgebiet und die sich daraus ergebenden Funktionen und Aufgaben ableiten zu können. Danach werden die Voraussetzungen für die MES-Systemeinführung näher erläutert. Den Abschluss dieses Kapitels bildet die Darstellung der in der Literatur angeführten Module, welche den funktionalen Aufbau eines MES-Systems darstellen.

3.1 Begriffsdefinition für MES-Systeme in Stahlgießereien

In diesem Teilkapitel soll eine einheitliche Begriffsdefinition für ein MES-System in Stahlgießereien unter Berücksichtigung eines vorhandenen ERP-Systems entwickelt werden. Der Hintergrund für die eigenständige Entwicklung einer Definition ist der, dass es zwar verschiedene Definitionen für MES-Systeme gibt, und die vorhandenen Normen branchenneutrale Definitionen liefern, jedoch konnte eine eindeutige Definition für ein MES-System für den Anwendungsfall der Stahlgießereien unter Berücksichtigung eines ERP-Systems bei der Recherche nicht aufgefunden werden.⁵⁵ Den ersten Schritt der Begriffsdefinition bildet die Definition des Terminus Stahlgießerei inklusive der Abgrenzung zu anderen Bereichen der Eisenerzeugung. Danach wird eine einheitliche Definition für ERP-

⁵² Siehe Teilkapitel 1.1.

⁵³ Vgl. Kipp et al. (2011), S. 38 ff.

⁵⁴ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 2.

⁵⁵ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 2; ISA S 95 (2000), S. 14 ff.; Schäfer et al. (2009), S. 41; Lindemann (2005), S. 12; Kipp et al. (2011), S. 38; Louis (2009), S. 7 f.

Systeme dargestellt und erläutert. Im nachfolgenden Schritt erfolgt das Auffinden einer Definition für MES-Systeme. Alle diese drei Komponenten bilden die Basis für die Begriffsdefinition für ein MES-System in Stahlgießereien. Die so entwickelte Definition kann als Basis für die weiterführenden Betrachtungen herangezogen werden.

3.1.1 Begriffsdefinition und Abgrenzung Stahlgießerei

Der Begriff Stahlgießerei setzt sich grundsätzlich aus zwei Begriffen, nämlich Stahl und Gießerei, zusammen. Die Basis für den Begriff Stahl bildet das chemische Element Eisen, welches in der Natur in reiner Form nicht vorkommt.⁵⁶ Das Eisen wird als Eisenerz gewonnen, welches „Hauptsächlich Verbindungen des Eisens mit Sauerstoff (=Eisenoxyde) vermengt mit Verunreinigungen (Gangart)“⁵⁷ darstellt. Zu diesen Erzen zählen Magnetit, Hämatit, Limonit, Siderit und einige Manganerze, wobei die beim Abbau gewonnenen Erze zu Roheisen reduziert werden müssen. Unter Reduktion versteht man die „Wegnahme von Sauerstoff“ aus den Erzen.⁵⁸ Das auf diese Art erzeugte Roheisen muss nach weiteren Verfahren auf einen Kohlenstoffgehalt von 2 Prozent reduziert werden, der den Grenzwert zwischen Roheisen und Stahl in der Theorie festlegt. Zu diesen Aggregaten zählen, wie in der Abbildung 7 dargestellt ist, Lichtbogenöfen und Konverter. Somit wird unter Stahl grundsätzlich ein Werkstoff verstanden, dessen Massenanteil am Element Eisen größer ist, als der eines jeden anderen Elementes im Werkstoff und dessen Anteil an Kohlenstoff unter 2 Prozent liegt.⁵⁹ In der Abbildung 7 sind die Verfahrenswege vom Einsatzstoff zum Stahl zum besseren Verständnis dargestellt.

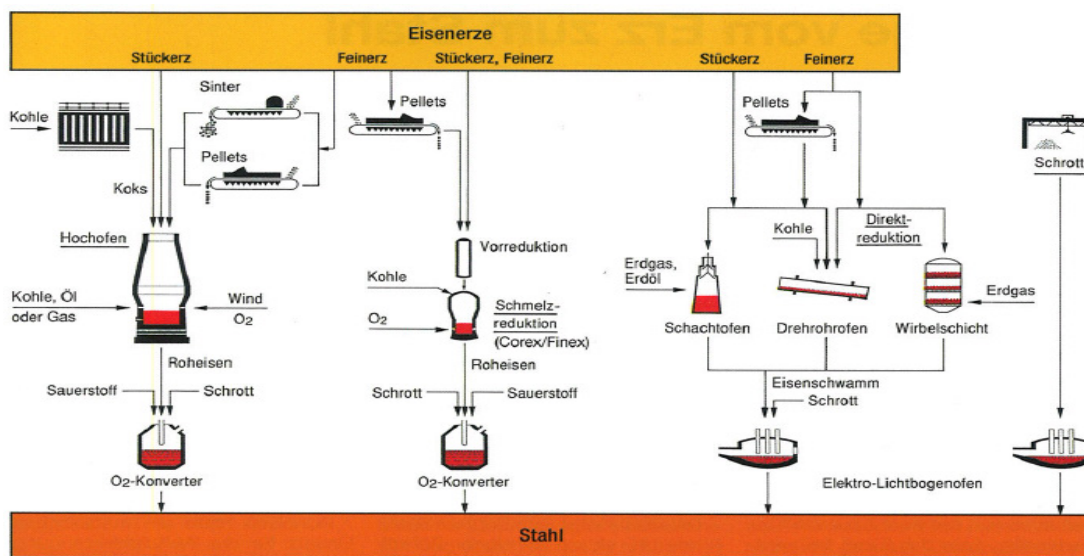


Abbildung 7: Materialfluss von den Einsatzstoffen zum Stahl⁶⁰

Nach der Definition des Terminus Stahls fehlt noch die Definition für eine Gießerei. Der im Stahlwerk erzeugte flüssige Stahl wird nach verschiedenen Verfahren vergossen. Diese Verfahren zum Vergießen des flüssigen Stahls sind für die Formgebung, die Abmessungen und die Gewichte der Stahlprodukte entscheidend. Somit versteht man unter dem Terminus Gießen die Auftrennung der flüssigen Schmelze in kleinere Einheiten, wobei das Er-

⁵⁶ Vgl. Degner et al. (2007), S. 5.

⁵⁷ Degner et al. (2007), S. 16.

⁵⁸ Vgl. Degner et al. (2007), S. 17 f., S. 27.

⁵⁹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 5.

⁶⁰ Quelle: Degner et al. (2007), S. 28.

gebnis vom jeweiligen Gießverfahren abhängig ist. Dabei wird bei den Verfahren unter anderem zwischen Strangguss, Blockguss und Schwerkraftguss unterschieden.⁶¹

Der Strangguss stellt das weitest verbreitete Gießverfahren dar. Es wird vorwiegend dort eingesetzt, wo große Mengen flüssiger Stahl in kurzer Zeit vergossen werden müssen. Die flüssige Schmelze wird zur Gießstation gefördert, wo diese über eine Öffnung im Pfannenboden direkt in einen Zwischenbehälter dem so genannten Verteiler eingefüllt wird. Dieser Verteiler ist über Tauchausgüsse mit den Kupferkokillen der Gießstränge verbunden. Der Abfluss in die Kupferkokille wird über einen Stopfenmechanismus dosiert. Durch das Eingießen der Schmelze wird ein endloser Strang erzeugt, der während der kontinuierlichen Förderung gekühlt wird, sodass eine homogene Abkühlungsgeschwindigkeit erreicht wird. Je nach Bedarf wird der Strang mittels Schneidbrenner auf die geforderte Länge gebracht.⁶²

Auch beim Blockguss erfolgt das Abgießen der flüssigen Schmelze in eine Kokille. Die Kokillen bilden beim Blockguss einfache geometrische Körper ab, die rechteckig, rund, oval oder auch polygonal sein können, wobei Kokillen zu den Dauerformen zählen. Beim Blockguss wird zwischen dem Oberguss- und dem Gespanngussverfahren unterschieden. Bei ersterem Verfahren wird direkt aus der Gießpfanne die Schmelze in die offene Kokille vergossen. Beim zweiten Verfahren erfolgt der Abguss über einen Gießtrichter, der an Gießkanäle angebunden ist, die die flüssige Schmelze auf die Kokillen verteilen. Das Abgießen der Schmelzen in den Gießtrichter erfolgt aus einer Öffnung an der Gießpfanne.⁶³

Beim Schwerkraftguss werden Dauerformen, oder verlorene Formen mit flüssiger Schmelze befüllt. Die Schmelze wird mittels Gießpfanne zur Gießstation gefördert und dort durch Öffnen und Schließen des Stopfens portioniert. Das Abgießen der flüssigen Schmelze erfolgt direkt in die offene Dauer- oder verlorene Form. Die Formfüllung kann entweder steigend oder fallend ausgeführt werden, was zur Bezeichnung „Fallender Guss“ und „Steigender Guss“ geführt hat. Das in der Stahlgießerei angewendete Maskenformverfahren zählt zum Schwerkraftguss.⁶⁴ Diese Art der Formfüllung hat vor allem bei Sandformen den Vorteil, dass Verunreinigungen durch die aufsteigende Befüllung des Innenholraumes in den Speiser aufsteigen können und dadurch nicht im Gussteil verbleiben.⁶⁵

Zusammengefasst kann die abgeleitete Definition für eine Stahlgießerei folgendermaßen festgelegt werden: Unter einer Stahlgießerei versteht man eine Produktionseinrichtung, die ausschließlich Stahlwerkstoffe, also jene Werkstoffe mit einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 2 Prozent erzeugt, und den so erzeugten flüssigen Stahl mittels unterschiedlichen Gießverfahren im Rahmen des Urformens oder Umformens in Stahlprodukte überführt.

3.1.2 Begriffsdefinition und Abgrenzung ERP-Systeme

Die Entwicklung von ERP-Systemen hat bereits im vorangegangenen Jahrhundert begonnen, und sich bis zum heutigen Tag kontinuierlich fortgesetzt. Durch die laufende Weiterentwicklung bestehender Systeme und aufgrund eines äußerst dynamischen Marktes hat sich die Zahl der Anbieter von ERP-Systemen in der Vergangenheit deutlich erhöht. Der Markt in Deutschland wird auf zirka 600 Anbieter geschätzt, bei denen jedoch eine Konzentration auf einzelne Funktionalitäten besteht.⁶⁶ Die Kernfunktionalitäten eines ERP-Systems reichen vom Finanzwesen und der Logistik über die Produktion bis hin zum Per-

⁶¹ Vgl. Degner et al. (2007), S. 78; Fritz/Schulze (2008), S. 10.

⁶² Vgl. Degner et al. (2007), S. 79 ff.

⁶³ Vgl. Degner et al. (2007), S. 87 f.

⁶⁴ Vgl. Fritz/Schulze (2008), S. 10.

⁶⁵ Vgl. Braun et al. (1996), S. 64.

⁶⁶ Vgl. Gronau (2010), S. 15 ff.

sonalwesen.⁶⁷ Eines der Unternehmen, welches die Entwicklung von ERP-Systemen entscheidend geprägt hat, stellt das Unternehmen SAP⁶⁸ dar, welches auch heute noch der Marktführer in diesem Segment ist.⁶⁹ Grundsätzlich versteht man unter der Abkürzung ERP Enterprise Resource Planning.⁷⁰ Aufgrund der Tatsache, dass der Begriff ERP-System weit verbreitet und fest im betrieblichen Verständnis verankert ist, haben sich mehrere Autoren mit der Festlegung einer eindeutigen Begriffsdefinition beschäftigt. Diese Tatsache führt dazu, dass im Rahmen der Arbeit keine Definition neu entwickelt werden muss, sondern aus den vorhandenen Definitionen eine für die Arbeit geeignete Definition ausgewählt werden kann. Demnach kann ein ERP-System folgendermaßen definiert werden: „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.“⁷¹ Wie aus der angeführten Definition hervorgeht, handelt es sich bei einem ERP-System um eine Software, die die betriebswirtschaftliche Sicht softwaretechnisch unterstützt, sodass eine unternehmensweite Planung, Steuerung und Kontrolle ermöglicht wird. Dies bedeutet aber, dass sich die Planungstiefe eines ERP-Systems meist auf die betriebswirtschaftliche Sicht beschränkt, was für die Fertigung eine mangelhafte Unterstützung bedeutet, wobei dies ein Grund für die Entwicklung von MES-Systemen darstellt.

Weiters erfolgt die Definition eines ERP-Systems oftmals über die Funktionalitäten, die ein solches System sicherstellen muss. Demnach umfasst ein ERP-System „die Verwaltung aller zur Durchführung der Geschäftsprozesse notwendigen Informationen über die Ressourcen Material, Personal, Kapazitäten (Maschinen, Handarbeitsplätze etc.), Finanzen und Informationen.“⁷² Diese Definition erleichtert weiters das Verständnis, des in der vorangestellten Definition angeführten Aspekts der integrierten Software, da unter integrierter Software die umfassende softwaretechnische Unterstützung, der für die Ausführung der Geschäftsprozesse benötigten Informationen verstanden wird. Somit hat sich der Gedanke der vollständigen Integration aller Unternehmensprozesse bereits bei der Entwicklung von ERP-Systemen mitentwickelt, welche in weiterer Folge bei MES-Systemen weitergeführt worden ist.⁷³ Der Integrationsgedanke wird sehr gut von Gronau in Pyramidenform dargestellt, wobei hier die horizontale und vertikale Integration der Unterstützungssysteme dargestellt werden soll.⁷⁴ Somit kann abschließend festgehalten werden, dass man unter einem ERP-System eine integrierte Software zur Unterstützung von definierten Funktionen versteht, und die mit ihren Systemmodulen eine betriebswirtschaftliche Sicht auf das Unternehmen im Hinblick auf die Planung, Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen mit dem Fokus auf Material, Personal, Kapazitäten und Maschinen ermöglichen soll.

3.1.3 Begriffsdefinition und Abgrenzung MES-System

Der Begriff Manufacturing Execution System hat sich erst in den letzten Jahren als Bezeichnung durchgesetzt, wobei heute noch zahlreiche Unternehmen diesen Begriff nicht

⁶⁷ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 19.

⁶⁸ Abkürzung für Systeme Anwendungen und Produkte der Datenverarbeitung.

⁶⁹ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 31 ff.

⁷⁰ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 2.

⁷¹ Hesseler/Görtz (2008), S. 5 f.

⁷² Gronau (2010), S. 4.

⁷³ Siehe Teilkapitel 3.2.3.

⁷⁴ Vgl. Gronau (2010), S. 6 ff.

eindeutig zuordnen können. Der Grund für dieses divergierende Verständnis ist überwiegend in der historischen Entwicklung der Systeme zu finden. Aufgrund der mangelnden Unterstützung der Fertigungssteuerung durch ERP-Systeme, haben sich in den Unternehmen verschiedene individuelle IT-Systeme entwickelt, die die Fertigung gemäß den definierten Anforderungen unterstützten.⁷⁵ Dieser willkürlichen Entwicklung haben Normierungsinstitute versucht entgegenzuwirken. Als erstes Normierungsinstitut hat die MESA⁷⁶ sich diesem Thema angenommen und dabei 12 Funktionsgruppen festgelegt, die ein MES-System erfüllen muss. Diese sind Feinplanung, Ressourcenmanagement, Erfassung und Darstellung des Ressourcenstatus, Dokumentenmanagement, Materialmanagement, Leistungsanalyse, Auftragsmanagement, Maintenance Management, Prozessmanagement, Qualitätsmanagement, Datenerfassung und Produktentstehung und -verfolgung. Wichtig ist, dass nicht alle Funktionsgruppen im Unternehmen vorhanden sein müssen, sondern auch auf das Unternehmen abgestimmte Kombinationen von IT-Systemen eine MES-Lösung darstellen können.⁷⁷ Im Fokus der MESA steht dabei die „Optimierung von bestehenden Systemen und die Einführung von innovativen Informationssystemen“⁷⁸, auf Basis welcher diese Gruppen definiert worden sind.⁷⁹ Somit bilden die oben angeführten Gruppen der MESA-Richtlinie die Basis für die Begriffsdefinition von MES-Systemen.

Neben der MESA hat sich die ISA⁸⁰ mit der Thematik von MES-Systemen beschäftigt. Dabei wurden von dieser Organisation zwei Richtlinien⁸¹ im Hinblick auf produktionsnahe Softwaresysteme erarbeitet, wobei diese Richtlinien auf den Inhalt der MESA-Richtlinie aufbauen.⁸² Die für MES-Systeme wichtige Richtlinie ISA S 95 definiert die Aktivitäten eines MES, sowie auch die Schnittstellen zu jenen, einem MES-System übergeordneten und untergeordneten Systemen. Zur eindeutigen Abgrenzung der Systeme sind 5 Ebenen innerhalb des Unternehmens definiert worden, wobei das ERP-System das übergeordnete System darstellt, und operative Softwaresysteme die untergeordneten Systeme darstellen. Jeder Ebene wird eine betriebliche Funktion zugeordnet, wobei dem ERP-System mit seinen Funktionalitäten die oberste Ebene und den operativen Bereichen die drei untersten Ebenen zugeordnet werden.⁸³ Die Ebenen zwischen dem ERP-System und der operativen Ebene stellt laut ISA S 95 den Einsatzbereich eines MES-Systems dar. Diese Trennung der Unternehmensprozesse in Ebenen zur Zuteilung der Softwaresysteme zu einer Unternehmensebene stellt einen zentralen Punkt dar.⁸⁴ Die Ebene, in der ein MES-System arbeitet, muss laut ISA S 95 die folgenden Funktionen ermöglichen: Ressourcenzuweisung und -kontrolle, Produktionsausführung, Datenerfassung und Datensammlung, Qualitätsmanagement, Prozessmanagement, Produktionsverfolgung, Leistungsanalyse, detaillierte Arbeitsablaufplanung, Dokumentenkontrolle, Personalmanagement, Instandhaltungs- und Wartungsmanagement, Lagerung und Verfolgung von Materialien.⁸⁵ Somit stellt ein MES-System ein Echtzeitsystem zur Fertigungsunterstützung dar. Dabei sollen prozessnahe Daten erfasst, aufbereitet und einer Analyse zugeführt werden. Zusätzlich soll die Quali-

⁷⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 21 ff.

⁷⁶ Manufacturing Enterprise Solution Association.

⁷⁷ Vgl. Kletti (2006), S. 25 f.

⁷⁸ Thiel et al. (2010), S. 41.

⁷⁹ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 41.

⁸⁰ The Instrumentation, Systems and Automation Society.

⁸¹ ISA S 88 und ISA S 95.

⁸² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 33 ff.

⁸³ Siehe Teilkapitel 3.2.3.

⁸⁴ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 35 ff.; ISA S 95 (2000), S. 19 ff.

⁸⁵ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 19 ff.

tätssicherung und die Instandhaltung unterstützt werden. Diese sehr funktionale Definition für ein MES-System ist für den Fall einer Stahlgießerei aber sehr unspezifisch.

Im Jahre 2007 wurde vom Verein Deutscher Ingenieure eine deutschsprachige Richtlinie mit der folgenden Bezeichnung zum Thema MES veröffentlicht: Richtlinie 5600. Fertigungsmanagementsysteme - Manufacturing Execution Systems (MES). Darin wird unter einem MES-System ein Fertigungsmanagementsystem verstanden, welches mehrere Aufgaben zur Unterstützung der betrieblichen Prozesse erfüllen muss. Dabei steht die laufende Optimierung der Fertigungssituation im Vordergrund. Wichtig dabei ist, dass ein MES-System als Informationssystem angesehen werden muss, welches die Informationen zeitnah in der geforderten Qualität zur Verfügung stellen muss. Diese Informationen können neben fertigungsrelevanten und kundenrelevanten Informationen auch Informationen in Form von Auswertungen sein.⁸⁶ Dabei wird in der Richtlinie festgehalten, dass es sich bei einem MES-System um ein modulares IT-System handelt, wobei sich das MES sowohl aus zugekauften Softwareelementen, als auch aus bestehenden Softwareelementen zusammensetzen kann. Das so generierte MES-System muss die Integration und die Zeitnähe aller im Prozess vorhandenen Komponenten sicherstellen.⁸⁷ Dabei muss das MES-System echtzeitfähig sein, um auf definierte Systemzustände reagieren zu können. Auch in der VDI-Richtlinie werden Aufgaben definiert, die ein MES-System erfüllen muss. Dazu zählen: Feinplanung und Feinsteuerung, Betriebsmittelmanagement, Materialmanagement, Personalmanagement, Datenerfassung, Leistungsanalyse, Qualitätsmanagement und Informationsmanagement.⁸⁸ Dabei lässt auch diese Norm eine exakte Definition für MES-Systeme vermissen, da auch in diesem Fall die Funktionen im Vordergrund stehen. Zusätzlich zu den erwähnten Normen haben sich weitere branchenspezifische Normierungsinstitute mit dem Thema MES beschäftigt.⁸⁹ Da diese Normen sehr spezifisch sind, und auf den Fall einer Gießerei somit nicht anwendbar sind, wird hier auf eine Beschreibung verzichtet.

Aus dem oben dargestellten Sachverhalt ist zu erkennen, dass es keine einheitliche Begriffsdefinition für ein MES-System gibt. Vielmehr stehen bei den angeführten Normen die Definition von Aufgaben und Funktionen im Vordergrund. Da dies aber auch bedeutet, dass es keine eindeutige Definition für ein MES-System in Gießereien gibt, könnte eine mögliche Definition folgendermaßen formuliert werden: Unter einem MES-System versteht man ein Informations- und Koordinationssystem zur Unterstützung des Produktions- und Fertigungsmanagement im Hinblick auf die horizontale und vertikale Integration sämtlicher betrieblichen (Informations-) Prozesse, dass basierend auf den in den Normen festgehaltenen Funktionen die Optimierung der betrieblichen Fertigungssteuerung zum Ziel hat. Dabei kann das MES-System sowohl aus zugekauften, als auch selbst entwickelten Softwaremodulen bestehen.⁹⁰

3.1.4 Definition MES-System für Stahlgießereien

In diesem Teilkapitel soll ausgehend von den oben angeführten Einzelbegriffsdefinitionen eine einheitliche Definition für ein MES-System in Stahlgießereien abgeleitet werden. Demnach kann ein MES-System für Stahlgießereien unter Berücksichtigung eines ERP-Systems folgendermaßen definiert werden: Unter einem Manufacturing Execution System für Stahlgießereien versteht man ein Informations- und Koordinationssystem zur Unterstützung des zeitnahen Produktions- und Fertigungsmanagement, unter Berücksichtigung

⁸⁶ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 2, S. 4 f.

⁸⁷ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 8 f.

⁸⁸ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 7.

⁸⁹ Zum Beispiel: VDMA (Verband Maschinen- und Anlagenbau), VDA (Verband der Automobilindustrie) etc.

⁹⁰ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 8.

der horizontalen und vertikalen Integration von (Informations-) Prozessen außerhalb eines ERP-Systems, dass basierend auf den in den Normen festgelegten Funktionen die Produktion von Stahlwerkstoffen, also jenen Werkstoffen mit einem Kohlenstoffgehalt von weniger als 2 Prozent, nach unterschiedlichen Gießverfahren im Rahmen des Urformens oder des Umformens durchgängig unterstützt, und im Falle eines vorhandenen ERP-Systems die betriebswirtschaftliche Sichtweise im Hinblick auf die definierten Funktionen (Steuerung, Planung, Kontrolle) vollauf integriert.

Die in der Definition inkludierten Aspekte wurden in den vorangegangenen Teilkapiteln erläutert. Diese Definition stellt eine, auf den Anwendungsfall der Stahlgießerei unter der Berücksichtigung von ERP-Systemen, abgestimmte Definition dar. Darin werden die entwickelten Definitionen zu einer Gesamtdefinition zusammengeführt, und für den genannten Anwendungsfall festgelegt. Nach der nun vorhandenen eindeutigen Definition wird weiterführend auf die Grundlagen von MES-Systemen näher eingegangen.

3.2 Grundlagen Manufacturing Execution System

In diesem Teilkapitel werden die theoretischen Grundlagen diskutiert, die für die weiterführenden Betrachtungen hinsichtlich der Funktionalität und der Einführung eines MES-Systems essentiell sind. Zunächst erfolgt in diesem Rahmen die Darstellung der Gründe, auf Basis derer die Implementierung eines MES-Systems in den Unternehmen vorangetrieben wird. Um ein Verständnis für die Aufgabenbereiche und weiters für die Funktionalitäten eines MES-Systems zu erhalten, bedarf es der Erläuterung des Einsatzgebietes von MES-Systemen innerhalb der betrieblichen Organisation. Diese Funktionalitäten und die Eingliederung in die betriebliche Organisation bilden weiterführend die Basis für die Systemanalyse, sowie für die Ableitung der Anforderungen. Am Ende werden weiters die Voraussetzungen dargestellt, die an ein MES-System grundsätzlich gestellt werden, und die vor einer möglichen Einführung eines MES-Systems umgesetzt werden müssen.

3.2.1 Gründe für die Implementierung eines MES-Systems

Die Gründe für die Einführung eines MES-Systems sind äußerst vielfältig und divergieren erheblich zwischen den Unternehmen. Dabei bilden oftmals vorhandene Schwachstellen den Ausgangspunkt für die Überlegung der Einführung eines MES-Systems und somit bilden diese Schwachstellen auch die Gründe für die Systemeinführung. Bei der Einführung von MES-Systemen stehen vorwiegend organisatorische Schwachstellen im Mittelpunkt. Der große Nachteil von organisatorischen Schwachstellen besteht darin, dass diese meist schwer erkennbar sind was dazu führt, dass das Bewusstsein über die Schwachstelle nicht vorhanden ist, wodurch die Schwachstelle auch nicht behoben werden kann. Durch diese organisatorischen Schwachstellen entsteht aber Verschwendung, was sich unmittelbar auf den betrieblichen Erfolg auswirkt.⁹¹ Nachstehend sind die wichtigsten Gründe für die Einführung eines MES-Systems im Hinblick auf den Anwendungsfall einer Stahlgießerei dargestellt, welche überwiegend auf Schwachstellen in der Fertigungsstruktur beruhen:⁹²

- Durchlaufzeitprobleme und geringe Termintreue
- Geringe Flexibilität
- Geringe Transparenz
- Mangelnde Abwicklung der Qualitätsprüfung

⁹¹ Vgl. Syska (2006), S. 167 ff.

⁹² Vgl. Kletti (2007), S. 13 ff.

- Planungsqualität und geringere Personalproduktivität
- Große organisatorische Reaktionszeiten

Durchlaufzeitprobleme und geringe Termintreue

Die Durchlaufzeit stellt in produzierenden Betrieben eine wichtige Kenngröße dar. Unter der Durchlaufzeit versteht man grundsätzlich jene Zeit, die ein Auftrag für die komplette Fertigstellung innerhalb eines Unternehmens benötigt.⁹³ Dabei entfällt auch heute noch ein Großteil der Durchlaufzeit meist auf unproduktive Warte- und Liegezeiten, wobei diese Zeiten entsprechende Ressourcen verbrauchen. Durch diese unproduktive Zeitspanne wird aber die Durchlaufzeit von Aufträgen deutlich erhöht, wobei aktuell in der Fertigung aufgrund der mangelnden Messbarkeit der Durchlaufzeiten keine Reaktionsmöglichkeit besteht. Welches Potenzial eine geringe Verkürzung der Durchlaufzeit mit sich bringt, wird oftmals nicht gesehen. Auch in der heutigen Zeit vertrauen Unternehmen noch immer den manuell erstellen Listen und Berichten, die keine Eingriffsmöglichkeiten hinsichtlich den Durchlaufzeiten ermöglichen. Weiters können ERP-Systeme aufgrund der oftmals zeitversetzten Rückmeldungen und aufgrund der fehlenden Sicht auf die Warte- und Liegezeiten keine aussagekräftigen Berichte hinsichtlich Durchlaufzeiten liefern.⁹⁴

Durch die fehlende Sicht auf die Durchlaufzeiten und die diesbezüglichen mangelnden Eingriffsmöglichkeiten, können zugesagte Liefertermine teilweise nicht eingehalten werden, was die Termintreue, und somit die Kundenzufriedenheit negativ beeinflusst.⁹⁵ Die Kundenzufriedenheit wird durch die Erfüllung der vertraglich festgelegten Anforderungen beeinflusst, was sich auf die weitere Auftragsvergabe auswirken kann.⁹⁶ Eine Basisanforderung für den Kunden stellt die Einhaltung des Liefertermins dar, wobei die Einhaltung des Liefertermins sowohl von organisatorischen, als auch produktionsbedingten Faktoren beeinflusst wird. Den ersten Faktor stellen unsichere Planungsvorgaben dar, die sich unter anderem durch mangelnde Datenqualität bei Vorgabezeiten, Bearbeitungszeiten und Rüstzeiten ergeben, wobei dieser Mangel vorwiegend auf mangelnde Datenpflege zurückzuführen ist. Dadurch ist aber die Beeinflussung der Produktion nur schwer möglich. Der zweite Faktor ist dadurch bedingt, dass das vorhandene Unterstützungssystem oftmals keine vorausschauende Kapazitätsplanung ermöglicht, sodass ohne Rückstände und mit unbegrenzten Kapazitäten geplant wird. Dies entspricht aber nicht der Realität, sodass keine Beeinflussung der Durchlaufzeit und des Liefertermins möglich ist.⁹⁷ Ein MES-System ist in der Lage, die Durchlaufzeiten von Aufträgen vollständig zu erfassen und die vorausschauende Planung durchzuführen. Durch die Datenerfassung werden laufende Kontrollen und die Datenpflege sichergestellt. Zusätzlich können durch die Echtzeitdarstellung laufende Soll-Istanalysen durchgeführt und bei Bedarf umgehend in die Fertigung eingegriffen werden, wodurch die Durchlaufzeit und der Liefertermin positiv beeinflusst wird.⁹⁸ Die durch ein MES-System sichergestellte Datenerfassung spart somit Kosten.⁹⁹

Geringe Flexibilität

Durch die geänderten Anforderungen, die vom Kunden an die Unternehmen gestellt werden, bedarf es eines hohen Maßes an Flexibilität. Unter Flexibilität versteht man die

⁹³ Vgl. Koether (2011), S. 26.

⁹⁴ Vgl. Kletti (2007), S.14, S. 15 f.

⁹⁵ Vgl. Kletti (2007), S. 17.

⁹⁶ Vgl. Pfohl (2010), S. 32 f.

⁹⁷ Vgl. Kletti (2007), S. 19 f., S. 20.

⁹⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

⁹⁹ Vgl. Windahl (2005), S. 13.

Anpassungsfähigkeit eines Objektes an sich rasch ändernde Bedingungen.¹⁰⁰ Ein Mangel an Flexibilität wird unter anderem durch viele Schnittstellen erhalten, wobei hierfür oftmals die innerbetriebliche Kommunikation für den Informationsaustausch verantwortlich ist. Je mehr Personen miteinander kommunizieren, desto mehr Schnittstellen und Medienübergänge entstehen, was wiederum die fehlerhafte Informationsweitergabe begünstigt. Einen weiteren Punkt, der die Flexibilität im Unternehmen senkt, stellen Liegezeiten dar. In vielen Unternehmen kommt es vor, dass die Liegezeiten einen größeren Zeitanteil der Durchlaufzeit in Anspruch nehmen, als die Bearbeitungszeit. Diese Umlaufbestände führen jedoch zu Kosten und binden Kapazitäten, sodass die Flexibilität reduziert wird. Zu den erwähnten Punkten wird die Flexibilität der Fertigung weiters durch Rücklaufstände deutlich beeinflusst. Rücklaufstände sind Aufträge, die nicht fristgerecht ausgeliefert werden konnten. Viele Unternehmen schieben die Rücklaufstände laufend vor sich hin, ohne eine Bereinigung¹⁰¹ durchzuführen und planen somit immer auf gleichem Kapazitätsniveau. Durch diesen hemmenden Einfluss wird die Flexibilität weiter deutlich gesenkt.¹⁰² Alle diese Faktoren können durch erhöhte Transparenz, Echtzeitdarstellung, Datenerfassung und Alarmmanagement verbessert werden, was durch ein MES-System sichergestellt wird.¹⁰³

Geringe Transparenz

Ein hohes Maß an Transparenz ist für die Planung und die Fertigungssteuerung von großer Bedeutung. Papiergestützte Aufzeichnungen stellen derzeit immer noch die häufigste Erfassungsform von Informationen dar. Ein wesentlicher Punkt, der zu einer verringerten Transparenz führt ist die Tatsache, dass es bei der Rückmeldung beispielsweise in ERP-Systeme einen Zeitverzug gibt. Unter Rückmeldung versteht man grundsätzlich die Erfassung und Verbuchung von Leistungsdaten.¹⁰⁴ Daher muss jedes Mal, wenn der Status von Fertigungsaufträgen zu erheben ist nachgefragt werden, wodurch Schnittstellen entstehen. Zusätzlich kann bei papiergestützter Aufschreibung keine Aussage über den Auftragsfortschritt gemacht werden. Dies bedeutet, dass keine Aussage über den Liefertermin abgegeben werden kann und Verzögerungen erst im Nachhinein erkannt werden.¹⁰⁵

Ein wichtiger Punkt, der einen Grund für die Implementierung eines MES-Systems liefert, stellt die oftmals mangelhafte Verwaltung der Produktionsarbeitsplätze dar. Der Ausfall einer Maschine kann bei papierbasierter Aufschreibung meist nicht erkannt werden. Somit kann auch nicht auf gegebene Maschinenstillstände mit einer zielgerichteten Reihenfolgeumplanung reagiert werden.¹⁰⁶ Hinzu kommt weiters, dass im Falle eines Personalmangels, Maschinen nicht belegt werden können. Welche Mitarbeiter jedoch aktuell an- oder abwesend sind, wird meist in eigenen Systemen geführt.¹⁰⁷ Dieser Mangel an Transparenz kann durch ein MES-System deutlich verbessert werden. Dabei spielen die Personaleinsatzplanung, der Fertigungsfortschritt im Leitsand, die Echtzeitdarstellung, die Datenerfassung, die Darstellung des Auftragsvorrates und das Alarmmanagement eine wichtige Rolle.¹⁰⁸

¹⁰⁰ Vgl. Wermke (2010), S. 346.

¹⁰¹ Zum Beispiel durch Überstunden und Sonderschichten.

¹⁰² Vgl. Kletti (2007), S. 31 f., S. 37.

¹⁰³ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

¹⁰⁴ Vgl. Gonau (2010), S. 149.

¹⁰⁵ Vgl. Kletti (2007), S. 39 ff.

¹⁰⁶ Vgl. Wiendahl (2005), S. 13.

¹⁰⁷ Vgl. Kletti (2007), S. 40 f.

¹⁰⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

Mangelnde Abwicklung der Qualitätsprüfung

Die Qualität eines Produktes ist aus Kundensicht und aus Herstellersicht das entscheidende messbare Merkmal eines Produktes. Die Produktqualität ist nicht als starr zu betrachten, sondern wird meist beim Anfrage- und Vergabeprozesses definiert. Aufgrund dieser Tatsache nimmt das Qualitätsmanagement einen immer wichtigeren Bestandteil des betrieblichen Geschehens ein. Durch die dadurch entstehenden großen Qualitätsregelkreise werden viele Schnittstellen erzeugt, was wiederum Ressourcen bindet. Die Unterstützung mittels MES-Systemen kann diese Schnittstellen, und den benötigten Aufwand reduzieren.¹⁰⁹

Die Prüfung der Qualitätsmerkmale stellt weiters eine Kernkomponente im Qualitätsmanagement dar, wobei oftmals die innerbetrieblichen Prozesse der Qualitätsprüfung ein Grund für die Einführung von MES-Systemen darstellt. Dabei erfolgt die Erfassung der Prüfdaten meist manuell an verschiedenen Orten in der Produktion, was einen erheblichen Ressourcenaufwand bedeutet. Dieselbe Vorgehensweise ist auch bei der Erfassung von Ausschussdaten im Rahmen des Prüfprozesses zu beobachten, wobei oftmals nicht klar ist, ab welchem Grenzwert ein Produkt als Ausschuss zu deklarieren ist. Durch die durchgängige Informationsbereitstellung und durch die Dateneingabe an Erfassungsgeräten, kann ein MES-System die Datenbereitstellung und Datenverarbeitung beim Prüfprozess erheblich vereinfachen. Weiters bedarf es bei vielen Produkten der Dokumentation sämtlicher Prüfdaten, was derzeit meist papierbasiert erfolgt. Die in den Normen definierten Anforderungen und auch der Kunde selbst fordert eine lückenlose Darstellung der Herstellungs- und Prüfprozesse. Dafür bedarf es der Datenerhebung und der Datendokumentation.¹¹⁰ Ein MES-System schafft dahingehend Abhilfe, als dass die Daten bereits vorhanden sind und geforderte Berichte automatisch generiert werden können.¹¹¹

Planungsqualität und geringere Personalproduktivität

Die Aussagekraft einer Planung ist für die Fertigungssteuerung und für die Kapazitätsplanung ein wichtiges Kriterium. Jede Planung ist aber nur so gut wie die Daten, auf der die Planung basiert. Aufgrund der Tatsache, dass es nicht möglich ist, alle Einflussfaktoren in die Planung einzubeziehen, besteht bei jedem Plan eine bestimmte Unsicherheit. Daher bedarf es laufend der Aktualisierung der Daten, damit eine aussagekräftige Planung erst möglich wird, wobei dies immer mit Mehraufwand verbunden ist.¹¹² Ein MES-System ermöglicht die laufende Visualisierung des Istzustandes in der Fertigung, sodass fehlerhafte Systemzustände sofort aufgezeigt und durch einfache Umplanung neue Pläne erstellt werden können.¹¹³ Weiters stellt die mangelnde Terminplanung einen weiteren Grund für die Einführung eines MES-Systems dar. Für eine optimale Terminplanung sind das Wissen über den aktuellen Auftragsstatus, eine Vorschau der zu fertigenden Produkte und auch eine Ressourcensicht¹¹⁴ entscheidend. Alle diese Funktionen werden durch ein MES-System unterstützt. Für die Planung der Kapazitäten bedarf es weiters einem Überblick über die zur Verfügung stehenden Personalressourcen, sodass die Verplanung der Mitarbeiterressourcen auf die jeweiligen Arbeitsplätze erfolgen kann. Oftmals erfolgt diese Personalplanung, wie auch die Kapazitätsplanung papierbasiert, was zusätzliche Listen und Mehraufwand bedeutet.¹¹⁵ Ein MES-System ermöglicht in Echtzeit die Terminplanung

¹⁰⁹ Vgl. Kletti (2007), S. 47 f.

¹¹⁰ Vgl. Kletti (2007), S. 49 f.

¹¹¹ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

¹¹² Vgl. Kletti (2007), S. 41.

¹¹³ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

¹¹⁴ Zum Beispiel Mitarbeiterressourcen oder Materialressourcen.

¹¹⁵ Vgl. Kletti (2007), S. 42 f.

basierend auf der Datenerfassung, sowie auch die Durchführung des Personalmanagement, inklusive Personaleinsatzplanung und Leistungslohnverrechnung.¹¹⁶

Ein wesentlicher Punkt, der die Planungsqualität, die Durchlaufzeit und die Produktqualität im entscheidenden Maße beeinflusst, stellt die Personalproduktivität dar. Die Produktivität von Mitarbeitern wird in Fertigungsunternehmen kaum erhoben, wobei Studien zu dem Ergebnis kommen, dass bis zu 67 Prozent der Mitarbeiter nicht motiviert sind und ein Drittel der Arbeitszeit unproduktiv ist, was direkte Auswirkungen auf den Prozessoutput hat.¹¹⁷ Zusätzlich beeinflusst ein Mangel an Informationen die Produktivität der Mitarbeiter und zwar dahingehend, dass die zu verrichtende Arbeit nicht, oder nur mangelhaft durchgeführt wird. Dabei ist für die Produkterstellung wichtig, dass die richtige Information für die Produkterstellung zielgerichtet am Arbeitsplatz ankommt.¹¹⁸ Diese Informationsbereitstellung wird durch das MES-System sichergestellt, und dadurch kann die Mitarbeiterproduktivität verbessert werden.¹¹⁹ In weiterer Folge kann durch die verbesserte Informationsbereitstellung dem Mitarbeiter mehr Verantwortung übertragen werden. Dabei liegt die Verantwortung darin, dass die Zielvorgaben direkt an den Mitarbeiter gerichtet werden können, sodass dieser selbstständig Entscheidungen treffen kann. Dadurch wird der Mitarbeiter zum Entscheidungsträger, wodurch die Motivation verbessert werden kann. Diese Verschiebung der Kompetenzen wird durch ein MES-System gestützt.¹²⁰

Große organisatorische Reaktionszeiten

Im Rahmen der Auftragsdurchführung müssen mehrere Tätigkeiten durchgeführt werden, die von der Branche und der Fertigungsstruktur abhängig sind. Dabei kommt es immer wieder vor, dass durch die Vielzahl durchzuführender Prozesse auch die innerbetrieblichen organisatorischen Reaktionszeiten auf Systemzustände entsprechend lange dauern. Um diese organisatorischen Reaktionszeiten zu verbessern bedarf es der Verbindung, beziehungsweise der Verschiebung von bestimmten Vertriebs- und Einkaufsfunktionen in die reaktionsschnelle Fertigungsleitebene¹²¹. Im Vertrieb schließt dies vor allem Auftrags-, Liefertermin- und Fortschrittsdaten ein, wohingegen es beim Einkauf vor allem die Daten bezüglich der Beschaffung von Material und Halbfertigprodukten betrifft. Dabei kann ein MES-System die Situation dahingehend verbessern, als dass diese Daten direkt vom System in der Unternehmensleitebene eingelesen, geprüft und den jeweiligen Bedarfstellen zur Verfügung gestellt werden können.¹²² Diese Erhöhung der Reaktionsfähigkeit des Unternehmens stellt einen wichtigen Grund für die Implementierung eines MES-Systems dar.

Neben den oben dargestellten Gründen gibt es noch weitere Gründe, warum ein MES-System in eine bestehende Fertigung eingeführt werden soll. Dies geht sogar soweit, dass eigentlich jedes Unternehmen unterschiedliche Gründe für die Einführung eines MES-Systems aufweisen wird, die sich aufgrund der betrieblichen Schwachstellen ergeben. Dabei können die Gründe sowohl kommerzieller Art, als auch branchenspezifischer Art oder unternehmensspezifischer Art sein. Kommerzielle Gründe könnten beispielsweise der Wegfall von Personalkosten, oder die Steigerung des Gewinnes eines spezifischen Bereiches sein. Zu den branchenspezifischen Gründen zählen beispielsweise Kostenvorteile oder Lieferzeitreduzierung gegenüber der Konkurrenz. Wichtig ist, dass die oben angeführten Gründe hinsichtlich ihrer Relevanz für eine Stahlgießerei ausgewählt worden sind, wobei

¹¹⁶ Vgl. Kletti (2006), S. 31 f.

¹¹⁷ Vgl. Kletti (2007), S. 43.

¹¹⁸ Vgl. Koether (2011), S. 21.

¹¹⁹ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.

¹²⁰ Vgl. Kletti (2007), S. 44 ff.

¹²¹ Siehe Teilkapitel 3.3.2.

¹²² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 15.

die Liste wegen der Vielfalt an Gründen nicht vollständig ist, da eine genaue Betrachtung aller in der Literatur vorhandenen Gründe den Rahmen der Arbeit deutlich übersteigen würde. Weitere Gründe für die Einführung eines MES-Systems sind in der Literatur für verschiedene Anwendungsfälle zu entnehmen.¹²³

3.2.2 Funktionsebenen eines Unternehmens

Betriebe können basierend auf der Ausführung der innerbetrieblichen Fertigungsstruktur einer Produktionstypen zugeteilt werden. Beispiele für Produktionstypen sind die Werkstattfertigung, oder die Linien- und Fließfertigung.¹²⁴ Diese Fertigungsstrukturen bestimmen wiederum die übergeordneten organisatorischen und verwaltungstechnischen Prozesse, die für die Abwicklung von Kundenaufträgen notwendig sind. Somit beeinflusst die Organisationsstruktur der Fertigung eines Unternehmens in weiterer Folge die übergeordneten organisatorischen Bereiche. Diese, der Produktion übergeordneten Bereiche, lassen sich laut der ISA S 95 Richtlinie und der VDI Richtlinie in verschiedene Ebenen einteilen. Dabei haben die übergeordneten Ebenen grundsätzlich die Aufgabe, die Prozesse in der operativen Ebene zu koordinieren und organisieren.¹²⁵ In der ISA S 95 Richtlinie im ersten Teil werden insgesamt 5 Ebenen als funktionale Hierarchie eines Fertigungsunternehmens definiert.¹²⁶ Diese Definition bildete auch den Ausgangspunkt für die Definition des Ebenenkonzeptes in der VDI 5600 Richtlinie. Da das in der VDI 5600 Richtlinie verwendete Ebenenmodell auch das in der Theorie vorherrschende Modell¹²⁷ darstellt, wird dieses Modell auch als Basis für die weiteren Betrachtungen herangezogen. Der Grund für die Erläuterung der Ebenen stellt jener dar, dass ein MES-System und dessen Funktionalitäten einer konkreten Funktionsebene im Unternehmen zugeordnet werden kann. Diese Zuteilung ermöglicht es, die Ausführungsformen und Funktionalitäten von MES-Systemen zu verstehen, wobei diese Integration aller Funktionsebenen es erst ermöglicht, die Potenziale und die transparente Fertigungsdarstellung eines MES-Systems auch zu nutzen.¹²⁸ Weiters macht es dieses Verständnis möglich, Schwachstellen die durch die Einführung eines MES-Systems verbessert werden können, zu erheben. Somit kann laut Definition in der VDI 5600 Richtlinie zwischen den folgenden Funktionsebenen unterschieden werden:¹²⁹

- Unternehmensleitebene
- Fertigungsleitebene
- Fertigungsebene

Unternehmensleitebene

Die Unternehmensleitebene bildet laut Definition die oberste, der in der Norm definierten Funktionsebenen¹³⁰ und beinhaltet die Funktionen Finanzwesen, Vertrieb, Einkauf und Personalwesen. Repräsentiert wird diese Ebene meist durch ein ERP-System, welches die in der Norm festgehaltenen Funktionen¹³¹ softwaretechnisch unterstützt. Darin werden unter anderem Funktionen zur Planung und Abschätzung des mittel- und langfristigen

¹²³ Weiterführende Literatur zu Gründen für MES-Systemeinführung siehe Louis (2009), S. 1 ff.; Thiel (2010), S. 5 ff., S. 179 ff.; Kletti (2007), S. 13 ff., S. 209 ff.; Anwenderberichte auf Anbieterhomepages und Zeitschriften.

¹²⁴ Vgl. Pfohl (2010), S. 184 ff.

¹²⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 16.

¹²⁶ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 19 ff.

¹²⁷ Vgl. Gronau (2010), S. 7; Thiel et. al. (2010), S. 36; Schäfer (2009), S. 47; Wiendahl et. al. (2005), S. 14.

¹²⁸ Vgl. Pischke (2005), S. 25 f.; Kipp et al. (2011), S. 38 ff.

¹²⁹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 7, S. 13.

¹³⁰ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 7.

¹³¹ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 22 ff.

Material- und Kapazitätsbedarfs angeboten, wobei die wichtigste Funktion eines ERP-Systems das Finanzmanagement darstellt.¹³²

Da der Vertrieb einen Teilbereich der Unternehmensleitebene bildet, erfolgt in den genannten ERP-Systemen meist die Abwicklung der Vertriebstätigkeiten. Diese beinhalten die Verwaltung von kundenbeziehungsrelevanten Daten, wie Anfragen, Aufträge oder Angebote, sowie die gesamte Rechnungslegung und das Mahnwesen. Auch die Einkaufsfunktionen werden dieser Ebene zugeordnet¹³³, wobei der Einkauf die zwischenbetriebliche Schnittstelle zu dem jeweiligen Vorgänger in der Prozesskette bildet.¹³⁴ Für den Einkauf gibt es zwar eigene Unterstützungssysteme, jedoch decken ERP-Systemanbieter die wichtigsten Funktionalitäten ab. Typische Aufgaben sind das Erstellen von Lieferverträgen, die Fixierung von Anlieferterminen, die Festlegung von Qualitätsstufen, die Abwicklung von Bestellanforderungen oder die Einleitung von Bestellvorgängen. Zusätzlich zum Einkauf und zum Vertrieb fällt weiters die Unterstützung der Personalverwaltung in die Unternehmensleitebene. Dabei erfolgen in einem eigenen Modul die Personaldatenverwaltung, sowie die Lohnverrechnung. Die Lohnverrechnung erfolgt einerseits auf Basis von gesetzlichen Regelungen, inklusive den gültigen Kollektivverträgen und andererseits auf Basis von internen Betriebsvereinbarungen.¹³⁵ Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass der Bereich der Unternehmensleitebene die Abwicklung des Einkaufs, des Vertriebes, die Verwaltung von Personal, und die grobe Einsatz- und Kapazitätsplanung übernimmt, sodass ein ERP-System als Planungssystem für die Grobplanung betrachtet werden kann.¹³⁶

Fertigungsleitebene

Die Fertigungsleitebene beinhaltet weiters Funktionen, die für die Produktentwicklung und den physischen Herstellungsprozess benötigt werden. Diese Leitebene stellt laut Definition in der Norm auch das Einsatzgebiet eines MES-Systems dar.¹³⁷ Demnach übernimmt diese Ebene die Daten hinsichtlich der Auftragsbelastung, Terminen und diverse Grunddaten eines Auftrages direkt aus der Unternehmensleitebene und führt eine Reihenfolge- und Belegungsplanung durch. Dieser Prozess wird oftmals auch als Feinplanung bezeichnet. Dabei erfolgt die Zuordnung des Auftragsvorrates zum jeweiligen Arbeitsplatz, und der Abgleich der benötigten Kapazitäten mit den verfügbaren Kapazitäten mit möglichst realistischen Start- und Endterminen. Zusätzlich wird auf dieser Ebene die Erfassung der Fertigungsdaten durchgeführt, mit dessen Hilfe erst ein zeitnaher Soll- Istvergleich möglich wird. Weitere Funktionen, die in diese Ebene fallen, sind Ressourcenverwaltung, Erstellung von Personaleinsatzplänen, operative Qualitätssicherung und das zielgerichtete Auswerten eingegebener Daten.¹³⁸ Alle diese Funktionen sind für eine durchgängige Unterstützung der Fertigungssteuerung notwendig.

Fertigungsebene

Die Fertigungsebene, oder auch Automatisierungsebene genannt, stellt den operativen Bereich in der Fertigung dar, in dem die physische Produkterstellung erfolgt. Dabei fallen in diese Ebene sämtliche Aktivitäten, die für die Produkterstellung benötigt werden, wobei man hier zwischen manuellen, teilautomatischen und vollautomatischen Arbeitsplätzen unterscheiden muss. Dazu zählen neben den allgemeinen Daten auch Steuerungsprogram-

¹³² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 10.

¹³³ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 10.

¹³⁴ Vgl. Pawellek (2007), S. 86 f.

¹³⁵ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 10.

¹³⁶ Vgl. Kletti (2006), S. 16 f.

¹³⁷ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 11; VDI 5600 (2007), S. 7.

¹³⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 16 f.

me, die für die Bedienung und somit für die Produkterstellung notwendig sind. Häufig wird beispielsweise für die Robotersteuerung die so genannte Speicherprogrammierte Steuerung¹³⁹ verwendet, die eine Anbindung an ein MES, basierend auf den Programmparametern ermöglicht. Somit fallen in diesen Bereich sämtliche Maschinen-, Anlagen- und Lagersteuerungen, die für die Durchführung der operativen Prozesse eingesetzt werden.¹⁴⁰

Weiters erfolgt in dieser Ebene das Aufeinandertreffen der Material- und Informationsflüsse, welche beide für die Herstellung der Produkte benötigt werden. Fehlende Information in der Fertigung durch mangelnde Abstimmung zwischen den Leitebenen und der Fertigungsebene führt oftmals zu erhöhten Kosten, und senkt somit den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens.¹⁴¹ Daher fallen in die Fertigungsebene alle operativen Prozesse, deren Daten direkt vom MES-System erfasst und verarbeitet werden können. Entscheidend dabei ist, dass in dieser Ebene die Arbeitsgänge gemäß den Vorgaben der anderen Ebenen umgesetzt werden, die zur Auftragsumsetzung benötigten Ressourcen eingesetzt werden, und diese eingesetzten Ressourcen in Ausgangsstoffe überführt werden.¹⁴² Im nachstehenden Teilkapitel wird näher auf die Abgrenzung der beiden Leitebenen im Hinblick auf die Funktionalitäten, die ein ERP-System und die ein MES-System erfüllen muss, eingegangen.

3.2.3 Eingliederung von MES-Systemen in die Unternehmensebenen

Im nachstehenden Teilkapitel soll die im vorigen Teilkapitel begonnene Beschreibung der Funktionsebenen weitergeführt werden, und zwar hinsichtlich der funktionalen Abgrenzung der Unternehmensleitebene und der Fertigungsleitebene. Der Grund für die Abgrenzung liegt darin, dass dadurch die Aufgaben und Funktionalitäten der Unterstützungssysteme geklärt werden und gleichzeitig auch ein Verständnis für den funktionalen Aufbau eines MES-Systems geschaffen wird. Im vorangestellten Kapitel wurde erwähnt, dass die Funktionen, welche in den Aufgabenbereich der Unternehmensleitebene fallen, vorwiegend durch ERP-Systeme abgebildet werden können. Im Gegensatz dazu sollen die Funktionen, welche in den Aufgabenbereich der Fertigungsleitebene fallen, durch ein MES-System abgebildet werden. Funktionen, welche für die Durchführung des operativen Produktionsprozesses notwendig sind, werden durch verschiedene Systeme in der Fertigungsebene abgebildet, was unter anderem Maschinensteuerungen, Prozessleitsysteme oder innerbetriebliche Steuerungsmechanismen umfasst.¹⁴³ Die genannten Punkte finden sich in der Abbildung 8 wieder. Zusätzlich werden diese Funktionen und die damit verbundenen Tätigkeiten unterschiedlich lange vor der eigentlichen Produkterstellung durchgeführt, so dass bei der Auftragsabwicklung je nach Funktionsebene, verschiedene Zeitintervalle und somit auch verschiedene Reaktionszyklen entstehen. Abbildung 9 zeigt diesen Sachverhalt, in der die Zeitintervalle einzelnen Funktionsebenen zugeordnet werden. Die genaue Darstellung und Erläuterung der Zeitintervalle erfolgt bei der Erklärung der Zeithorizonte.

¹³⁹ Abkürzung: SPS.

¹⁴⁰ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 13.

¹⁴¹ Vgl. Kletti (2006), S. 17.

¹⁴² Vgl. VDI 5600 (2007), S. 8.

¹⁴³ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 20 ff.

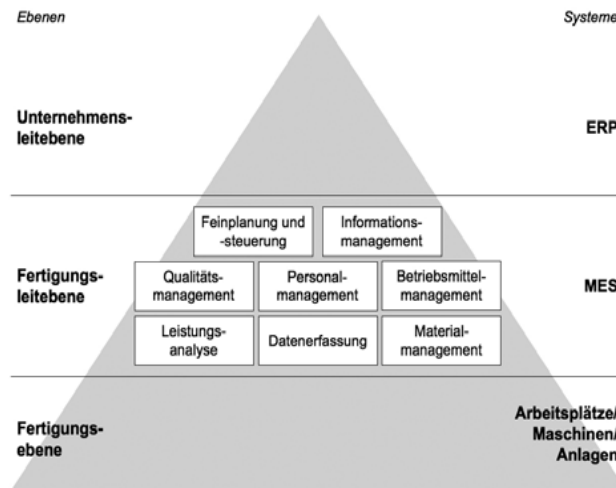


Abbildung 8: Funktionsebenen und Systeme¹⁴⁴

	Typische Zeithorizonte und Betrachtungsgegenstände		
	Zeit	Fristigkeit	Gegenstand
Unternehmens-leitebene	mehrere Tage bzw. Schichten	mehrere Wochen bis Monate	Gesamtheit aller Aufträge
Fertigungs-leitebene	einige Sekunden bis eine Schicht	eine bis mehrere Schichten	ein bis mehrere Aufträge
Fertigungs-ebene	Millisekunden bis Sekunden	Sekunden bis einige Minuten	einzelne Arbeitsgänge, Schritte

Abbildung 9: Zeithorizonte der Funktionsebenen¹⁴⁵

Wie aus der Abbildung 8 und 9 ersichtlich ist, erfolgt die Darstellung der Fertigungsebenen in Form einer Pyramide, die von der Unternehmensleitebene, bis hin zur Fertigungsebene im Volumen zunimmt. Diese Darstellungsform wird in der Literatur für die Darstellung der so genannten Integration und hier vor allem im Hinblick auf die horizontale und vertikale Integration eingesetzt.¹⁴⁶ Dabei muss zwischen mehreren Arten der Integration unterschieden werden, wobei im konkreten Fall die Pyramide für die Richtung der Integration, also für die vertikale oder horizontale Richtung steht. Neben dieser Richtung der Integration wird weiters zwischen dem Gegenstand und der Reichweite der Integration unterschieden. Im Hinblick auf ein MES-System umfasst der Gegenstand der Integration sämtliche Daten, Funktionen, Programme, Methoden und Prozesse. Die Reichweite beschreibt, welche funktional abgeschlossenen Bereiche mit welchen Bereichen und in welchem Ausmaß miteinander in Interaktion stehen.¹⁴⁷ Somit erfolgt durch die Einführung eines MES-Systems die durchgängige Integration zwischen Unternehmensleitebene und Fertigungsebene gemäß den drei genannten Integrationstypen, sodass diese Ebenen synchron zusammenarbeiten können. Durch die vertikale Integration muss weiters erreicht werden, dass die richti-

¹⁴⁴ Quelle: VDI 5600 (2007), S. 7.

¹⁴⁵ Quelle: VDI 5600 (2007), S. 10.

¹⁴⁶ Vgl. Gronau (2010), S. 6 ff.; Thiel et al. (2010), S. 36; Wiendahl et al. (2005), S. 14; VDI 5600 (2007), S. 7.

¹⁴⁷ Vgl. Gronau (2010), S. 6 ff.

gen Daten zur Verfügung gestellt werden, und die über- und untergeordneten Systeme nicht mit unnötigen Daten operieren müssen.¹⁴⁸ Die Forderung der vollständigen Integration aller bei Produktionsabwicklung eingesetzten Systeme ist aufgrund der historischen Entwicklung von Insellösungen ein wichtiger Erfolgsfaktor eines MES-Systems.¹⁴⁹ Durch diese Integrationsform sollen die betrieblichen Schnittstellen reduziert werden.¹⁵⁰ Nachstehend wird genauer auf die Zeithorizonte der Ebenen eingegangen, sowie die Abgrenzung nach Tätigkeiten zwischen der Unternehmensleitebene und der Fertigungsleitebene diskutiert.

Zeithorizonte in den Unternehmensebenen

Ein MES-System stellt ein Echtzeitsystem dar was bedeutet, dass die Daten in einer deutlich kürzeren Zeit an den Bedarfstellen zur Verfügung stehen müssen, um rasch und effizient auf die Systemzustände reagieren zu können. Vor allem durch die Online-Kopplung können die Auswirkungen des Handels der beteiligten Personen umgehend dargestellt werden. In weiterer Folge operiert ein MES-System vollkommen autark, sodass eine direkte Kopplung zwischen MES-System und ERP-System nicht zwingend notwendig ist.¹⁵¹ Wie aus der beschriebenen Situation und aus Abbildung 9 ersichtlich ist, können somit die Funktionsebenen einen definierten Zeithorizont, beziehungsweise einem konkreten Zeitintervall zugeordnet werden. Dabei muss aber angemerkt werden, dass sich bezüglich der Zuteilung der Funktionsebenen zu einem Zeithorizont auch die Normierungsinstitute nicht vollkommen einig sind. Dieser Sachverhalt ist sehr gut daraus zu erkennen, dass beispielsweise der Unternehmensleitebene in der VDI-Richtlinie ein Zeithorizont von mehreren Wochen und Monaten¹⁵² zugeordnet wird, wohingegen die ISA S 95-Richtlinie von mehreren Tagen bis Schichten spricht.¹⁵³ Dasselbe nur für ein kürzeres Zeitintervall gilt für die die Fertigungsleitebene. In der VDI-Richtlinie erfolgt die Einteilung zwischen einigen Sekunden bis zu einer Schicht¹⁵⁴, wohingegen bei der ISA S 95-Richtlinie von einem Zeitraum zwischen Tagen und Sekunden die Rede ist.¹⁵⁵ Der Zeithorizont in der Fertigungsebene reicht zu letzt in der VDI-Richtlinie von Sekunden bis zu Millisekunden¹⁵⁶ und in der ISA S 95-Richtlinie von Stunden bis zum aktuellen Zeitpunkt.¹⁵⁷ Wie aus dem oben dargestellten Sachverhalt ersichtlich ist, sind die Zeitintervalle für die Funktionsebenen nicht eindeutig definiert. Nach praktischer Überprüfung der Situation in der Stahlgießerei und in Abstimmung mit den jeweiligen planungsverantwortlichen Personen, könnte eine mögliche Festlegung für den Anwendungsfall der Stahlgießerei der MFL wie folgt festgehalten werden:

- Unternehmensleitebene: Monate bis zu einen Tag
- Fertigungsleitebene: einen Tag bis zu einer Stunde
- Fertigungsebene: einer Stunde bis zu Millisekunden

Betrachtet man die oben festgelegten Zeithorizonten kann nun klar erschen werden, welche Tätigkeiten in welche der angeführten Funktionsebenen fallen. Somit kann festgehalten werden, dass in die Unternehmensleitebene die organisatorische Abwicklung von Einkauf,

¹⁴⁸ Vgl. Kletti (2007), S. 8 ff.

¹⁴⁹ Vgl. Kipp et al. (2011), S. 38; Kletti (2007), S. 9 f.

¹⁵⁰ Vgl. Kletti (2007), S. 9 f.

¹⁵¹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 9 f.

¹⁵² VDI 5600 (2007), S. 10.

¹⁵³ ISA S 95 (2000), S. 21.

¹⁵⁴ VDI 5600 (2007), S. 10.

¹⁵⁵ ISA S 95 (2000), S. 21.

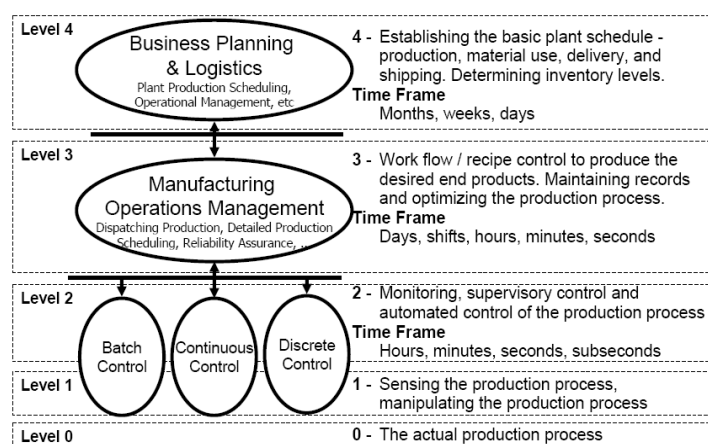
¹⁵⁶ VDI 5600 (2007), S. 10.

¹⁵⁷ ISA S 95 (2000), S. 21.

Vertrieb, der Produktionsgrobplanung und Personalplanung fallen, die einen längerfristigen Zeitraum erlauben. Der Fertigungsleitebene werden weitere Tätigkeiten mit kürzerem Zeitintervall wie etwa die Feinplanung, das Informationsmanagement, das Qualitätsmanagement, das Personalmanagement, das Betriebsmittelmanagement, die Leistungsanalyse, die Datenerfassung und das Materialmanagement¹⁵⁸ zugeordnet. In der Fertigungsebene erfolgt die unmittelbare Auftragsabwicklung, sodass in diesem Bereich die zu fertigenden Produkte inklusive die Arbeitsplatzzuordnung fällt. Wie diese Punkte zeigen, lässt sich das Einsatzgebiet eines MES-Systems auch basierend auf dem Zeitintervall festlegen. Dabei soll die große zeitliche Differenz zwischen den übergeordneten ERP-Systemen und der operativen Produkterstellung reduziert werden. Weiters soll durch rascher zur Verfügung stehenden Daten, die Reaktionsfähigkeit und die Flexibilität verbessert werden. Daher kann festgehalten werden, dass ein MES-System die Daten, welche im ERP-System über Monate, Wochen und Tage generiert, geplant und verwaltet worden sind, vom MES-System vor Auftragsdurchführung übernommen werden, und diese auf Arbeitsplatz, Startzeitpunkt, Mitarbeiter, Kapazität und Termin zugeteilt werden.

Abgrenzungskriterien zwischen Unternehmensleitebene und Fertigungsleitebene

Die oben erwähnten Zeithorizonte ermöglichen zwar eine Klassifizierung der einzelnen Systeme zu einer Unternehmensebene, jedoch ist diese Zuteilung sehr grob, und die Grenzen zwischen den Ebenen können je nach Anwendungsfall ineinander fließen. Dies bedeutet, dass es einer weiteren Klassifikation für die exakte Zuweisung von Funktionen und Aufgaben, die ein MES-System erfüllen muss, bedarf. Auch im Hinblick auf die Abgrenzung zwischen Unternehmensleitebene und Fertigungsleitebene liefert vor allem die ISA S 95 Norm konkrete Ansatzpunkte, die in diesem Rahmen auch für die Abgrenzung herangezogen werden. Die in den Normen festgehaltenen Abgrenzungskriterien stellen wieder nur einen Vorschlag dar, wobei dies ein generelles Problem von Normierungsinstituten darstellt, da diese immer nur Vorschläge liefern können, da für den jeweiligen Anwendungsfall die Kriterien wiederum geprüft und angepasst werden müssen. Für den Anwendungsfall der Stahlgießerei der MFL sind die in der Norm angeführten Abgrenzungskriterien nach erfolgter Prüfung ausreichend. Da die ISA S 95 von einem 5 Ebenenmodell ausgeht, ist zum besseren Verständnis der Abgrenzungskriterien dieses Ebenenmodell nachstehend in graphischer Form dargestellt. Dabei entspricht in der Abbildung 10 die Unternehmensleitebene dem Level 4 und die Fertigungsleitebene dem Level 3.¹⁵⁹



¹⁵⁸ VDI 5600 (2007), S. 7.

¹⁵⁹ ISA S 95 (2000), S. 21; VDI 5600 (2007), S. 10.

Abbildung 10: Ebenenkonzept gemäß ISA S 95¹⁶⁰

Gemäß der in der ISA S 95 Norm festgehaltenen Zuteilung entsprechen die Aktivitäten des 4. Levels und somit der Unternehmensleitebene den nachstehend angeführten Aktivitäten. Wichtig dabei ist, dass durch die Zuordnung des ERP-Systems zur Unternehmensleitebene dies auch jene Aktivitäten darstellen, die von einem ERP-System vollständig oder zum überwiegenden Teil erfüllt werden müssen:¹⁶¹

- Datenverwaltung und -pflege von Materialien, Ersatzteile und Lagerbeständen
- Datenverwaltung und -pflege von Energieverbrauch und Energiebeständen
- Datenverwaltung und -pflege prozessrelevanter Güter und Lagerbeständen
- Datenverwaltung und -pflege von Kontrolldokumenten zur Qualitätssicherung
- Datenverwaltung und -pflege des betrieblichen Maschineneinsatzes, der innerbetrieblichen Bestände und der Instandhaltungsplanung inklusive Dokumentation
- Datenverwaltung und -pflege von Personaleinsatz- und Personalverrechnungsdaten
- Erstellung und Festlegung des grundlegenden Produktionsplans
- Laufende Weiterentwicklung des Produktionsplans bei Auftragseingängen hinsichtlich Änderungen bei Ressourcenverfügbarkeit, Energieverfügbarkeit, Leistungsbedarf und Instandhaltungsanforderungen
- Entwicklung von vorbeugenden Instandhaltungs- und Wartungsplänen unter Berücksichtigung des Produktionsplans
- Festlegung und Berechnung von Beständen im Prozess und auf den Lagerplätzen
- Modifizierung der Produktionsplanung aufgrund von Produktionsunterbrechungen
- Vollständige und umfassende Planung der Produktionskapazitäten

Die oben angeführten Aktivitäten beziehungsweise Prozesse, sind somit der Unternehmensleitebene zuzuordnen und müssen somit von dem jeweiligen Softwaresystem vollkommen unterstützt werden. Weiters finden sich im Teil 1 der ISA S 95 Aktivitäten, die typischerweise in den Bereich der Fertigungsleitebene einzugliedern sind. Diese Aktivitäten entsprechen auch der, in der VDI 5600 Richtlinie angegebenen Funktionen, wobei nachstehend jene Aktivitäten der ISA S 95 angeführt sind:¹⁶²

- Ressourcenzuweisung und Kontrolle
- Produktionsausführung
- Datensammlung und Erfassung
- Management der Qualitätstätigkeiten
- Prozessmanagement
- Produktionsverfolgung
- Leistungsanalyse
- Arbeitsfolgenplanung und Feinplanung
- Dokumentenkontrolle
- Personalmanagement
- Instandhaltungsabwicklungsmanagement

¹⁶⁰ Quelle: ISA S 95 (2000), S. 21.

¹⁶¹ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 21 f.

¹⁶² Vgl. ISA S 95 (2000), S. 22 ff.

- Transport, Lagerung und Verfolgung von Materialien

Wie aus den oben dargestellten Punkten hervorgeht, kann festgehalten werden, dass ein MES-System der Fertigungsleitebene zugeordnet werden kann. Die Fertigungsleitebene ist eine Ebene, die die Verbindungsebene zwischen der Unternehmensleitebene und Fertigungsebene darstellt, und somit die längerfristig planende Ebene direkt mit der operativen Ebene verbindet. Dabei kommt der Ebene die Aufgabe zu, dass die im ERP-System vorhandenen Daten entsprechend den Aufgabenbereichen zugeteilt werden, und die in der Fertigung erzeugten Daten wieder in aufbereiteter Form der Unternehmensleitebene zurückgeführt werden. Dabei werden von den Systemen Daten für die Fertigung im Zeithorizont von Tagen bis zu Sekunden verwaltet und verarbeitet, sodass die Daten zu den Bedarfszeitpunkten an den Bedarfsorten zur Verfügung stehen, wofür die genannten Aktivitäten des Level 3 benötigt werden. Für die Echtzeitbereitstellung der Daten bedarf es zusätzlich der Datenerfassung, welche die Schnittstelle zwischen Fertigungsebene und Fertigungsleitebene bildet. Weiters bedarf es für die Kapazitätsplanung der Personalplanung, der Instandhaltungsabwicklung, dem Prozessmanagement sowie weiteren planungsspezifischen Aktivitäten. Wie aus dieser Diskussion hervorgeht, stellen die oben angeführten Aktivitäten die Zuteilungsgrenze zwischen ERP-System, MES-System und Fertigungsebene dar. Dabei ist aber immer bei der Implementierung zu prüfen, welche der oben angeführten Aktivitäten im MES-System und welche im ERP-System abgebildet werden sollen. Es ist dabei stets der Weg, der zur optimalen Fertigungsunterstützung führt, zu wählen.

3.2.4 Voraussetzungen für ein Manufacturing Execution System

In diesem Teilkapitel sollen die Voraussetzungen, welche für die Implementierung eines MES-Systems notwendig sind, kurz erläutert werden. Die Voraussetzungen sind deshalb wichtig, da diese Punkte für die leistungsfähige Nutzung eines MES-Systems entscheidend sind. Die nachstehend angeführten Voraussetzungen stellen die Wichtigsten aus dem Pool von Voraussetzungen dar, wobei diese Voraussetzungen wiederum so ausgewählt worden sind, dass diese für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei eingesetzt werden können. Der Grund für diese Einschränkung liegt wiederum darin, dass die Voraussetzungen für ein MES-System einerseits von der Branche, und andererseits von den betrieblichen Gegebenheiten abhängig sind. So wird beispielsweise die Datenqualität der übergeordneten Systeme dann eine geringere Rolle spielen, wenn es kein übergeordnetes ERP-System gibt, da die Daten dann meist direkt in das MES-System eingegeben werden, und somit keine Daten vom übergeordneten System übernommen werden müssen. Somit muss auch hier festgehalten werden, dass die Voraussetzungen auf jeden Fall vor der Einführung eines MES-Systems auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt werden müssen. Nachstehend sind die wichtigsten Voraussetzungen für den Anwendungsfall der Stahlgießerei angegeben:¹⁶³

- Datenqualität der über- und untergeordneten Systeme
- Aktualität der Daten und Datenhaltung in Datenbanksystemen
- Anbindungsmöglichkeit von MES-Systemen
- Vollständige Unterstützung der Systemeinführung
- Ganzheitliche Systemanalyse

¹⁶³ Vgl. ISA S 95 (2000), S. 22 ff.; VDI 5600 (2007), S. 2 ff.; Kletti (2006), S. 250 ff.

Datenqualität der über- und untergeordneten Systeme

MES-Systeme können entweder vollkommen eigenständig geführt werden, oder an über- und untergeordnete Systeme angebunden sein.¹⁶⁴ Je nach dem, welche Softwaresysteme im Unternehmen eingesetzt werden, muss das MES-System gemäß der vertikalen und horizontalen Integration über Schnittstellen an die übrigen Systeme angebunden werden. Über Schnittstellen wird der Datenaustausch zwischen den eingesetzten Systemen erreicht.¹⁶⁵ Erhält das System aus einem übergeordneten oder untergeordneten System Daten über diese Schnittstellen, so kann ein MES-System nur so gute Ergebnisse liefern, wie dies die übergebenen Daten ermöglichen. Betrachtet man beispielsweise das ERP-System als übergeordnetes System, das für die oben angeführten Funktionalitäten eingesetzt wird, dann werden die Daten entsprechend der Architektur über einen User Client eingegeben, die dann im ERP-System gemäß der Eingabefunktionalität eingelesen, verarbeitet und gespeichert werden.¹⁶⁶ Diese Daten werden nach den Funktionalitäten und Unterstützungsbereichen unter anderem in Fertigungsaufträge, Arbeitspläne, Stücklisten, Materialstämme, Leistungsanalysen oder Personalstammdaten umgesetzt.¹⁶⁷ Alle diese Daten müssen für die Ausführung der Funktionalitäten eines MES-Systems über die Schnittstellen übergeben werden.¹⁶⁸ Die Übergabe von mangelhaften Daten an das MES-System führt dazu, dass die ausgeführten Operationen im MES mit diesen mangelhaften Daten durchgeführt werden, was zu mangelhaften Ergebnissen führen kann. Daher stellt eine Voraussetzung an die Funktionsfähigkeit eines MES-Systems die Datenqualität in den eingesetzten und an das MES-System gebundenen Softwaresystemen dar. Dies bedeutet, dass vor der Implementierung die Daten in diesen Systemen überprüft, und bei Bedarf korrigiert werden müssen.

Aktualität der Daten und Datenhaltung in Datenbanksystemen

Eine weitere, vorwiegend technische Voraussetzung für die Einführung eines MES-Systems stellt die Datenhaltung und das damit verbundene Datenbanksystem dar. Grundsätzlich kann die Infrastruktur unterschiedlich aufgebaut sein, wobei die Hauptkomponenten für ein MES-System auf jeden Fall einen Server, Clients und Erfassungsgeräte beinhaltet, die miteinander in Interaktion stehen.¹⁶⁹ Dabei wird die Datenhaltung grundsätzlich in einer Datenbank durchgeführt, wobei sich diese Datenbank in der Regel auf einem zentralen Rechner, dem so genannten Datenbank-Server befindet.¹⁷⁰ Eine gute Datenhaltung muss aber ständig auf den neuesten Stand gehalten werden und die Datenablage in standardisierten Datenbanken erfolgen. Aufgrund der Komplexität der Abläufe in der Fertigung und der Vielfalt an eingesetzten Systemen und Anwendungen ist es kaum möglich, über einfache Parametrierung dieses Spektrum standardmäßig abzubilden. Daher wäre zur Sicherstellung einer guten Datenhaltung und deren effizienten Ablage in den Datenbanken eine flexible Parametrierung, die vom Anwender selbst eingegeben werden kann, eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz eines MES-Systems. Dabei wäre ein Mittelweg empfehlenswert, der einerseits die grundlegende Parametrierung vom jeweiligen Anwender ermöglicht, und es andererseits dem Anwender ermöglicht, unter Einsatz vorgegebener Hilfsmittel eigene Applikationen zu erstellen, dessen Ergebnisse wiederum in den standardisierten Datenbanken gespeichert werden können. Weiters muss es ein MES-System ermöglichen,

¹⁶⁴ Vgl. Schäfer (2009), S. 113.

¹⁶⁵ Vgl. Schäfer (2009), S. 182.

¹⁶⁶ Vgl. Gronau (2010), S. 27 ff., S. 41 f.

¹⁶⁷ Vgl. Hessler/Görtz (2008), S. 17 ff.; Gronau (2010), S. 65 ff., S. 103 ff., S. 125 ff.

¹⁶⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 112.

¹⁶⁹ Vgl. Schäfer (2009), S. 113 ff.

¹⁷⁰ Vgl. Gronau (2010), S. 27 f., S. 41 f.

dass der Anwender die Möglichkeit hat, unterschiedliche Applikationen so zu beeinflussen, sodass möglichst effektive Ergebnisse erhalten werden.¹⁷¹

Anbindungsmöglichkeiten von MES-Systemen

Eine weitere Voraussetzung stellt die Ausführungsform der Anbindung vorhandener Systeme an ein MES-System dar. Wie unter der Datenqualität erläutert, müssen die im Unternehmen eingesetzten Unterstützungssysteme im Sinne der horizontalen und vertikalen Integration über Schnittstellen miteinander verbunden werden, sodass über diese Schnittstellen der Datenaustausch ermöglicht wird.¹⁷² Schnittstellen bezeichnen somit die Kommunikationseinrichtung zum Datenaustausch, wobei zwischen Schnittstellen zu übergeordneten Systemen, Schnittstellen innerhalb des MES-Systems und Schnittstellen zu den untergeordneten Systemen zu unterscheiden ist. Dabei sind wieder verschiedene Ausführungsformen von Schnittstellen der einzelnen Gruppen möglich, sodass beispielsweise die Anbindung zum ERP-System über Web-Services, RFC mit IDOC, oder über EDI erfolgen kann.¹⁷³ Wie aus den genannten Punkten zu erkennen ist, bietet ein MES-System zwar mehrere Systemanbindungsmöglichkeiten an, jedoch besteht vor allem bei vorhandenen individuell programmierten Softwaresystemen das Risiko, dass diese nicht angebunden werden können. Ist aber keine Anbindung an das MES-System möglich, kann auch kein Datenaustausch zwischen den Systemen erfolgen, sodass das Vorhandensein einer Anbindungsmöglichkeit eine Grundvoraussetzung darstellt.

Für die Anbindungsmöglichkeiten stellt auch die IT-Infrastruktur eine wichtige Voraussetzung dar. Eine leistungsfähige Infrastruktur ist für „die technischen Anforderungen und die Architektur in einem MES“¹⁷⁴ bestimmend. Wie dargestellt, muss ein MES-System die Anbindung an den Server, an die Erfassungsgeräte, an User Clients und an weitere anbindungsfähige Einheiten ermöglichen. Dabei muss die jeweilige Infrastruktur auf jeden Fall mit den Projektbeteiligten und den Anwendern besprochen und gemäß dem Anwendungsbereich festgelegt werden. In der Regel werden das ERP-System, das MES-System und die einzelnen Steuerungsprogramme als eigenständige Systeme geführt, die über einen Router verbunden sind. Jede dieser Systeme ist gemäß seiner Funktionserfüllung mit der jeweiligen Infrastruktur ausgestattet sodass, wie erwähnt die MES-Systemebene aus einer ausgeprägten Client-Server Architektur besteht.¹⁷⁵ Die Entwicklung und das Vorhandensein einer leistungsfähigen Infrastruktur auf allen genannten Funktionsebenen bildet eine fundamentale Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung eines MES-Systems.

Vollständige Unterstützung der Systemeinführung

Neben den oben dargestellten technischen Voraussetzungen gibt es auch ein paar entscheidende weitere Voraussetzungen wie die vollständige Unterstützung aller beteiligten Personen bei der Systemimplementierung. Softwareeinführungsprojekte stellen grundsätzlich Projekte dar, die meist mit einer fundamentalen Änderung der organisatorischen und administrativen Prozesse einhergehen. Diese Änderungen in der Organisation und in den Prozessen stoßen vor allem in traditionellen Branchen, zu denen auch Stahlgießereien zählen, auf interne Widerstände, die sogar soweit gehen, dass die Projekteinführung gefährdet wird. Dabei besteht ein Gefahrenpotenzial darin, dass bei keiner vollständigen Unterstützung der Software es mutwillig zu Manipulationen kommen kann, wodurch die Datenqualität verschlechtert wird und in weiterer Folge die Potenziale nicht generiert werden können.

¹⁷¹ Vgl. Kletti (2006), S. 35.

¹⁷² Vgl. Schäfer (2009), S. 182.

¹⁷³ Vgl. Kletti (2006), S. 111 f.; Schäfer (2009), S. 180 ff.

¹⁷⁴ Schäfer et al. (2009), S. 113.

¹⁷⁵ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 113 ff.

Somit bedarf es im Rahmen der Projektierung und Projektumsetzung der Einbeziehung aller wesentlichen betriebsbeteiligten Personen, was jeden Arbeiter bis hin zu den Führungskräften und der Geschäftsleitung inkludiert. Sollte diese Voraussetzung, dass alle betriebsangehörigen Personen hinter dem Projekt stehen, nicht erfüllt sein, wird die Einführung eines MES-Systems in eine bestehende Fertigungsstruktur kaum umsetzbar sein.¹⁷⁶

Ganzheitliche Systemanalyse

Ein MES-System unterstützt das Fertigungsmanagement eines Unternehmens nachhaltig, und zwar durch die laufende Informationserfassung an den Erfassungsgeräten, durch die Weiterverarbeitung der erfassten Informationen und durch die in Echtzeit an den jeweiligen Bedarfstellen zur Verfügung gestellten Daten. Eine wichtige Voraussetzung für die Einführung eines MES-Systems besteht darin, dass eine vollständige Analyse des aktuellen Systems durchgeführt wird, und die sich daraus ergebenden Schwachstellen direkt in die Erstellung des Anforderungsprofils eingearbeitet werden.¹⁷⁷ Da die Systemanalyse bei vielen praktischen Problemen zur Schaffung von Transparenz und zum Auffinden von Problembereichen eingesetzt wird, gibt es viele standardisierte Modelle, nach denen die Systemanalyse durchgeführt werden kann.¹⁷⁸ Die Auswahl eines spezifischen Modells zur Analyse ist stark von den Systemelementen und der Systemklasse abhängig, wobei oftmals die Diagrammsprache als Modellierungssprache eingesetzt wird.¹⁷⁹ Dies bedeutet, dass die bei der Systemanalyse eingesetzten Modelle nach standardisierten methodischen Vorgehensweisen dazu herangezogen werden können um spezifische Systemeigenschaften darstellen und ableiten zu können.¹⁸⁰ Ein Beispiel dafür stellt das so genannte LIPOK-Modell dar, welches auch für die Systemanalyse der Stahlgießerei der MFL zur Definition von Systemgrenzen und zur Darstellung der Informationsobjekte eingesetzt wurde. Erst durch die Analyse der aktuellen Situation in der Fertigung können Schwachstellen sichtbar gemacht werden. Somit stellt die fundierte Systemanalyse eine wesentliche Voraussetzung für die Einführung eines MES-Systems dar, wobei die Analysemethodik vom Anwendungsfall abhängig ist.

3.3 Aufbau von Manufacturing Execution Systemen

Wie in den vorangegangenen Teilkapiteln angeführt, stellt ein MES-System eine Software dar, welches die organisatorische Abwicklung des Produktionsprozesses unterstützen und verbessern kann. In diesem Teilkapitel wird der funktionale Aufbau eines Manufacturing Execution Systems, wie dieser in der Literatur¹⁸¹ dargestellt ist, erläutert. Um den funktionalen Aufbau bestimmen zu können, werden die oben angeführten Funktionen zunächst noch genauer spezifiziert. Der Grund für die nähere Darstellung dieser Funktionen liegt darin, dass dadurch ein Verständnis hinsichtlich der Module, welche die geforderten Funktionen softwaretechnisch abbilden, erreicht wird. Anschließend erfolgt die konkrete Auflistung und nähere Darstellung, der in der Theorie angegebenen Module. Zum Abschluss des Teilkapitels wird auf die in der Literatur vorgeschlagenen Module für einen Serienfertiger näher eingegangen. Der Grund dafür, dass die vorgeschlagenen Module für einen Serienfertiger betrachtet werden liegt darin, dass Stahlgießereien in der Regel in die Kategorie

¹⁷⁶ Vgl. Doppler/Lauterburg (2005), S. 28 f., S. 45, S. 60 f., S. 416 ff., S. 454 ff.

¹⁷⁷ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 2.

¹⁷⁸ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 89 ff.

¹⁷⁹ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 87.

¹⁸⁰ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 242.

¹⁸¹ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.; Kletti (2007), S. 57 ff., S. 99 ff.; Thiel et al. (2010), S. 57 ff., S. 87 ff., S. 105 ff.; VDI 5600 (2007), S. 16 ff.; ISA S 95 (2000), S. 19 ff.

Serienfertiger einzugliedern sind, sodass die in der Literatur angeführten Module auch auf den Anwendungsfall der MFL zutreffen müssten.

3.3.1 Funktionen und Aufgaben eines MES-Systems

MES-Systeme bieten eine breite Palette an unterschiedlichen Funktionen an und müssen verschiedene Aufgaben erfüllen. Diese Aufgaben sind bereits in mehreren Normrichtlinien festgelegt worden, die ausführlich an anderer Stelle vorgestellt und diskutiert worden sind. In der VDI-Richtlinie werden nun 8 Aufgabenbereiche definiert, die ein MES-System grundsätzlich unterstützen muss: Feinplanung und Feinsteuerung, Betriebsmittelmanagement, Materialmanagement, Personalmanagement, Datenerfassung, Leistungsanalyse, Qualitätsmanagement und Informationsmanagement. Diese Funktionsbereiche werden anschließend genauer erläutert.¹⁸²

Feinplanung und Feinsteuerung

Das Ziel der Feinplanung und Feinsteuerung ist die Abarbeitung eines vorgegebenen Arbeitsvorrates, der in die Fertigung eingelastet worden ist, mit dem Hintergrund der Auftragsbefriedigung nach den Kundenanforderungen. Dabei spielt sowohl die planende Komponente, als auch die Komponente der laufenden Eingriffe in den aktuellen Fertigungsablauf eine wesentliche Rolle.¹⁸³ Zur Erfüllung dieser Aufgabe bedarf es der Funktion der Erstellung von machbaren Plänen, der Festlegung von erstellten Plänen, der Visualisierung von Prozesszuständen, der Berücksichtigung von Einflussfaktoren in der laufenden Planung, der Simulation und der Analyse der erhaltenen Ergebnisse, sowie die Übernahme und Einplanung der übernommenen Aufträge. Alle oben angeführten Funktionen müssen durch das MES-System für die Feinplanung zur Verfügung gestellt werden, sowie die dafür benötigten Daten gemäß dem Bedarf bereitgestellt werden.¹⁸⁴ Das Ergebnis der Feinplanungsaufgabe stellt ein konfliktfreier Belegungsplan dar, der unter den gegebenen Einflussfaktoren¹⁸⁵ als optimal beurteilt wird.¹⁸⁶

Betriebsmittelmanagement

Die Funktion des Betriebsmittelmanagement wird einerseits für die Planung und andererseits für die Steuerung der Produktion benötigt.¹⁸⁷ Das Ziel dieser Funktion stellt die Sicherstellung der Verfügbarkeiten der vorhandenen Betriebsmittel, inklusive deren Funktionsfähigkeit dar. Dabei stehen bei dieser Aufgabe die Funktionen Betriebsmittelinformation führen, Betriebsmittel bereitstellen, und die technische Verfügbarkeit im Vordergrund. Die Betriebsmittelinformation beinhaltet die Verwaltung von produktionsrelevanten Informationen und deren Verteilung an die Bedarfsstellen. Bei der Betriebsmittelbereitstellung erfolgt die Zuordnung von Betriebsmitteln zu den Bedarfspunkten. Die technische Verfügbarkeit soll instandhaltungsrelevante Informationen führen und weiterleiten. Das Ergebnis dieser Funktion besteht in der optimalen Verfügbarkeit der Betriebsmittel und in der Bereitstellung von technischen und fertigungsrelevanten Informationen.¹⁸⁸

¹⁸² Vgl. VDI 5600 (2007), S. 7.

¹⁸³ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 16.

¹⁸⁴ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 140 ff.

¹⁸⁵ Zum Beispiel Personal- und Anlagenverfügbarkeit.

¹⁸⁶ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 19.

¹⁸⁷ Vgl. Schäfer et al. (2009), S.137.

¹⁸⁸ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 20 ff., S. 23 f.

Materialmanagement

Ziel des Materialmanagements ist es, die Fertigung mit Material zu versorgen, und die Umlaufbestände gemäß den Anforderungen zu führen. Dabei stellt der Work in Process (WiP) eine wichtige Kenngröße dar, da dieser alle Materialien umfasst, die sich außerhalb der Bestandslager befinden. Die Funktion dieser MES-Aufgabe umfasst die Initiierung des Materialtransportes, die Chargenverwaltung und das Führen von WiP-Beständen. Dabei soll stets auf die Optimierung der Bestände, des Transportes und der Chargenverwaltung geachtet werden. Das Ergebnis besteht darin, dass Materialinformationen gesammelt, und für die weiteren Arbeiten in der Fertigung zur Verfügung gestellt werden.¹⁸⁹

Personalmanagement

Das Ziel des Personalmanagements ist es, dass das Personal gemäß der benötigten Qualifikation an den jeweiligen Bedarfsmaschinen zur Verfügung gestellt wird.¹⁹⁰ Wichtig ist, dass dabei Einzelpersonen und Personengruppen geführt, eingeteilt und zugeordnet werden müssen. Die Funktionen des Personalmanagement umfasst das Führen von Personalinformation, das Bereitstellen und Zuteilen des Personals, die Erstellung von Personalplänen und das Führen von Personalkonten. Dabei müssen die Personalstammdaten und die Personalverfügbarkeit bereitgestellt werden, die Umsetzung des Feinplanes hinsichtlich Personalqualifikation sichergestellt sein und Zeitkonten geführt werden. Das Ergebnis dieser Funktion beinhaltet die Bereitstellung und Dokumentation der Personaldaten, die Personaleinsatzplanung und die Leistungsverbesserung durch Leistungslohnmodelle.¹⁹¹

Datenerfassung

Die Datenerfassung bildet die Basis vieler Aufgaben, die ein MES-System erfüllen muss, da ohne Daten keine Datenverarbeitung durchgeführt werden könnte. Ziel einer Datenerfassung ist die ereignisgesteuerte Erfassung der Daten aus den Fertigungsprozessen, wobei die Datenerfassung vollautomatisch, teilautomatisch und manuell erfolgen kann.¹⁹² Dabei fallen in diesen Aufgabenbereich die Dateneingabe, die Datenübergabe, die Datenarchivierung, die Datenverifizierung und die Alarmmeldungen.¹⁹³ Durch diese Funktionen können eingegebene Daten ausgelesen, auf Richtigkeit geprüft und analysiert werden. Im Falle von Abweichungen müssen Alarmmeldungen generiert werden. Das Ergebnis der Datenerfassung besteht in der Abbildung des aktuellen Status in der Fertigung und in der Visualisierung der bereitgestellten Daten. Dabei ist anzumerken, dass erst durch die Onlinefähigkeit die Echtzeitdarstellung möglich wird.¹⁹⁴

Leistungsanalyse

Das Ziel der Leistungsanalyse stellt die Einrichtung von Regelkreisen im Fertigungsumfeld dar, wobei zwischen Regelkreis kurzer und langer Zykluszeit unterschieden wird. Dabei umfasst der Regelkreis kurzer Zykluszeit die laufende Leistungsanalyse und der Regelkreis langer Zykluszeit die Leistungsoptimierung. Zusätzlich müssen dabei Soll- Istvergleiche durchgeführt werden, die weiters über definierte Leistungsindikatoren analysiert und in Echtzeit bereitgestellt werden müssen.¹⁹⁵ Für die langfristige Betrachtung der Leistungsindikatoren bieten sich Kennzahlen zur Leistungsüberprüfung an, wodurch eine andauern-

¹⁸⁹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 24 ff., S. 26.

¹⁹⁰ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 139 f.

¹⁹¹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 26 ff., S. 28 ff., S. 30.

¹⁹² Vgl. VDI 5600 (2007), S. 30 ff.

¹⁹³ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 136.

¹⁹⁴ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 33.

¹⁹⁵ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 34.

de Leistungsoptimierung durch Kontrolle der Leistungsdaten erhalten wird.¹⁹⁶ Weiters fällt in diesen Bereich die Prozessbewertung und -analyse, die der Verbesserung der Fertigungsorganisation dient. Das Ergebnis dieser Aufgabe besteht darin, dass erfasste und vorverarbeitete Daten einer objektiven Beurteilung im Hinblick auf den Produktionsprozess zugeführt werden können. Zusätzlich können zielgerichtete Kennzahlen und Verbesserungsinformationen zur Verfügung gestellt werden.¹⁹⁷

Qualitätsmanagement

Die Aufgabe des Qualitätsmanagement umfasst die Sicherstellung der Produkt- und Prozessqualität. Dies umfasst die Qualitätsplanung, die Qualitätsprüfung, sowie auch das Management der benötigten Prüfmittel. Das Prüfmittelmanagement umfasst sowohl die Wartung, als auch die Verwaltung der vorhandenen Prüfmittel. Dabei besteht der Fokus des Qualitätsmanagement vorwiegend in der operativen Abwicklung der Qualitätssicherung, also direkt im Produktionsprozess.¹⁹⁸ Dafür bedarf es aber der permanenten Kontrolle und Auswertung direkt im Prozess, sowie der direkten Dateneingabe, sodass diese Daten in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden. Hinzu kommt noch die Chargenrückverfolgung, die für die vorgeschriebene Dokumentationspflicht gegenüber dem Kunden notwendig ist.¹⁹⁹ Die Funktion des Qualitätsmanagement beinhaltet somit die Erstellung der Qualitätsplanung, die Durchführung der Qualitätsprüfschritte und dem Setzen von Maßnahmen zur Prozessbeeinflussung. Hinzu kommt noch das gesamte Prüfmittelmanagement. Das Ergebnis des Qualitätsmanagement besteht darin, dass der Qualitätsstatus des Produktionsprozesses und des zu fertigenden Produktes bekannt ist, wodurch die Produktqualität verbessert werden kann, und die optimale Durchführung der Qualitätssicherung mit den Prüfmitteln gewährleistet ist.²⁰⁰

Informationsmanagement

Das Informationsmanagement stellt die Schaltstelle zur Integration der übrigen MES-Aufgaben dar, und soll die Durchführung aller Arbeitsschritte bei der Abarbeitung des Auftragsvorrates sicherstellen. Dadurch soll die Zuordnung von Produktionsdaten und Prozessdaten zu den Auftragsdaten ermöglicht werden.²⁰¹ Zusätzlich umfasst das Informationsmanagement die Datenverwaltung aller Stammdaten und Bewegungsdaten, die Datenausgabe in der festgelegten Darstellungsform,²⁰² sowie auch die rasche und effiziente Bereitstellung sämtlicher verwalteter Daten.²⁰³ Das Ergebnis der Aufgabe stellt die Verwaltung prozessrelevanter Informationen dar. Dabei können aus den Informationen neue Informationen entwickelt werden,²⁰⁴ die wie erwähnt, laufend und in Echtzeit an den jeweiligen Bedarfsstellen zur Verfügung gestellt werden müssen. Der Mehrwert entsteht dadurch, als dass durch diese Informationsbereitstellung Reaktionen auf Fertigungszustände eingeleitet werden können, und der Produktionsfluss beeinflusst werden kann.²⁰⁵

¹⁹⁶ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 136 f.

¹⁹⁷ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 36 ff.

¹⁹⁸ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 37.

¹⁹⁹ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 145 f.

²⁰⁰ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 39.

²⁰¹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 39 f.

²⁰² Zum Beispiel papierbasierte Auswertungen oder in Form eines „Cockpits“.

²⁰³ Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 136.

²⁰⁴ Zum Beispiel Auswertungen oder Berichte.

²⁰⁵ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 32 f.

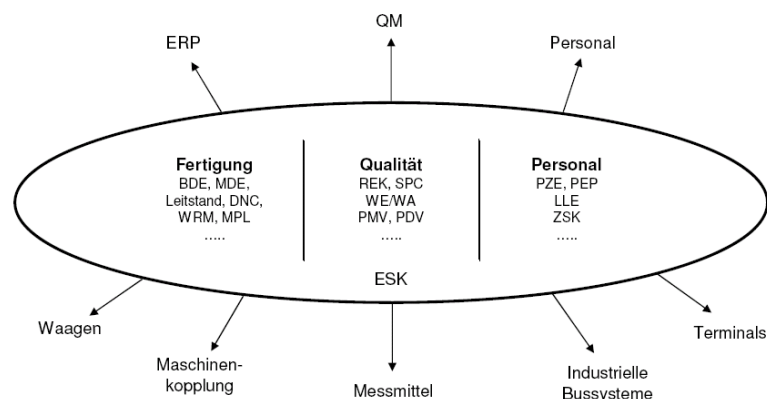
3.3.2 Der modulare Ansatz für MES-Systeme

Grundsätzlich ist der funktionale Aufbau von MES-Systemen in keiner Normschrift eindeutig definiert. Dies wird durch den in der VDI-Richtlinie angeführten Aspekt bestärkt, wo festgehalten ist, dass ein MES-System auch aus heterogenen Systemen bestehen kann. In der Regel stellt ein MES-System ein modulares IT-System dar, das je nach Branche und Anwender verschiedene Module umfasst.²⁰⁶ Unter einem Modul versteht man grundsätzlich eine Maßeinheit, beziehungsweise einen Maßstab, welcher auf gewissen Beziehungen zwischen Elementen basiert.²⁰⁷ Davon kann für ein Modul im MES-System abgeleitet werden, dass ein Modul eine Einheit von miteinander in Beziehung stehenden Funktionen beinhaltet, die auf die Erfüllung einer bestimmten Aufgabenstellung abzielen. Da sich die MES-Idee aus den individuellen Softwaresystemen entwickelt hat, verfolgen auch viele MES-Anbieter diese modulare Aufbauform. Dieser Sachverhalt lässt sich aus der Tabelle 1 erkennen, in der wichtige MES-Anbieter angeführt sind und Module des funktionalen Aufbaus der angebotenen Systeme dargestellt sind.

Tabelle 1: Auszug Module aus Anwenderberichten führender MES-Systemanbieter²⁰⁸

Module	Industrieinformatik	ISG	MPDV	Coscom
Betriebsdaten	X	X	X	X
Maschinendaten	X	X	X	X
Leitstand	X	X	X	X
Leistungslohnermittlung	X	X	X	
Personalzeit	X	X	X	X
Zeitmanagement		X	X	X
Zutrittskontrolle	X	X	X	X

Wie aus der Tabelle 1 ersichtlich ist, erfolgt der MES-Aufbau aller angeführten Systemanbieter in modularer Form. Die Tabelle 1 stellt einen Auszug aus den auf den Anbieterhomepages veröffentlichten Anwenderberichten dar. Dieser modulare Aufbau hat auch für die Anbieter zwei große Vorteile und zwar, dass die Software zielgerichtet auf den Kunden abgestimmt werden kann, und auch die Lizenzgebühren gemäß den Modulen eingehoben werden können. Aufgrund der Tatsache, dass in der Norm ein modularer Aufbau von MES-Systemen angemerkt wird und die wichtigen Anbieter diesen modularen Aufbau verfolgen wird diese Art des Systemaufbaus weiterverfolgt. In der Abbildung 11 sind mögliche Module eines MES-Systems laut Kletti, inklusive den Systemgrenzen dargestellt.



²⁰⁶ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 8.

²⁰⁷ Vgl. Wahrung (1977), S. 408.

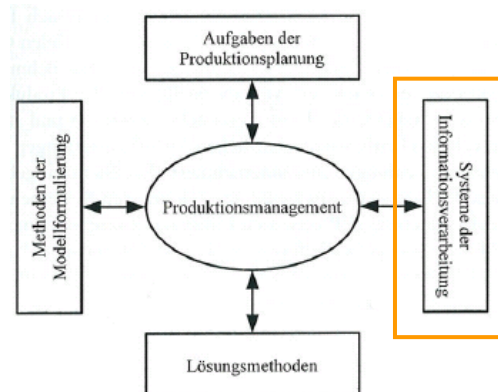
²⁰⁸ Vgl. coscom (Zugriff: 22.02.2011); ISG (Zugriff: 22.02.2011); Industrieinformatik (Zugriff: 22.02.2011).

Abbildung 11: Funktionsgruppen eines MES²⁰⁹

Wie aus der Abbildung 11 hervorgeht, teilt Kletti die Funktionsbereiche eines MES-Systems in die Gruppe der Fertigung, der Qualität und des Personals ein.²¹⁰ Diese Einteilung hat den wesentlichen Vorteil, dass mit diesen drei Gruppen die komplette operative Produkterstellung abgebildet wird, und die dabei generierten Daten an die jeweiligen, auch im den ERP-Systemen standardmäßig unterstützten Modulbereiche, direkt übergeben werden können. Aus diesem Grund wird an der oben dargestellten Gruppenzuteilung auch in der Modulbeschreibung festgehalten. Jeder dieser Funktionsgruppen sind mehrere Module zugeordnet, welche eine andere Aufgabenstellung innerhalb der Gruppe unterstützen. Die elliptische Einrahmung der Funktionsgruppe beschreibt die Systemgrenze zwischen MES-System und den übrigen Unternehmensebenen.²¹¹ Die in der Abbildung angegebenen Punkte (...) nach den Modulabkürzungen, stehen für die Forderung der Norm, dass ein MES-System nicht nur aus Standardmodulen besteht, sondern sich auch aus heterogenen Systemen des Anwenders zusammensetzen kann.²¹² Nachstehend werden die Funktionsgruppen und die dazugehörigen Module aus der Literatur näher erläutert.²¹³

3.3.3 Module des Funktionsbereichs Fertigung eines MES

Je nach Branche und Produkt wird der Produktion eine verschieden hohe Priorität zugewiesen. Die Produktion beinhaltet alle Prozesse und Abläufe, die direkt zur Leistungserstellung notwendig sind. Somit kann die Abwicklung, Steuerung und Durchführung der Produktion auch unter dem Begriff des Produktionsmanagement zusammengeführt werden. In der Abbildung 12 sind die Elemente des Produktionsmanagements nach Fandel dargestellt.²¹⁴

**Abbildung 12: Elemente des Produktionsmanagement**²¹⁵

Wie aus der vorangestellten Abbildung hervorgeht, umfasst das Produktionsmanagement die Produktionsplanung, Methoden der Modellformulierung, Lösungsmethoden, sowie Systeme zur Informationsverarbeitung. ERP-Systeme und MES-Systeme stellen zwei Ausführungsformen von Systemen zur Informationsverarbeitung dar, was in der Abbildung farblich kenntlich gemacht worden ist. Diese Systeme zur Informationsverarbeitung beeinflussen die angeführten Elemente entweder direkt, oder indirekt durch übergreifende Inter-

²⁰⁹ Quelle: Kletti (2006), S. 31.

²¹⁰ Vgl. Kletti (2006), S. 21 ff.

²¹¹ Vgl. Kletti (2006), S. 30 ff.; Siehe Teilkapitel 3.2.2 und Teilkapitel 3.2.3.

²¹² Vgl. VDI 5600 (2007), S. 8.

²¹³ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.; Kipp et al. (2011), S. 40.

²¹⁴ Vgl. Fandel et al. (2009), S. 3.

²¹⁵ Quelle: Fandel et al. (2009), S. 3.

aktionen. Ein MES-System unterstützt den Funktionsbereich der Fertigung mit verschiedenen Modulen. Zu diesen Modulen zählen die Betriebsdatenerfassung, die Maschinendatenerfassung, die Material- und Produktionslogistik, welche für die Datenerfassung eingesetzt werden, sowie auch der Leitstand und das Werkzeug und Ressourcenmanagement.²¹⁶ Im Rahmen der Datenerfassung übernimmt das MES-System die Aufgabe des Einlesens der Daten und deren Vorverarbeitung, damit die aufbereiteten Daten in den übrigen Modulen eingesetzt werden können.²¹⁷ Die so erhaltenen Daten können dann im Leitstand in Echtzeit dargestellt werden. Weiters ermöglicht es das Modul des Werkzeug- und Ressourcenmanagements Verfügbarkeiten von Werkzeugen zu prüfen und durch Weiterleitung der Daten im Leitstand darzustellen. Nachstehend werden die erwähnten Module für den Funktionsbereich Fertigung näher vorgestellt.

BDE – Betriebsdatenerfassung

Eines der zentralen Module für die Erfassung der aktuellen Daten stellt das Modul der Betriebsdatenerfassung dar, welches direkt mit der operativen Funktionsebene in Verbindung steht. Grundsätzlich versteht man unter Betriebsdaten Daten, welche sich direkt auf das Leistungsobjekt, also einem im ERP-System erstellten PPS²¹⁸-Auftrag beziehen.²¹⁹ Dieser Auftrag enthält dabei die Artikelstammdaten, die für die Belange des MES-Systems erweitert werden. Einen wichtigen Bestandteil eines Auftrags stellt der Arbeitsplan dar.²²⁰ Ein Arbeitsplan beinhaltet „eine Folge von Arbeitsgängen und deren Verknüpfung zu Maschinen.“²²¹ Unter einem Arbeitsgang versteht man weiters einen Prozess, der bei der Leistungserstellung durchgeführt werden muss.²²² Somit legt der Arbeitsplan die durchzuführenden Arbeitsschritte und die Reihenfolge für ein Produkt fest. Neben dem Arbeitsplan umfasst ein PPS-Auftrag auch noch Informationen über Mengen und Zeiten, die die Mitarbeiter für den Arbeitsschritt aufwenden dürfen. Zusätzlich werden Daten über die Ausschussmenge und auch Ausschussarten unterschieden. Jenes Modul, welches sich direkt mit der Erfassung von Leistungsdaten eines bestimmten Auftrags oder Produktes befasst, wird als Betriebsdatenerfassung bezeichnet.²²³ Somit stellt dieses Modul eines dar, welches die eingegebenen Daten aufnimmt, verarbeitet und den Bedarfstellen zur Verfügung stellt. Die Datenerfassung kann entweder automatisch, halbautomatisch oder manuell durchgeführt werden, wobei Abweichungen sofort aufgezeigt werden müssen.²²⁴ Somit sollen die Betriebsdaten direkt von den Erfassungseinheiten im Hinblick auf Mengen, Ausschuss, Betriebsmittel und Hilfsstoffe übernommen und zur Verfügung gestellt werden.²²⁵

MDE – Maschinendatenerfassung

Moderne Maschinen mit Steuerungssystemen erzeugen beim Herstellungsprozesses Daten, die wiederum für die Planung und Produktionsabwicklung wichtig sind. Dabei besteht die Aufgabe der Maschinendatenerfassung darin, ein aktuelles Abbild des Prozesszustandes der betrachteten Maschine zu erhalten.²²⁶ Das Modul der Maschinendatenerfassung ist dem Modul der Betriebsdatenerfassung ähnlich, jedoch werden bei der Maschinendatenerfas-

²¹⁶ Vgl. Kletti (2006), S. 31 f.

²¹⁷ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 30.

²¹⁸ Produktionsplanung- und Steuerungsauftrag.

²¹⁹ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 41 f.

²²⁰ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 61 f.

²²¹ Thiel et al. (2010), S. 62.

²²² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 63.

²²³ Vgl. Kletti (2006), S. 31 f.

²²⁴ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 30 f.

²²⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 31 f.

²²⁶ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 30 ff.

sung die Daten vollautomatisch aus den Steuerungseinheiten erfasst. Dies bedeutet, dass man unter MDE „die Online-Erfassung von Ergebnissen, Messdaten und Parametern aus Maschinensteuerung“²²⁷ versteht, welche direkt in das MES-System eingespielt werden können.²²⁸ Dabei ist anzumerken, dass die Daten nicht nur direkt in das MES-System eingespielt werden können, sondern auch auftragsbezogene Daten vom MES-System in das Steuerungssystem eingespielt werden können.²²⁹ Somit ist in diesem Modul die Verwaltung von geeignete Maschinen und Ressourcen möglich. Für die Systemanbindung werden neben Terminals auch industrielle Bussysteme eingesetzt. Zusätzlich können mittels Maschinendatenerfassung auch Daten eingelesen werden, die automatisch über Erfassungseinheiten²³⁰ eingelesen werden können. Wichtig ist, dass sämtliche Daten durch das Modul der Maschinendatenerfassung aufgenommen, verarbeitet und weitergeleitet werden können.²³¹

HLS – Leitstand, Plantafel

Für den Planer ist es entscheidend, einen Überblick über die aktuelle Fertigungssituation zu haben, damit auf Abweichungen zum erstellten Plan umgehend reagiert werden kann. Diese Transparenz fehlt jedoch häufig in traditionellen Fabriken, und es wird versucht durch papiergestützte Aufschreibungen diesen Mangel auszugleichen.²³² Daher soll das Modul des Leitstands die Feinplanung hinsichtlich der Erstellung und Änderung von Belegungsplänen unterstützen. Die Möglichkeit der Fertigungsplanung wird teilweise auch in ERP-Systemen über das Advanced Planing System (APS) angeboten.²³³ Jedoch wird bei MES-Systemen das Augenmerk auf das „Erstellen von machbaren Plänen“²³⁴ gelegt. Dies bedeutet, dass die Pläne, welche im MES-System erstellt und laufend abgeändert werden müssen, genauer ausgeführt sind, als dies bei der APS-Funktion im ERP-System möglich ist.²³⁵ In der nachstehenden Abbildung ist ein typischer Leitstand dargestellt.

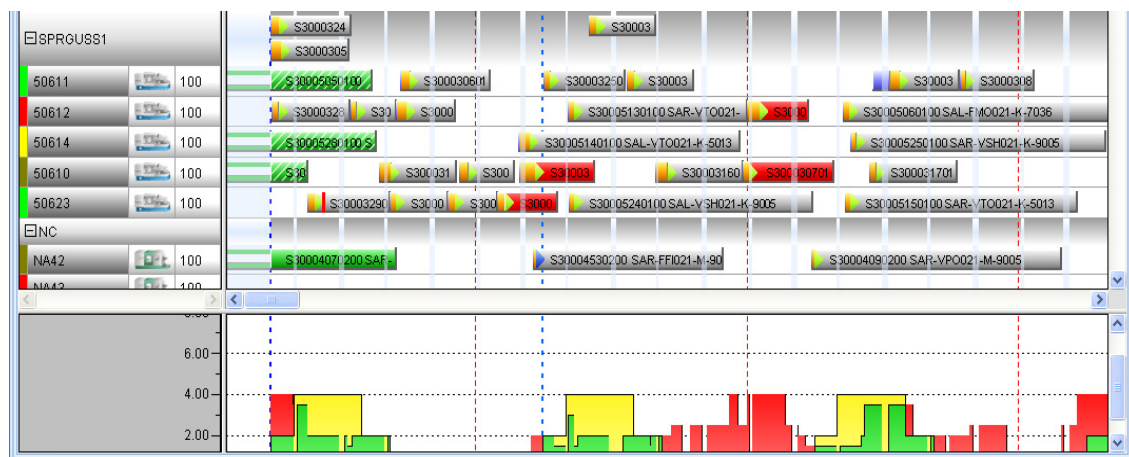


Abbildung 13: Schemenbild Leitstand²³⁶

Im Leitstand werden die bereits umgesetzten und ins MES-System übertragenen Fertigungsaufträge gemäß ihres zeitlichen Ablaufs dargestellt. Als Darstellungsform der

²²⁷ Thiel et al. (2010), S. 262.

²²⁸ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 262.

²²⁹ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 110 f.

²³⁰ Zum Beispiel automatische Zähler oder Lichtschranken.

²³¹ Vgl. Kletti (2006), S. 32.

²³² Vgl. Kletti (2007), S. 39.

²³³ Vgl. Kletti (2006), S. 32.

²³⁴ Kletti (2006), S. 32.

²³⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 32.

²³⁶ Quelle: MPDV (2011), S. 14.

eingelasteten Aufträge wird im MES-System oftmals ein so genanntes Gantt-Diagramm verwendet.²³⁷ In der Produktion werden die Produktionsschritte gemäß dem Arbeitsplan in der zeitlichen Abfolge aneinandergereiht.²³⁸ Der Arbeitsplan legt in weiterer Folge die Vorgänger-Nachfolgerabhängigkeit fest, und zwar basierend auf definierten Anfangs- und Endterminen, wodurch ein Zeitintervall definiert wird.²³⁹ Eine Form der graphischen Darstellung des Ablaufplanes mit speziellen Regeln für die Erstellung, stellt das Gantt-Diagramm dar, das in Abbildung 13 dargestellt ist. Im Gantt-Diagramm wird entlang der X-Achse im Koordinatensystem der Zeithorizont und entlang der Y-Achse die Vorgangsliste dargestellt.²⁴⁰ Diese Darstellung ermöglicht es ein Fließbild zu erstellen, in dem die Aufträge, im Bezug auf den Status, auf die noch ausstehenden Arbeitsschritte und auf den aktuellen Fertigstellungstermin angezeigt werden. Zusätzlich bietet das Modul Leitstand die Möglichkeit, die Prozessketten oder Reihenfolgen durch programmierte Algorithmen kollisionsfrei zu berechnen. Häufige Algorithmen, die zur Verbesserung der Reihenfolgeplanung eingesetzt werden, setzen bei den Rüstkosten, den Fertigungskosten, den Personalkosten, der Kapitalbindung, der Termineinhaltung und bei der Kapazitätsauslastung an.²⁴¹

WRM, DNC – Werkzeug- und Ressourcenmanagement, Einstellendatenübertragung

In der Fertigung einer Stahlgießerei werden Maschinen eingesetzt und Bearbeitungen auf Arbeitsplätzen durchgeführt, die je nach Produkt verschiedene Fertigungshilfsmittel²⁴² benötigen. Um einen durchgängigen Auftragsdurchfluss zu erhalten, bedarf es der Planung und Verwaltung dieser Fertigungshilfsmittel, was ein MES-System laut Norm²⁴³ ermöglichen muss. Dabei geht es um die Sicherstellung des technischen Zustandes, sowie um die Verfügbarkeit der eingesetzten Betriebsmittel, inklusive deren Einsatzmöglichkeiten und Zuordnung.²⁴⁴ Die angeführten Punkte können unter dem Terminus Betriebsmittelmanagement zusammengefasst werden. Die Aufgabe des Betriebsmittelmanagements besteht auch in der Bereitstellung von Informationen für den Fertigungsprozess, sowie auch in der Ressourceninformation für begleitende MES-Module.²⁴⁵ Oftmals wird das Betriebsmittelmanagement in zwei Module, und zwar in das WRM,²⁴⁶ und in das DNC²⁴⁷ aufgeteilt. Unter DNC wird die „Einbettung von computergesteuerten Werkzeugmaschinen in ein Computernetzwerk“ verstanden.²⁴⁸ Daraus lässt sich ableiten, dass es für Maschinen, wie auch für die Werkzeuge ein Modul zur Verwaltung der Programme gibt und diese für die Bearbeitung zur Verfügung gestellt werden müssen. Ob die beiden Systeme getrennt ausgeführt sind, ist stark vom jeweiligen Anbieter abhängig und zwar deshalb, weil die Anbieter mit der Entwicklung eines MES-System aus verschiedenen Sichtweisen begonnen haben. So tendieren Anbieter, welche MES-Systeme aus Sicht der Prozessautomatisierung entwickeln, eher zu getrennten Modulen, wogegen MES-Systemanbieter, die sich aus Sicht eines ERP-Systems entwickelt haben, eher zu einem einzigen Modul tendieren. Dieser Trend kann aus den Darstellungen des Systemaufbaus der Anbieter ersehen werden.²⁴⁹

²³⁷ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 99.

²³⁸ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 68.

²³⁹ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 204.

²⁴⁰ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 205.

²⁴¹ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 99.

²⁴² Zum Beispiel Werkzeuge wie Modellplatten oder Kernkästen.

²⁴³ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 7.

²⁴⁴ Vgl. Kletti (2006), S. 32.

²⁴⁵ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 23.

²⁴⁶ Werkzeug und Ressourcenmanagement.

²⁴⁷ Direct Numerical Control.

²⁴⁸ Thiel et al. (2010), S. 255.

²⁴⁹ Vgl. coscom (Zugriff: 22.02.2011); ISG (Zugriff: 22.02.2011); Industrieinformatik (Zugriff: 22.02.2011); Tabelle 1.

MPL – Material- und Produktionslogistik

Ein weiteres Ziel eines MES-Systems stellt die Verbesserung des Materialflusses und die damit einhergehende Zwischenlagerung im Produktionsprozess dar. Die Aufgabe des MES-Systems besteht darin, dass ein Überblick über den Materialfluss in der Produktion geschaffen wird, und notwendige Transporte geplant werden können. Wichtig ist, dass dieses Modul weder auf die Lagerwirtschaft noch auf die Lagerverwaltung ausgerichtet ist.²⁵⁰ Das Stichwort dazu bildet der so genannte Work in Process, der all jene Materialien umfasst, die sich direkt im Produktionsprozess befinden, und durch das MES-System erfasst werden sollen.²⁵¹ Als WiP können das Ausgangsmaterial, das Produkt mit Anarbeitungsgrad und das Fertigprodukt gelten.²⁵² Hohe Umlaufbestände reduzieren aber den unternehmerischen Erfolg deutlich, wobei dieser Sachverhalt in der klassischen Kostenrechnung keine Berücksichtigung findet.²⁵³ Das Modul der Material und Produktionslogistik soll alle, sich im Umlauf befindlichen Materialien aufzeigen und die „Steuerung der Vorgänger- und Nachfolgerbeziehung, in der Prozesskette“²⁵⁴ ermöglichen. Somit stellt das Modul sicher, dass die benötigten Einsatzmengen zum Bedarfszeitpunkt an den Bedarfsorten vorhanden sind. Das MES-System muss den kontinuierlichen Produktionsfluss sicherstellen und die Möglichkeit anbieten, den Umlaufbestand im Produktionsprozess gering zu halten.²⁵⁵

3.3.4 Module des Funktionsbereichs Personal eines MES

Das Personal spielt sowohl in produzierenden Unternehmen, als auch in den Dienstleistungsunternehmen eine fundamentale Rolle, wobei der Einsatz, die Führung und die Entwicklung des Personals, essentieller Bestandteil der Unternehmensführung ist. Zum Personal zählen Mitarbeiter, Führungskräfte und weitere Akteure.²⁵⁶ Sämtliches vorhandenes Personal wird meist unter dem Begriff Humanressourcen zusammengefasst, der aus dem ressourcenorientierten Ansatz des Personalmanagements stammt. Darin wird das Unternehmen entsprechend den Ressourcen klassifiziert, wodurch auch das Personal als Ressource gilt.²⁵⁷ Ressourcen stellen aber Mittel dar, die wiederum einen Werteverzehr mit sich bringen, also Kosten verursachen.²⁵⁸ Je höher diese Kosten im Unternehmen sind, desto wichtiger wird das innerbetriebliche Personalmanagement. Aufgrund der Tatsache, dass das Lohnniveau in den Industriestaaten hoch ist, stellt der effiziente Einsatz der Humanressourcen einen Erfolgsfaktor für die Unternehmen dar. Um den effizienten Einsatz sicherstellen zu können, werden im MES-System Module zur Unterstützung des Personaleinsatzes und den damit verbundenen Lohnverrechnungsmodellen angeboten. Nachstehend sind die Module, welche der Funktionsgruppe Personal zugeteilt werden, dargestellt.²⁵⁹

PZE – Personalzeiterfassung

Das Modul der Personalzeiterfassung im MES-System umfasst die Funktionalitäten, die sich mit der Erfassung der Anwesenheits- und Abwesenheitszeiten und wenn notwendig, mit dem Führen von Zeitkonten beschäftigen. Zu dieser Funktion zählt die Erfassung der

²⁵⁰ Vgl. Kletti (2006), S. 33.

²⁵¹ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 271.

²⁵² Vgl. VDI 5600 (2007), S. 24.

²⁵³ Vgl. Kletti (2007), S. 30 f.

²⁵⁴ Thiel et al. (2010), S. 114.

²⁵⁵ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 113 ff.

²⁵⁶ Vgl. Holtbrügge (2004), S. 33 ff.

²⁵⁷ Vgl. Holtbrügge (2004), S. 25 f.

²⁵⁸ Vgl. Thommen/Achleitner (2004), S. 234, S. 892.

²⁵⁹ Vgl. Kletti (2006), S. 31.

Kommt- und Gehtzeitstempelung, sowie die Berechnung der sich daraus ergebenden Abwesenheitszeiten. Die Personalzeiterfassung ist vor allem für Betriebe entscheidend, wenn in der Fertigung der Produktionsfaktor Mensch eine wichtige Rolle spielt.²⁶⁰ Weiters lässt sich durch die softwaregestützte Personalzeiterfassung auch der Status des Mitarbeiters²⁶¹ darstellen, oder im Falle von zu langen Zwischenzeiten, eine Begründung für die Überzeit über ein Eingabefeld einfordern. Diese transparentere Darstellung ermöglicht es dem Planer und der Führungsperson, zielgerichtete Entscheidungen zu treffen.²⁶²

Die Kontoführung stellt eine weitere Funktionalität im MES-System dar. Dabei wird in diesem Zusammenhang die Ausprägung, und somit die Zuteilung der Kontoführung entweder zum ERP-System oder zum MES-System unterschiedlich diskutiert.²⁶³ Grundsätzlich sind ERP-Systeme in der Lage, Zeitkonten zu führen, sowie auch über Eingabestellen die Anwesenheitszeit zu ermitteln. Dabei wird die Sollarbeitszeit des Mitarbeiters über die hinterlegten Schichtmodelle ermittelt. Das Schichtenmodell wird dem Mitarbeiter über die Personalstammdaten zugewiesen. Signifikante Abweichungen vom Schichtenplan müssen durch Einträge wie Arbeitsunfähigkeit oder Dienstreise kompensiert werden. Die so erhaltenen Anwesenheitszeiten können direkt in die Lohnverrechnung übernommen werden.²⁶⁴ Entscheidend für die Kontoführung im ERP-System oder MES-System ist die Struktur des Fertigungsunternehmens. Dabei unterstützt das MES-System flexible Arbeitszeiten und leistungsbezogene Entlohnungssysteme besser als die ERP-Systeme. Somit können die Daten in der Produktionsstätte mit Erfassungsgeräten erfasst und verarbeitet werden.²⁶⁵

LEE – Leistungslohnermittlung

Es gibt unterschiedliche Formen der Entlohnung, die von verschiedenen Kriterien abhängig sind. Dabei ist die Form der Personalentlohnung oftmals durch Tarifverträge geregelt, die den Entscheidungsspielraum des Unternehmens einschränken.²⁶⁶ In Stahlgießereien bildet beispielsweise der Kollektivvertrag „für die eisen- und metallherstellende und -verarbeitende Industrie“ die Basis für die Lohnverrechnung, wobei in der MFL das Prämienlohnsystem Anwendung findet. Unter Prämienlohn versteht man eine Entlohnungsform, bei der der Prämienlohn für Arbeiten ausbezahlt wird, deren Bedingungen wechseln, für die Vorgabezeiten vorhanden sind oder die schwer zu ermitteln sind.²⁶⁷ Die Verbindung des Moduls der Leistungslohnermittlung mit der Personalzeiterfassung spielt ihre Stärke genau dann aus, wenn die Entlohnung nach einem Prämienlohn erfolgt. Durch die Integration der Betriebsdatenerfassung können die Daten in Echtzeit erhoben werden, diese in der Personalzeiterfassung aufbereitet und im Modul der Leistungslohnermittlung für die Berechnung des Lohns herangezogen werden.²⁶⁸ Aufgrund der Integration aller Funktionsbereiche lassen sich vor allem bei der Leistungslohnermittlung Potenziale generieren. Durch die Integration aller Module im MES-System ist die Datengrundlage für eine flexible Leistungslohnrechnung, basierend auf den Auftragsmeldungen gegeben. Dabei können zusätzlich Maschinendaten, Qualitätsdaten oder weitere Daten inkludiert und mit dem Leistungslohn verrechnet werden, wobei dies ohne Schnittstellenprobleme möglich ist.²⁶⁹

²⁶⁰ Vgl. Kletti (2006), S. 34.

²⁶¹ Zum Beispiel Mitarbeiter anwesend oder Mitarbeiter abwesend.

²⁶² Vgl. Kletti (2007), S. 87 f.

²⁶³ Vgl. Kletti (2007), S. 88.

²⁶⁴ Vgl. Gronau (2010), S. 246 ff.

²⁶⁵ Vgl. Kletti (2007), S. 88 f.

²⁶⁶ Vgl. Holtbrügge (2004), S. 147 ff.

²⁶⁷ Vgl. Holtbrügge (2004), S. 151.

²⁶⁸ Vgl. Kletti (2006), S. 34.

²⁶⁹ Vgl. Kletti (2007), S. 89.

PEP – Personaleinsatzplanung

Der Einsatz der Personalressourcen stellt einen wichtigen Punkt für die Fertigungssteuerung dar, um Verschwendungen zu vermeiden. „Verschwendung entsteht dann, wenn innerhalb eines Wertschöpfungsprozesses mehr Ressourcen verbraucht werden als eigentlich erforderlich.“²⁷⁰ Den Ausgangspunkt für die Personaleinsatzplanung bildet die Personalbedarfsplanung, die die Ermittlung des Personalbedarfes zum Inhalt hat. Die Personaleinsatzplanung bildet weiters die Basis für die Personalbeschaffung und für die Personalfreisetzung, um gegebene Auftragsvorräte bearbeiten zu können.²⁷¹ Das Modul der Personaleinsatzplanung soll die zielgenaue Planung des Personals nach dem Vorbild der Plantafel ermöglichen. Dabei wird ein Überblick über das aktive Personal erhalten und realisierbare Einsatzpläne unter Restriktionen erstellt. Diese Einsatzpläne sind stets auf die Belastungssituation anzupassen, damit eine effiziente Auftragsabwicklung möglich wird. Die geschaffene Transparenz und die Aktualität des Fertigungsabbildes bilden die Basis für wirksame Einsatzpläne.²⁷² Für die Einsatzplanung steht im MES-System ein Personalkalender zur Verfügung, der je nach Anbieter verschieden aufgebaut ist.²⁷³ In diesem Kalender werden wichtige Produktionsdaten angezeigt, und auch Verknüpfungen zu den Stammdaten aus dem ERP-System erstellt. Die Feinplanung von Mitarbeitern bedarf zusätzlicher Kenntnis über die Fähigkeiten der Mitarbeiter. Dabei kann oftmals eine so genannte 1:N Beziehung, also dass ein Mitarbeiter auf mehreren Arbeitsplätzen arbeiten kann, bestehen. Wichtig ist, dass die Personalzeiterfassung die An- und Abwesenheitszeiten direkt dem PEP-Modul zur Verfügung stellt.²⁷⁴ Nachstehend ist beispielhaft ein Personaleinsatzplan dargestellt.

Personen			Januar 2005													
Person	Name	Tätigkeit	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
667	Schulz, Christian	Azubi	Sch	F	Sch											
40256	Pernikova, Lisa	Endmontage	F	Sch	F			S	S	S	S	S			N	
40563	Griever, Maria	Endmontage	N	Sch	N			N	N	N	N	N			S	
40789	Schlüter, Egon	Einrichter	F	Sch	F			Url	Url	Url	Url	Url			Url	
50014	Albert, Claudia	Meister	N	Sch	N			Sch	Sch	Sch	Sch	Sch			S	
50201	Mayer, Hugo	Schlosser	GLZ	Sch	GLZ			S	S	S	S	S			N	
F - verfügbar			3	3				2	2	2	2	2			1	
S - verfügbar			2	2				3	3	3	3	3			4	
N - verfügbar			3	3				2	2	2	2	2			3	
Ohne Schicht - verfügbar			5	5				5	5	5	4	4			5	
Gesamt - verfügbar			13	13				12	12	12	11	11			13	

Abbildung 14: Personaleinsatzplanung²⁷⁵

Wie aus der Abbildung 14 ersichtlich ist, erfolgt die Personaleinsatzplanung meist nach dem Vorbild einer Tabellenkalkulation. Diese Tabelle wird laufend mit aktuellen Daten von anderen MES-Modulen versorgt, sodass Daten wie Urlaub, Schichtenpläne, Krankheit direkt übernommen werden können. Die derzeit am weitesten entwickelte Ausbaustufe geht sogar soweit, dass das Personal automatisch entsprechend der Qualifikation und Auf-

²⁷⁰ Syska (2006), S. 167 zit. nach Mählick, Pankus (1995), S. 81.

²⁷¹ Vgl. Holtbrügge (2004), S. 73 f., S. 119.

²⁷² Vgl. Kletti (2006), S. 34.

²⁷³ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 102.

²⁷⁴ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 75 f.

²⁷⁵ Quelle: Kletti (2006), S. 207.

tragsvorrat, auf einen Arbeitsplatz zugeordnet wird. Diese Funktionalität ist jener der Plan-tafel sehr ähnlich, aber es bedarf dafür einem fix verteilten Auftragsvorrat, wodurch erst kurzfristig machbare Personaleinsatzpläne erstellt werden können.²⁷⁶ Die Basis für den erfolgreichen Einsatz der Personaleinsatzplanung unter einem ERP-System ist dann gegeben, wenn die Datenqualität aus dem ERP-System den MES-Systemanforderungen genügt.

ZKS – Zutrittskontrolle

In Betrieben, in denen es Unternehmensbereiche gibt, welche nicht für alle Mitarbeiter zugänglich sind, werden oft Erfassungsgeräte zur Zutrittskontrolle eingeführt. Dabei soll geprüft werden, ob der Zutritt für den Mitarbeiter zu einem definierten Bereich erlaubt ist, oder eben nicht. Dies spielt vor allem in der Pharmaindustrie eine wichtige Rolle. Das Modul der Zutrittskontrolle kann an das Modul der Personalzeiterfassung angebunden werden, wobei die Personalzeiterfassung die Basis für die Zutrittskontrolle darstellt. Somit ist es möglich die Zutrittskontrolle als Nebeneffekt des erwähnten Moduls zu nutzen und Arbeitsbereiche für definierte Mitarbeiter zu sperren.²⁷⁷

3.3.5 Module des Funktionsbereichs Qualität eines MES

Ein entscheidender Bereich, welcher zunehmend für die Unternehmen wichtig wird, stellt die Qualität des Produkts und die Sicherstellung der Produktqualität dar. Grundsätzlich versteht man unter dem Begriff Qualität in der ISO 9001:2008: „Grad, in dem ein Satz inhärenter **Merkmale** (3.5.1) **Anforderungen** (3.2.1) erfüllt.“²⁷⁸ Je nach Branche und Produkt werden andere Anforderungen an die Produktqualität gestellt, die teilweise stark variieren können. Zur Schaffung eines einheitlichen Verständnisses hinsichtlich der Produktqualität wurden verschiedene Normen entwickelt, wobei eine der wesentlichsten Normen die Normreihe ISO 9000 ff. hinsichtlich Qualitätsmanagementsysteme darstellt. Viele Unternehmen erfüllen die in dieser Norm festgeschriebenen Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem und lassen sich zur Erlangung eines Zertifikates diese Konformität laufend durch interne und externe Auditierung prüfen. Unter Auditierung versteht man „die systematische, unabhängige Untersuchung einer Aktivität und deren Ereignisse, durch die Vorhandensein und sachgerechte Anwendung spezifizierter Anforderungen beurteilt und dokumentiert werden.“²⁷⁹ In der ISO 9001:2008 werden beispielsweise acht Kapitel angeführt, wobei in den Kapiteln 0 bis 3 ein einheitliches Verständnis für die Begrifflichkeiten, die Anwendungsbereiche und der Verweis auf andere Normen geschaffen werden soll. Die Kapitel 4 bis 8 beschreiben konkret die Anforderungen an ein Qualitätsmanagementsystem im betrieblichen Umfeld, wobei im Prozessmodell der ganzheitliche Ansatz²⁸⁰ verfolgt wird. Wichtig ist, dass bei diesen Normen, das Qualitätsmanagement und die Vorgehensweisen zur Erreichung der Qualitätsziele im Vordergrund stehen. Dies inkludiert die Ausrichtung der Prozesse auf den Kundennutzen, eine klar definierte Aufbau- und Ablauforganisation mit prozessverantwortlichen Personen und Qualitätszielen.²⁸¹

Der Ansatzpunkt des MES-Systems stellt nicht die softwaretechnische Abwicklung des Qualitätsmanagements dar, sondern zielt auf die operative Unterstützung zur Erreichung der Qualitätsziele ab.²⁸² Das unternehmensweite Qualitätsmanagement wird bereits von großen ERP-Systemanbietern angeboten. Dabei kommt dem ERP-System als spezialisiert-

²⁷⁶ Vgl. Kletti (2007), S. 90 f., S. 92 ff.

²⁷⁷ Vgl. Kletti (2006), S. 34.

²⁷⁸ DIN 9000 (2005), S. 18.

²⁷⁹ Syska (2006), S. 20 zit. nach Kamiske/Brauer (2003), S. 5.

²⁸⁰ In Form des PDCA Zyklus. Vgl. Gamweger/Jöbstl (2006), S. 66 f.; Koether (2011), S. 424 ff.

²⁸¹ DIN 9000 (2005), S. 18; ÖNORM 9001 (2009), S. 5 ff.

²⁸² Vgl. Kletti (2006), S. 33.

tes QM-System die statistische Prozesslenkung als Funktion zu, die die Prüfplanung, Prüfausführung und Auswertung zum Inhalt hat.²⁸³ Da die Erläuterung der angebotenen QM-Funktionen im ERP den Rahmen der Arbeit übersteigen würde, wird hier darauf verzichtet.²⁸⁴ Somit dienen die im MES-System eingesetzten Module der operativen Prozesssicherung, und gleichzeitig der Generierung und Abwicklung von Reklamationen nach standardisierten Vorgehensweisen.²⁸⁵ Derzeit wird in der Praxis ungefähr bei 50% der MES-Systemeinführungen auch das Qualitätsmanagement mit eingeführt.²⁸⁶ Nachstehend sind die Module angeführt, die nach Kletti diesem Funktionsbereich zugeordnet werden.²⁸⁷

SPC – Statistische Prozessregelung

In der Fertigung können viele Störfaktoren auftreten, die sich direkt, oder indirekt auf die Produktqualität auswirken. Die statistische Prozessregelung stellt ein Konzept dar, bei dem durch ständige Prozessüberwachung der Istzustand erhoben, und im Falle einer Abweichung Korrekturen vorgenommen werden sollen, damit ein verbesserter Zustand erreicht wird.²⁸⁸ Dieses Konzept ist standardmäßig auch im MES-System inkludiert. Dabei darf man sich die SPC im MES-System nicht als Regelung im herkömmlichen Sinne vorstellen, sondern es steht der Abgleich von Online-Daten mit vorgegebenen Sollwerten im Vordergrund. Ziel ist es fehlerhafte Produktionen von Beginn an zu vermeiden. Dabei erfolgt die Anbindung der Messmittel an das MES-System, welches die Solldaten einliest und den Datenvergleich durchführt.²⁸⁹ Das MES-System stellt die Verwendung und die Verfügbarkeiten der Messmittel je Messmitteltyp sicher.²⁹⁰ Weiters kann bei Verletzung von gegebenen Grenzwerten, eine Alarmmeldung generiert werden. Zu diesen Funktionalitäten ist es möglich die Daten zu speichern, Trends zu verfolgen und diese anzuzeigen.²⁹¹ Dabei muss für die Datenzuweisung zum Produkt, eine eindeutige Kennung vorhanden sein.²⁹²

Je nach Anforderung erfolgt die Auslagerung eines Teils des SPC-Moduls in ein SQC-Modul. Dabei wird der Soll- Istvergleich, also die Erhebung der Prozessdaten im SPC-Modul durchgeführt, wohingegen die tatsächliche Qualitätskontrolle im SQC erfolgt. Wichtig ist, dass auch wenn die Qualitätskontrolle durch den Einsatz eines MES-Systems durchgeführt wird, trotzdem eine laufende Qualitätskontrolle, beispielsweise auf Basis von Stichprobenplänen auf jeden Fall durchgeführt werden muss. Dadurch werden Fehler, welche durch die Messdatenerfassung nicht erfasst werden, erkannt und die Weitergabe von fehlerhaften Teilen reduziert.²⁹³ Abschließend noch die folgende Aussage zu Qualitätsmanagementsystemen im MES: „Ein integriertes Qualitätsmanagementsystem ist eine Kernfunktion von MES. Es ist die Aufgabe von MES, kontinuierlich zu prüfen.“²⁹⁴ Somit bildet die Kombinationsmöglichkeit von ERP-Systemen mit dem MES-System für die Abwicklung des Qualitätsmanagement einen essentiellen Erfolgsfaktor für die Unternehmen.

²⁸³ Vgl. Gronau (2010), S. 164 ff.

²⁸⁴ Weiterführende Literatur zu Qualitätsfunktionen im ERP-System siehe Gronau (2010), S. 164 ff.

²⁸⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 178 f.

²⁸⁶ Vgl. Kipp et al. (2011), S. 41.

²⁸⁷ Vgl. Kletti (2006), S. 33 f.

²⁸⁸ Vgl. Syska (2006), S. 136 ff.

²⁸⁹ Vgl. Kletti (2006), S. 33.

²⁹⁰ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 77.

²⁹¹ Vgl. Kletti (2006), S. 33.

²⁹² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 85.

²⁹³ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 119 f.

²⁹⁴ Thiel et al. (2010), S. 118.

REK – Reklamationsmanagement

Wird eine Ware ausgeliefert, obwohl die vom Kunden geforderten Spezifikationen nicht eingehalten werden, kann es zu Reklamationen kommen. Unter Reklamation versteht man das Einbringen einer Beanstandung oder einer Beschwerde.²⁹⁵ Im MES-System können die reklamierten Produkte nach festgelegten Kriterien analysiert und rückverfolgt werden. Dabei stehen technische Aspekte, die Herstellungsbedingungen, sowie auch die verwendeten Einsatzstoffe im Vordergrund.²⁹⁶ Das integrierte Qualitätsmanagement im MES unterstützt bereits im Fertigungsprozess die Qualitätssicherung und zwar durch Generierung von Standardabläufen zur Reklamationsabwicklung. Diese Abläufe oder auch Workflows, können nicht nur zur Reklamationsabwicklung eingesetzt werden, sondern auch qualitätsrelevante Abläufe definieren. Die standardisierte Abwicklung von Reklamationen erfordert aber die einmalige eindeutige Festlegung dieser Abläufe. Durch diese festgelegten Abläufe ergibt sich der Vorteil, dass der Standardfall für alle beteiligten Personen eindeutig ist, und der Ablauf dokumentiert werden kann. Weiters kann vermieden werden, dass in der Vergangenheit bereits dokumentierte Fehler wieder eintreten. In der nachstehenden Abbildung ist beispielhaft ein Ablauf für eine Fehlerbearbeitung dargestellt.²⁹⁷

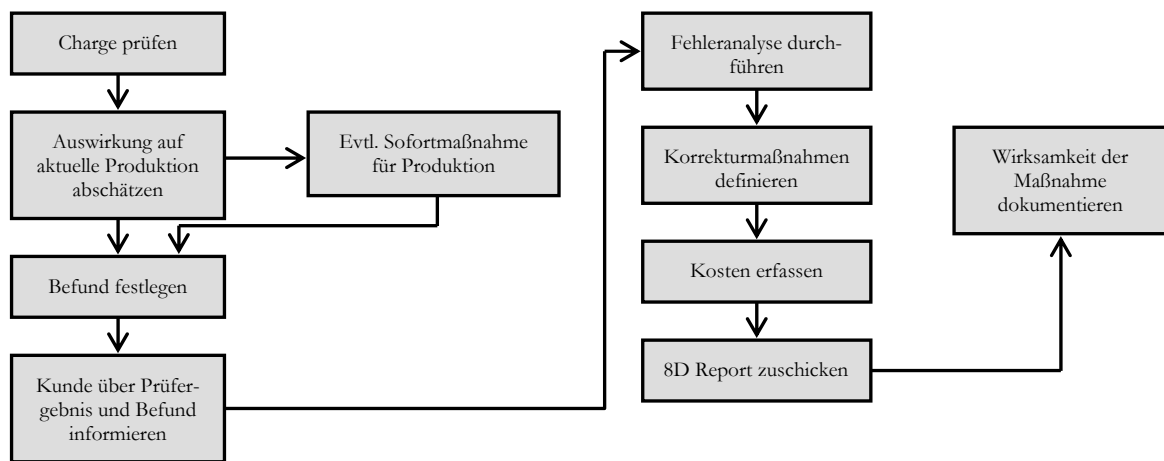


Abbildung 15: Workflow zur Fehlerbearbeitung²⁹⁸

WEK – Wareneingang

Der Wareneingang und der Warenausgang stellen in der logistischen Kette die werksübergreifende Schnittstelle zwischen Lieferanten und Kunden dar. Dabei geht es bei der MES unterstützten Wareneingangskontrolle weniger um den Lieferanten und dessen Bewertung, sondern vielmehr um die Mengen und den Zustand der Ware bei Anlieferung. Hinzu kommt vielfach noch die Erhebung der Chargennummer, die für die Rückverfolgung bei Reklamationen benötigt wird. Alle Abweichungen von den Vorgaben können direkt ins MES-System gemeldet werden und eine automatische Alarmmeldung ausgelöst werden.²⁹⁹

Das Vorgehen bei der Wareneingangskontrolle kann auch nach einem standardisierten Workflow erfolgen, der wiederum für jedes Bedarfsobjekt definiert werden muss. Dabei muss aber erhoben werden, welche Prüfarten bei der Eingangsprüfung durchzuführen sind, wie beispielsweise reine visuelle Kontrolle oder eine Laborprüfung. Für die Planung muss sichergestellt werden, dass in das MES-System die tatsächlich verfügbaren Mengen eintra-

²⁹⁵ Vgl. Wermke et. al. (2010), S. 896.

²⁹⁶ Vgl. Kletti (2006), S. 33.

²⁹⁷ Vgl. Kletti (2006), S. 178 f.

²⁹⁸ Quelle: Kletti (2006), S. 100.

²⁹⁹ Vgl. Kletti (2006), S. 33.

gen werden, sodass diese direkt in die Planung eingehen können. Die Wareneingangsprüfung kann entweder direkt am Wareneingangslager, oder auch durch automatische Laboraufträge erfolgen.³⁰⁰ Je genauer die Bestandsaufnahme bei der Wareneingangskontrolle ist, desto geringer ist die Möglichkeit, dass Einsatzstoffe bei der Verwendung fehlen.

PMC – Prüfmittelverwaltung

Bei der Qualitätsprüfung werden mehrere Prüfmittel eingesetzt, die auf das jeweilige Prüfmerkmal abgestimmt sind. Zur verbesserten Übersicht und Verfügbarkeitsprüfung der Prüfmittel ist die durchgängige Verwaltung der Prüfmittel inklusive deren Zuordnung zu einem definierten Produkt notwendig. Diese Funktionalität kann durch das MES-System unterstützt werden, wobei die Prüfmittelverwaltung dem Modul WRM³⁰¹ ähnlich ist. Im Modul der Prüfmittelverwaltung erfolgt die Verwaltung und Zuweisung sämtlicher, für die Qualitätssicherung benötigten Prüfmittel und auch die Prüfung, ob diese Prüfmittel den jeweiligen Vorgaben genügen.³⁰² Da auch Prüfmittel einem Verschleiß unterliegen, müssen diese einer laufenden Kontrolle durch berechnete Stellen zu definierten Zeitpunkten unterzogen werden. Dieses Prüfintervall kann durch das MES-System geprüft und bei Bedarf eine Meldung generiert werden.³⁰³ Dabei wird im Rahmen der Prüfmittelfähigkeitsuntersuchung festgelegt, „welche Merkmale mit welchen Ressourcen nach welchen Spezifikationen kontrolliert werden.“³⁰⁴ Zusätzlich ermöglicht es das MES-System, dass ein Prüfmittel gesperrt wird, wenn das Messergebnis des Prüfmerkmals außerhalb der Toleranzgrenze liegt. Dadurch wird vermieden, dass ein mangelhaftes Prüfmittel verwendet wird. Das MES-System kann weiters auch die Einsatzhäufigkeit bestimmter Prüfmittel bestimmen, sodass verschleißabhängige Wartungen oder Kalibrierungen durchgeführt werden können. Durch den effizienten Einsatz und der laufenden Kontrolle der Prüfmittel, können etwaige Verzögerungen durch mangelnde Messmittel deutlich reduziert werden.³⁰⁵

PDC – Prozessdatenverarbeitung

Ein weiteres Modul des Funktionsbereichs Qualität stellt jenes der Prozessdatenverarbeitung dar. In diesem Modul werden prozessnahe Daten direkt aus dem Herstellungsprozess erfasst. Durch die enge Kopplung von Fertigungsmanagement und Qualitätsmanagement³⁰⁶ kann dadurch eine einheitliche Sichtweise auf den Herstellungsprozess erhalten werden. Dabei spielen nicht standardisierte Prozessdaten wie Menge, Zeit, Kosten eine Rolle, sondern vielmehr die Prozessbedingungen, unter denen das Produkt hergestellt worden ist. Zu diesen Prozessdaten gehören unter anderem Drücke oder Prozesstemperaturen, die direkt bei der Produkterstellung vorherrschend waren.³⁰⁷ Die Temperatur stellt beispielsweise einen wichtigen Einflussfaktor bei der Herstellung der flüssigen Schmelze dar, da die Prozesstemperatur sowohl über den Gießvorgang als auch über die Verteilung der eingesetzten Legierungselemente in der Schmelze entscheidet.

³⁰⁰ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 91.

³⁰¹ Siehe Teilkapitel 3.3.3.

³⁰² Vgl. Kletti (2006), S. 33.

³⁰³ Vgl. Kletti (2006), S. 176.

³⁰⁴ Kletti (2006), S. 176.

³⁰⁵ Vgl. Kletti (2006), S. 177, S. 184 f.

³⁰⁶ Siehe Teilkapitel 3.3.2 und Teilkapitel 3.3.3.

³⁰⁷ Vgl. Kletti (2006), S. 33, S. 183.

3.3.6 Weiterführende Module eines MES-Systems

Im nachstehenden Teilkapitel sollen weitere Module dargestellt werden, die auch in einem MES-System vorhanden sein können. Diese Module können entweder eigenständig geführt sein, oder in einem erwähnten Modul integriert sein.

ESK – Eskalationsmanagement

Das Eskalationsmanagement stellt eine neuere Entwicklung im Bereich eines MES-Systems dar, wobei dieses Modul den drei Funktionsgruppen übergeordnet ist. Darin werden Techniken angeboten, die bei Verletzung von Grenzwerten eine Alarmierung auslösen. Dabei wird das Fertigungscontrolling im Hinblick auf die Dauer von Fehlerzuständen, sowie im Hinblick auf die Auswirkungen der Fehlerzustände ermöglicht. Ziel des Eskalationsmanagements, ist die Steigerung der Wirtschaftlichkeit durch die Vermeidung von fehlerhaften Zuständen.³⁰⁸ Durch die integrative Aufgabe des Moduls des Eskalationsmanagements kann dieses Modul keiner Funktionsgruppe zugeordnet werden.³⁰⁹

Das Eskalationsmanagement inkludiert weiters Alarmmeldungen, die direkt vom Maschinenbediener am Terminal gemeldet werden können. Weiters ist es möglich, dass im Falle von einer Maschinen- oder Anlagenstörung direkt von der Maschinensteuerung ein Auftrag zur Störungsbehebung an die Instandhaltungsabteilung gesendet wird. Die eingegebenen Daten werden zusätzlich auf dem Leitstand angezeigt, wodurch eine rasche Reaktion auf Engpasssituationen oder Lieferterminproblemen erfolgen kann. Dabei ermöglicht es das MES-System, dass Störungsmeldungen an alle Abteilungen gesendet werden, die von der Störung betroffen sind, wodurch rasche und zielgerichtete Reaktionen möglich werden. Zusätzlich kann zu Auswertungszwecken der Störungsgrund eingegeben werden.³¹⁰

(Instandhaltungs-) Wartungsmanagement

Die Anlagenwirtschaft wird zu einem immer wichtigeren Bestandteil in der Fertigung der Unternehmen, da diese mit Materialaufwendungen, und mit Personalressourceneinsatz verbunden sind, die als Verbräuche bezeichnet werden können.³¹¹ Der Terminus Instandhaltung wird in der ÖNORM M8100 folgendermaßen definiert: „Gesamtheit der Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des jeweilig angestrebten Sollzustandes, sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist- Zustandes von technischen Mitteln eines Systems.“³¹² Demnach sind Instandhaltungsaktivitäten aufgrund der Alterung von Anlagen unumgänglich und müssen nach dem Verbrauch des Abnutzungsvorrats gewartet oder getauscht werden.³¹³ Je nach Instandhaltungsstrategie sind Instandhaltungsmaßnahmen durchzuführen, die sich inhaltlich, methodisch, im Umfang voneinander unterscheiden und zu verschiedenen Zeitpunkten, und in vorgegebener Reihenfolge durchgeführt werden.³¹⁴

Aufgrund der beschriebenen Relevanz für die Produktion, hat ein MES-System Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen rechtzeitig aufzuzeigen, und die Einleitung von Maßnahmen zu ermöglichen. Wichtig dabei ist, dass MES-Systeme die präventive Wartung und Instandhaltung berücksichtigen können. Durch die Integration dieser präventiven Maßnahmen, können bei richtigem Einsatz im Unternehmen, die gesetzten Qualitätsziele erreicht werden.³¹⁵ Das Wartungs- und Instandhaltungsmanagement ermöglicht durch die

³⁰⁸ Vgl. Kletti (2007), S. 34 f., S. 61.

³⁰⁹ Vgl. Kletti (2006), S. 31.

³¹⁰ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 128.

³¹¹ Vgl. Biedermann (2008), S. 19.

³¹² Biedermann (2008), S. 19 zit. nach ÖNORM M8100 und DIN 31051 Blatt 1.

³¹³ Vgl. Biedermann (2008), S. 19.

³¹⁴ Vgl. Biedermann (2008), S. 52.

³¹⁵ Vgl. Thiel et al. (2010), S. 127 f.

Darstellung der Fertigungssituation in der Plantafel, dass Leerzeiten an den Maschinen für diese Tätigkeiten eingesetzt werden können. Dies führt weiters dazu, dass durch die geschaffene Transparenz ein effizienter Einsatz der Instandhaltungsressourcen möglich wird.

3.3.7 Module für einen Serienfertiger

Die gegebene Produktionsinfrastruktur in der Stahlgießerei der MFL kann grundsätzlich dem Produktionstyp Serienfertiger zugeordnet werden. Unter einem Serienfertiger versteht man einen Produktionstyp, der über definierte Zeiträume Produktiveinheiten mit denselben Einsatzgütern erzeugt, und bei dem nach jedem Zeitraum ein Umrüstvorgang durchgeführt wird, wobei diese Umrüstvorgänge häufiger als bei Sortenfertiger auftreten.³¹⁶ Aufgrund der Tatsache, dass es derart viele Module gibt, die wiederum verschiedene Unternehmensbereiche unterstützen, liegt die Frage nach den Einsatzmöglichkeiten der einzelnen Module nahe. Zur Unterstützung der Modulauswahl liefert Kletti eine Aufstellung der wichtigen Module für einen Serienfertiger, da dieser meint, dass ähnliche Fertigungstypen auch ähnliche Anforderungen in der Produktion an ein MES-System haben.³¹⁷ Der Grund dafür, dass die Erhebung in diesem Rahmen besprochen werden soll ist der, dass untersucht werden soll, ob die in der Literatur für einen Serienfertiger angegebenen Module auch für den Anwendungsfall der Stahlgießerei herangezogen werden können. In der Tabelle 2 ist das Ergebnis der Bewertung der ausgewählten Module für einen Serienfertiger nach Kletti dargestellt. Darin ist zunächst auf der linken Seite die Modulbezeichnung angegeben, und auf der rechten Seite die Wichtigkeit des betrachteten Moduls und die Zuordnung zu einer Kategorie dargestellt. Dabei erfolgt die Bewertung mittels einer Punkteskala, wobei je mehr Punkte ein Modul aufweist, desto wichtiger ist das betrachtete Modul für einen Serienfertiger. Die in der Tabelle angegebene Kategorie wurde zum besseren Verständnis der Wichtigkeit eines betrachteten Moduls zusätzlich definiert, wobei die einzelnen Kategorien folgendermaßen bestimmt worden sind: K1: mehr als 6 Punkte, K2: zwischen 5 und 6 Punkte, K3: kleiner als 5 Punkte.

Tabelle 2: Modulbewertung für Serienfertiger³¹⁸

Modul	Modulbezeichnung	Bewertung	Kategorie
BDE	Betriebsdatenerfassung	●●●●●●●●	K 1
HLS	Leitstand, Plantafel	●●●●●●●●	K 1
MDE	Maschinendatenerfassung	●●●●●●●●	K 1
MPL	Material- und Produktionslogistik	○●○●○●○●	K 2
WRM	Werkzeug- und Ressourcenmanagement	○●○●○●○●	K 2
PZE	Personalzeiterfassung	○●○●○●○●	K 2
CAQ	Qualitätsmanagement	○●○●○●○●	K 2
PEP	Personaleinsatzplanung	●●●●	K 3
PDV	Prozessdatenverarbeitung	●●●	K 3
LLE	Leistungslohnermittlung	●●	K 3

Wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, ist die Betriebsdatenerfassung das wichtigste Modul für einen Serienfertiger mit einer Bewertung von 10 Punkten. Mit einer Bewertung von 9 Punkten folgt der Leitstand als zweitwichtigstes Modul für den betrachteten Produktionstyp. Die Maschinendatenerfassung wird mit 8 Punkten, gleich nach dem Leitstand als drittes Modul gereiht. Vergleicht man diese Bewertung mit den vorher angeführten Modulbeschreibungen, so kann daraus abgeleitet werden, dass die Datenerfassung in der Fertigung und deren Echtzeitdarstellung im Leitstand, eine zentrale Rolle bei Serienfertigern darstel-

³¹⁶ Vgl. Pfohl (2010), S. 187 f.

³¹⁷ Vgl. Kletti (2007), S. 171.

³¹⁸ In Anlehnung an Kletti (2007), S. 173.

len. Diese Module ermöglichen einen raschen Eingriff in die laufende Produktion, sowie auch die Simulation verschiedener Systemzustände. Die Module Material- und Produktionslogistik, Werkzeug- und Ressourcenmanagement, Personalzeiterfassung und Qualitätsmanagement rangieren im Mittelfeld mit einer Bewertung von 5 Punkten. Da diese Module allesamt in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden, muss davon ausgegangen werden, dass die Bewertung von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich ist, sodass für einen Betrieb zum Beispiel die Personalzeiterfassung sehr wichtig ist, und für ein anderes Unternehmen hingegen das Qualitätsmanagement entscheidend ist. Essentiell bei der Implementierung eines MES-Systems ist, dass die Module genau auf den Einsatzzweck abgestimmt werden, sodass die oben angeführten Module einen möglichen Leitfaden für die Modulauswahl bilden können. Die übrigen Module weisen eine Bewertung unter 5 Punkte auf und sind aus dieser Betrachtung heraus für einen Serienfertiger nur von geringer Bedeutung. Zu den Modulen mit eher geringerer Wichtigkeit zählen Personaleinsatzplanung, Prozessdatenverarbeitung und die Leistungslohnermittlung. Das Modul der Leistungslohnermittlung weist eine äußerst geringe Punkteanzahl von 2 auf, was basierend auf dieser Auswertung bedeuten würde, dass dieses Modul für die Einführung eines MES-Systems bei einem Serienfertiger nicht unmittelbar notwendig wäre. Da bei dieser Erhebung nur diese Module angeführt worden sind, kann die Wichtigkeit der übrigen Module für die Einführung eines MES-Systems bei einem Serienfertiger nicht bestimmt werden, aber es kann angenommen werden, dass die übrigen Module eine geringere Bewertung aufweisen. Der Grund für diese Annahme liegt darin, dass Module, die als wichtig erachtet werden, auch eine entsprechende Bewertung erhalten hätten, und bei den oben angeführten Modulen enthalten wären.

Nach abgeleiteter Definition für ein MES-System in Stahlgießereien, der Darstellung der Grundlagen und des Einsatzgebietes eines MES-Systems und nach Abklärung der Funktionalitäten, inklusive dem funktionalen Aufbau, soll im nachstehenden Kapitel die Analyse der Fertigungsstruktur der Stahlgießerei durchgeführt werden. Diese Analyse bildet wie erwähnt, die Basis für die Definition von Anforderungen und die Ableitung von Verbesserungspotenzialen.

4 Systemanalyse der Fertigung der Stahlgießerei

Wie im Kapitel 2 über die Maschinenfabrik Liezen und Gießerei Ges. m. b. H. angemerkt, werden in der Gießerei Stahlgussteile in verschiedener Ausführungsform, Abmessungen und Werkstoffqualität hergestellt. Um in weiterer Folge die Anforderungen und die Verbesserungspotenziale definieren zu können, bedarf es einer umfassenden Analyse der Schwachstellen in der aktuellen Fertigung der Stahlgießerei. Der Fokus der Schwachstellenanalyse richtet sich dabei auf die zur Produkterstellung benötigten Informationen, welche mittels Informationsobjekten zur Verfügung gestellt werden. In diesem Kapitel soll die Systemanalyse der Fertigung der Stahlgießerei zur Auffindung von Schwachstellen dargestellt werden. Die Vorgehensweise, nach der die Systemanalyse durchgeführt worden ist, wird unter 4.1 erläutert. Wichtig dabei ist, dass die inhaltliche Gliederung des Kapitels 4 nicht den durchgeführten Vorgehensschritten der Systemanalyse entspricht. Der Grund liegt darin, dass durch den gewählten Aufbau des Kapitels ein klares und einheitliches Verständnis für die Prozesse der Gießerei geschaffen werden soll, und ein anderer Aufbau diese Sichtweise nicht ermöglichen würde. Nach erfolgter Analyse werden zusätzlich am Ende des Kapitels die aus der Analyse abgeleiteten Schwachstellen dargestellt, die zur Definition von Anforderungen und zur Ableitung von Verbesserungspotenzialen dienen.

4.1 Vorgehensweise bei der Schwachstellenanalyse

Das Vorgehensmodell zur Systemanalyse der Fertigung der Stahlgießerei ist in der nachstehenden Abbildung zusammenfassend dargestellt.

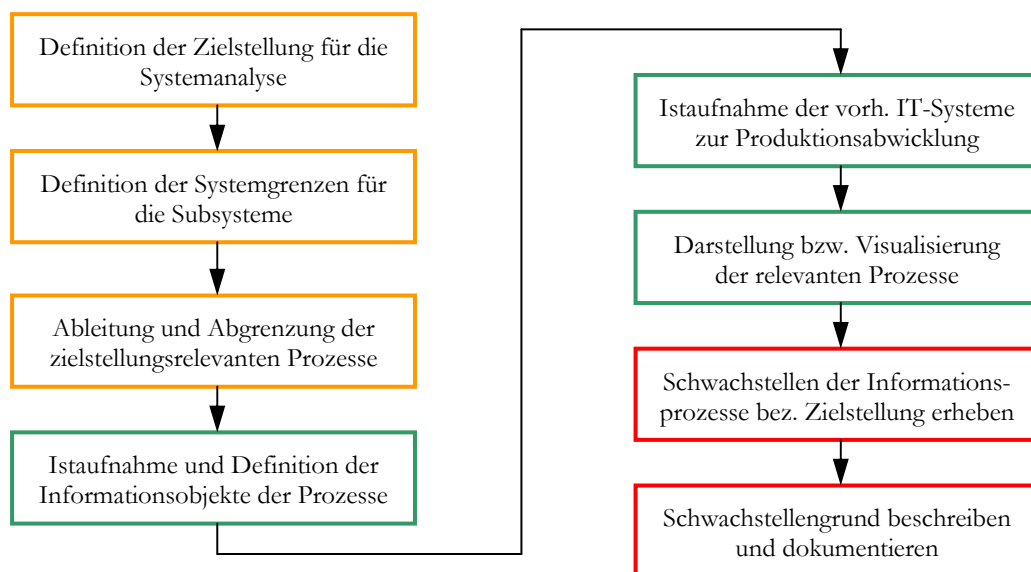


Abbildung 16: Vorgehensmodell der Systemanalyse in der MFL³¹⁹

Die Abbildung 16 zeigt somit die konkreten Vorgehensschritte, die bei der Systemanalyse durchgeführt worden sind. Diese dargestellten Verfahrensschritte wurden in Anlehnung an das von Krallmann entwickelte Vorgehensmodell zur Systemanalyse abgeleitet, wobei ein Teil, der im Modell definierten Vorgehensphasen nicht berücksichtigt worden ist. Teilweise wurden auch Erweiterungen der Vorgehensschritte der Phasen durchgeführt. Zum besseren Verständnis ist nachstehend das Ausgangsmodell zunächst einmal dargestellt.

³¹⁹ Quelle: eigene Abbildung.

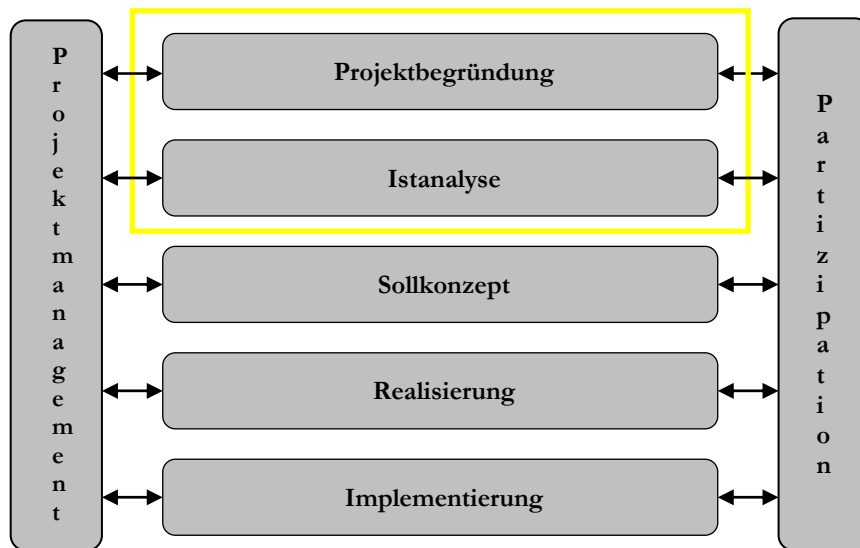


Abbildung 17: Vorgehensmodell zur Systemanalyse nach Krallmann³²⁰

Aus der Abbildung 17 geht hervor, dass im Modell nach Krallmann fünf Phasen definiert worden sind, die von der Projektbegründung, bis hin zur Implementierung reichen. Dies bedeutet aber, dass zusätzlich zur Analyse auch die Umsetzung von den in der Analyse erhobenen Maßnahmen im Vorgehensmodell enthalten ist. Diese Vorgehensweise, dass alle Projektphasen im Modell enthalten sind, findet bei mehreren Lösungsmethoden und dort unter anderem bei den Problemlösungszyklen öfters Anwendung, wobei ein Beispiel hierfür der PDCA-Zyklus darstellt.³²¹ Bei den Vorgehensweisen nach dem Modell des Systems Engineering oder Business Process Reengineering stehen zwar auch die Prozesse als Systeme die es zu verbessern gilt im Vordergrund, jedoch beinhalten diese Ansätze wieder die komplette Systemeinführung.³²² Hinzu kommt, dass es viele Modellierungsformen zur Systemanalyse gibt, diese aber nur wenige Ansatzpunkte für die systematische Vorgehensweise liefern, sondern auf die Darstellung ausgerichtet sind. Da der Fokus dieser Analyse auf der Schwachstellenableitung liegt, sind nur die ersten beiden Phasen des Modells herangezogen worden, wodurch die Zielstellung der Analyse vollkommen erfüllt werden konnte.

Zusätzlich gliedert Krallmann sein Modell innerhalb der Phasen noch in weitere Vorgehensschritte, die auch für die Systemanalyse der Stahlgießerei herangezogen worden sind. Für die Phase der Projektbegründung sind dies die Zielsetzung der Analyse, sowie die Systemabgrenzung. Diese beiden Vorgehensschritte stellen die ersten Schritte in der Systemanalyse dar, wobei die Systemabgrenzung in zwei Stufen erfolgt ist. Zunächst wurden alle Bereiche definiert, die sich innerhalb der Systemgrenze der Abteilung der Gießerei befinden. Anschließend erfolgte die Prüfung, welche dieser Bereiche im Hinblick auf die Zielstellung weiter berücksichtigt werden müssen. Die Einschränkung, dass geprüft werden muss ob ein Bereich in die Betrachtungen inkludiert wird, wird auch bei Krallmann erwähnt, sodass dieser zusätzliche Analyseschritt nur eine weitere Detaillierung darstellt.³²³

Bei der Istanalyse unterteilt Krallmann die Phase in die Istaufnahme, in die Modellierung und in die Analyse des Istzustandes.³²⁴ Auch diese Vorgehensschritte finden sich in der Abbildung 16 wieder, wobei die Istaufnahme wiederum in zwei Vorgehensschritten durch-

³²⁰ Quelle: Krallmann et al. (2007), S. 136.

³²¹ Vgl. Gamweger/Jöbstl (2006), S. 66 f.

³²² Vgl. Hall et al. (2005), S. 4 ff.; Krallmann (2007), S. 229 ff.

³²³ Vgl. Krallmann (2007), S. 143 ff.

³²⁴ Vgl. Krallmann (2007), S. 145 ff.

geführt wurde. Dabei erfolgte in einem ersten Schritt die Istaufnahme im Hinblick auf die abgegrenzten Prozesse und die dafür benötigten Informationen, inklusive den Informationsobjekten als Träger der Information. Dadurch wurde ein Überblick über die zur Prozessdurchführung benötigten Informationen erhalten. Der Grund für die Auflistung der Informationsobjekte besteht darin, dass dadurch das Potenzial sichtbar wird, welches beispielsweise durch den Wegfall des Erstellungsaufwandes generiert werden kann. In einem zweiten Schritt erfolgte die Istaufnahme der aktuellen systemtechnischen Abwicklung und Darstellung der Kundenaufträge inklusive den Unterstützungsbereichen der eingesetzten Softwaresysteme. Dabei ist zu erwähnen, dass für die Istaufnahme Workshops durchgeführt worden sind, und die dabei erhaltenen Daten dokumentiert wurden. Nach erfolgter Istanalyse wurden die einzelnen Prozesse inklusive den Informationsobjekten und deren Ablauf modelliert und visualisiert. Diese drei Vorgehensschritte sind wiederum in der Abbildung 16 dargestellt. Abschließend erfolgte, wie dies auch von Krallmann als Vorgehensweise angemerkt worden ist, die Ableitung von Schwachstellen direkt aus den Modellen.³²⁵ Dafür wurden zunächst die Schwachstellen vom Projektteam erhoben, wobei das Projektteam um die jeweiligen Bereichsverantwortlichen und weitere Entscheidungsträger erweitert wurde, um aussagekräftige Schwachstellen ableiten zu können. Mit der Dokumentation der Schwachstellen wurde die Systemanalyse in der Stahlgießerei abgeschlossen. Somit kann abschließend festgehalten werden, dass für die Systemanalyse das Vorgehensmodell nach Krallmann herangezogen worden ist, wobei nur die beiden ersten Phasen eingesetzt worden sind. Die oben angeführten Vorgehensschritte bezeichnen somit einerseits die von Krallmann in den beiden Phasen definierten Vorgehensschritten, und andererseits weitere Schritte, die eine partielle Erweiterung der Vorgabe darstellen. Mit diesen Vorgehensschritten konnten die aktuellen Schwachstellen der Fertigung abgeleitet werden.

4.2 Zielstellung der Schwachstellenanalyse

In diesem sehr kurz gehaltenen Teilkapitel wird die Zielstellung für die Systemanalyse der Stahlgießerei der MFL erläutert. Für die Durchführung und das Ergebnis einer Analyse ist die Definition der Zielstellung entscheidend. Dabei leitet sich die Zielstellung für die Systemanalyse direkt aus der Themenstellung der vorliegenden Arbeit ab. Die Themenstellung gibt hierbei an, dass im Rahmen der Arbeit die Anforderungen an ein MES-System erhoben werden müssen und basierend auf den Anforderungen Verbesserungspotenziale abgeleitet werden sollen. Somit besteht die Zielstellung der Analyse darin, dass die in der Fertigung der Stahlgießerei vorhandenen Schwachstellen aufgefunden werden sollen, die für die Definition von Anforderungen und die Ableitung von Verbesserungspotenzialen herangezogen werden können. Dabei sollen bei dieser umfassenden Analyse die aktuellen Prozesse und Vorgehensweisen analysiert und Mängel, die durch das Fehlen einer softwaretechnischen Unterstützung gemäß den Funktionalitäten eines MES-Systems entstehen aufgezeigt werden. Wichtig dabei ist, dass bei der Analyse jene Prozesse im Vordergrund stehen, die zur Erstellung und Verwertung von Informationen und Informationsobjekten eingesetzt werden, da diese Informationsbereitstellung zukünftig durch das MES-System sichergestellt werden soll. Somit muss ein MES-System die Informationsobjekte zum richtigen Zeitpunkt, an den richtigen Ort, in der richtigen Menge, in der richtigen Qualität bereitstellen.³²⁶ Dabei versteht man unter Information grundsätzlich eine Auskunft, Nachricht, Aufklärung über einem bestimmten Sachverhalt oder Zusammenhang.³²⁷ Wie aus dieser Definition hervorgeht, stellt Information nicht einen materiellen Zustand dar, sondern es handelt

³²⁵ Vgl. Krallmann (2007), S. 146 f.

³²⁶ Vgl. Koether (2011), S. 22.

³²⁷ Vgl. Wahrung (1977), S. 260.

sich dabei um immaterielle Daten, die unter anderem für die Herstellung der Produkte benötigt werden. Unter einem Objekt versteht man einen Gegenstand des Wahrnehmens, Erkennens und Denkens.³²⁸ Somit stellen Informationsobjekte den Gegenstand dar, der die Daten oder Informationen enthält. Informationsobjekte können zwischen den Personen ausgetauscht werden, damit die Informationen den Personen zugänglich gemacht werden. In der Analyse sollen daher die Prozesse inklusive den zur Informationsverteilung eingesetzten Informationsobjekten auf Schwachstellen hin untersucht werden.

4.3 Der strukturelle Aufbau der Gießerei

Die Definition der Systemgrenzen des zu analysierenden Systems stellt den zweiten Schritt in der Schwachstellenanalyse dar. Diese Systemgrenzen werden in diesem Teilkapitel festgehalten, wobei für deren Definition ein Verständnis des strukturellen Aufbaus der Gießerei essentiell ist. Wie im Kapitel 2 dargestellt, stellt die Gießerei einen eigenständigen Bereich innerhalb der MFL dar, und deshalb kann die Stahlgießerei auch funktional als autark betrachtet werden. Daher erfolgt die Systemanalyse nur für die Stahlgießerei und es wird kein anderer Fertigungsbereich der MFL in die Betrachtungen einbezogen. Die Gießerei lässt sich in drei Ebenen einteilen, die in der nachstehenden Abbildung dargestellt sind.

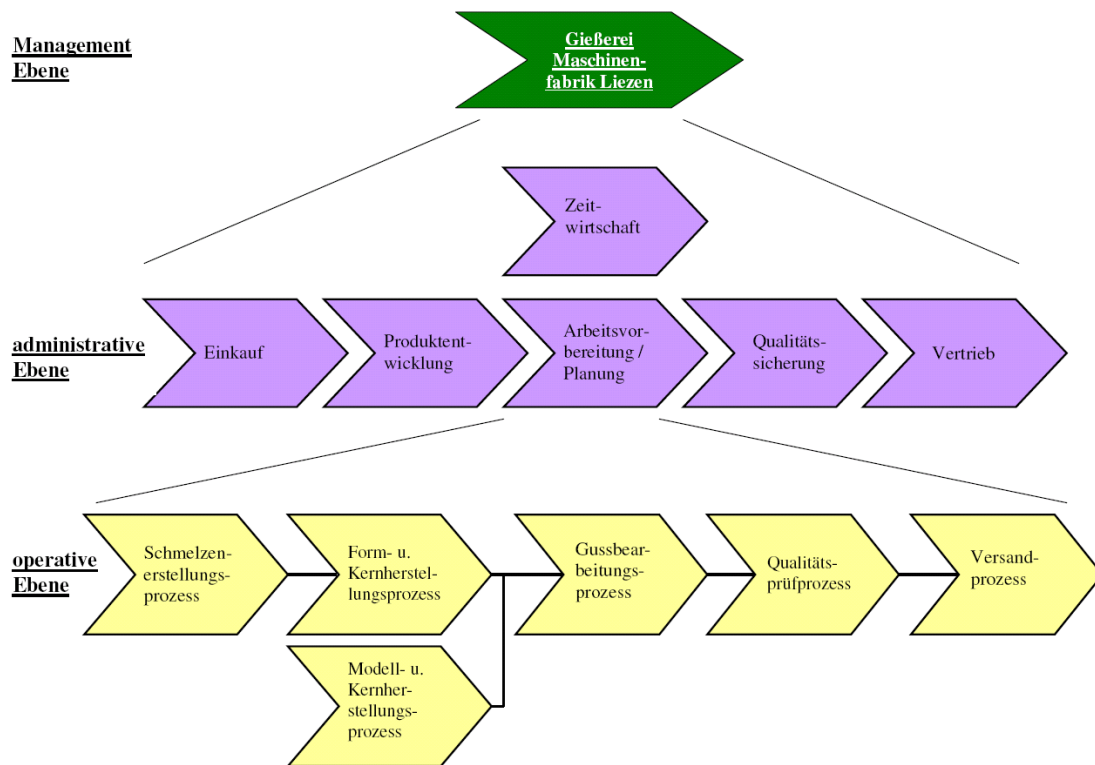


Abbildung 18: Prozessebenenendarstellung der Stahlgießerei³²⁹

Wie aus Abbildung 18 ersichtlich ist, kann die Stahlgießerei hierarchisch in die Managementebene, in die administrative Ebene und in die operative Ebene eingeteilt werden, wobei jeder Ebene eine unterschiedliche Funktion zukommt. In der Stahlgießerei lassen sich weiters konkrete Funktionsbereiche definieren, die einer der drei Unternehmensebenen zugeteilt werden können, wobei diese Funktionsbereiche die vorhandenen Kernprozesse in der Gießerei darstellen. Die Managementebene stellt den übergeordneten Funkti-

³²⁸ Vgl. Waring (1977), S. 435.

³²⁹ Quelle: eigene Abbildung.

onsbereich dar, die sich aus der Gießereileitung und dessen Stellenvertretung zusammensetzt. In diesem Funktionsbereich werden die strategischen Entscheidungen getroffen und die laufende Erfolgskontrolle durchgeführt. Dieser Bereich wird aufgrund der geringen Relevanz für ein MES-System in der weiterführenden Analyse nicht mehr inkludiert. In die administrative Ebene fallen die organisatorischen Kernprozesse, welche für die Produkterstellung notwendig sind. Dazu zählen der Einkauf, die Produktentwicklung, die Arbeitsvorbereitung³³⁰, die Qualitätssicherung, der Vertrieb und die Zeitwirtschaft. In der Gießerei wird die Produktion grundsätzlich dann angestoßen, wenn ein unterschriebener Kundenauftrag vorliegt. Der Kundenauftrag wird direkt vom Vertrieb in der administrativen Ebene entgegengenommen, und durchläuft gemäß einer definierten Reihenfolge die Funktionseinheiten der administrativen Ebene. Dieser Ablauf wird beim Vertrieb gestartet, läuft anschließend zur Produktentwicklung, weiters zur Arbeitsvorbereitung und abschließend zur Qualitätssicherung, wobei jeder Funktionsbereich eine direkte Verbindung zur operativen Ebene aufweist, sodass Anweisungen oder sonstige Informationen direkt weitergegeben werden können. In der operativen Ebene erfolgt weiters die physische Herstellung des Gussteils in der vom Kunden geforderten Qualität und Menge zum bestätigten Liefertermin. Die Abarbeitung der Kundenaufträge erfolgt in der Gießerei nach dem so genannten Push-Prinzip. Unter dem Push-Prinzip versteht man ein Prinzip, bei dem die laufende Weitergabe der Produkte gemäß dem im Ablaufplan festgelegten Arbeitsplätzen in den Funktionsbereichen erfolgt.³³¹ Somit durchläuft das Produkt die im Arbeitsplan vorgegebenen Arbeitsbereiche, die in der Abbildung 18 dargestellt sind und im Kapitel 2 näher erläutert worden sind. Die drei genannten Ebenen bilden somit das Grundgerüst der Fertigungsstruktur der Stahlgießerei. In den beiden nachstehenden Kapiteln wird näher auf die administrative und operative Ebene eingegangen und weiters die Abgrenzung des Analysebereiches durchgeführt.

4.3.1 Die administrative Ebene der Stahlgießerei

Die administrative Ebene enthält, wie dies aus der Abbildung 18 ersichtlich ist, mehrere Kernbereiche, die folgendermaßen intern bezeichnet werden: Einkauf, Produktentwicklung, Arbeitsvorbereitung, Qualitätssicherung, Vertrieb und Zeitwirtschaft. Diese Funktionsbereiche werden in diesem Teilkapitel etwas näher erläutert. Der Bereich des Einkaufs dient der bedarfsgerechten Beschaffung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, sowie der bedarfsgerechten Beschaffung von Zusatzstoffen inklusive Zukaufteilen, die für die Herstellung der Produkte benötigt werden. Dabei steht in der Einkaufsabteilung neben der Sicherstellung der Verfügbarkeit der genannten Stoffe vor allem das Bestandsmanagement im Vordergrund. Daher nimmt auch die Einkaufsabteilung eine geringere Bedeutung im Hinblick auf ein MES-System ein, sodass dieser Funktionsbereich für die weiteren Betrachtungen ausgegrenzt werden kann.

Das Arbeitsfeld der Produktentwicklung umfasst die Tätigkeiten der Entwicklung und Abbildung des Werkstückes gemäß den eingesetzten Verfahren und den vorhandenen Maschinen. Je nach Verfügbarkeit von Kundenzeichnungen wird entweder das ganze Gussstück neu entwickelt, oder dieses Gussstück basierend auf den Zeichnungen weiterentwickelt. Bei dieser Entwicklungsarbeit steht unter anderem die Abbildung des Gussstückes auf dem Modell inklusive die dazugehörigen Kernkästen im Vordergrund. Dafür bedarf es neben der Entwicklung des Gussteils auch der Entwicklung der Gießtechnik. Weiters werden die in der Produktentwicklung erstellten Pläne im Fertigungsbereich Modellbau in ein Modell oder einen Kernkasten umgesetzt. Da die Produktentwicklung eine geringe Rele-

³³⁰ auch Planung genannt.

³³¹ Vgl. Pawellek (2007), S. 67.

vanz im Hinblick auf ein MES-System aufweist, wird diese Abteilung weiterführend nur vereinzelt in Verbindung mit anderen Kernprozessen in die Betrachtungen einbezogen.³³²

Der Prozess der Arbeitsvorbereitung stellt die zentrale Einheit in der Fertigungssteuerung dar, da die Arbeitsvorbereitung die operative Umsetzung des Kundenauftrages umfasst. Die Tätigkeit der Arbeitsvorbereitung umfasst unter anderem die Planung hinsichtlich Kapazitäten, Auslastung, Durchlaufzeit, Materialfluss, Losgrößen, Stückzahlen, Chargenkombinationen, sowie teilweise die Beschaffung von Einsatzstoffen und die Erstellung von Arbeitsplänen. Zusätzlich fällt in den Aufgabenbereich der Arbeitsvorbereitung auch die komplette systemtechnische Abwicklung von Kundenaufträgen, inklusive der externen Bearbeitung von Gussteilen. Hinzu kommen noch Controllingtätigkeiten bei Fertigungsaufträgen und administrative Tätigkeiten in den eingesetzten Softwaresystemen. Somit stellt die Arbeitsvorbereitung die Produktionsabwicklung sicher, und stellt daher für die Einführung eines MES-Systems einen zentralen Kernprozess dar.

Die Qualitätssicherung stellt einen wichtigen Bereich im organisatorischen Umfeld dar, da ohne die Freigabe der Qualitätssicherung kein Gusstück ausgeliefert werden darf. Die organisatorischen Tätigkeiten in der Qualitätssicherung umfassen unter anderem die Bestimmung der durchzuführenden Prüfprozesse, die Einteilung der Prüfungsdurchführung, die Kalkulation der Prüfkosten, die Erstellung von Zeugnissen, die Analyse von Werkstoffproben und auch die Abnahmeprüfung von Gussteilen. Da die Qualitätssicherung einen wesentlichen organisatorischen und operativen Teilbereich darstellt, wird dieser Bereich auf jeden Fall in die Betrachtungen im Hinblick auf ein MES-System inkludiert.

Der Bereich des Vertriebs stellt die Schnittstelle zum Kunden hin dar und umfasst mehrere Aufgabenbereiche. Zu diesen zählen die Anfrageabwicklung und die Begleitung der Anfragephase bis zu einem unterschriebenen Auftrag. Zusätzlich umfassen die Tätigkeiten des Vertriebs die Abwicklung des Versandes, inklusive der Einleitung von Zahlungsflüssen zwischen Kunden und Lieferanten. Weiters fällt die komplette Reklamationsabwicklung, sowie auch die Weiterentwicklung der Kunden- Lieferantenbeziehung in den Aufgabenbereich des Vertriebes. Der Bereich des Vertriebs wird wegen der eher geringeren Relevanz im Hinblick auf ein MES-System nur mehr bei Bedarf in die Betrachtungen einbezogen.

Die Zeitwirtschaft umfasst die Tätigkeiten, die im Hinblick auf die Lohnverrechnung und Leistungserbringung erforderlich sind. Dies inkludiert die Errechnung des Leistungsgrades eines jeden Mitarbeiters, die Erstellung von Zeitvorgaben für die Arbeitsplätze und die Durchführung der Lohnverrechnung gemäß den gesetzlichen Vorgaben. Zusätzlich fallen in diesen Tätigkeitsbereich auch die Kontrolle der Leistungsdaten, sowie die systemtechnische Rückmeldung der Leistungsdaten auf die Fertigungsaufträge. Die Zeitwirtschaft stellt im Hinblick auf ein MES-System einen wichtigen Bereich dar und wird deshalb in die weiteren Betrachtungen inkludiert.

4.3.2 Die operative Ebene der Stahlgießerei

In der operativen Ebene der Stahlgießerei erfolgt die physische Produktherstellung, beginnend bei der Herstellung der flüssigen Schmelze bis hin zum fertigen Gusstück in der vom Kunden geforderten Qualität. Für die operative Abwicklung des Fertigungsprozesses sind mehrere Prozesse notwendig, welche von der Ausführungsform und der Geometrie des jeweiligen Gussteils abhängig sind. Wie vorher angemerkt besteht die operative Ebene aus mehreren Kernprozessen, die in der Abbildung 18 dargestellt worden sind. Wichtig dabei ist, dass die für die Analyse festgelegte Abgrenzung so erfolgt ist, dass die folgenden Kern-

³³² In Verbindung mit anderen Prozessen.

prozesse in die Analyse einbezogen werden: Schmelzenerstellungsprozess, Form- und Kernherstellungsprozess, Gussbearbeitungsprozess und Qualitätsprüfprozess. Alle betrachteten Kernprozesse bestehen wiederum aus Subprozesse, die zusammen den Output des jeweiligen Kernprozesses sicherstellen. Zum besseren Verständnis im Hinblick auf die Systemanalyse wird nachstehend auf diese Subprozesse näher eingegangen, wobei diese operative Prozesslandschaft in der Abbildung 19 dargestellt ist. Die farbliche Kennzeichnung der Subprozesse soll die Zugehörigkeit zu einem definierten Kernprozess darstellen. Die Pfeile geben die möglichen Materialflussrichtungen zwischen den Teilprozessen an. Dabei weist die Fertigung der Stahlgießerei eine hohe Flexibilität im Materialfluss auf, was aus den eingezeichneten Pfeilen der Teilprozesse in der Gussbearbeitung ersichtlich ist. Im Anschluss an die Abbildung erfolgt eine kurze Darstellung der Prozesslandschaft, wobei nur jene Aspekte besprochen werden, die nicht im Kapitel 2 diskutiert worden sind.

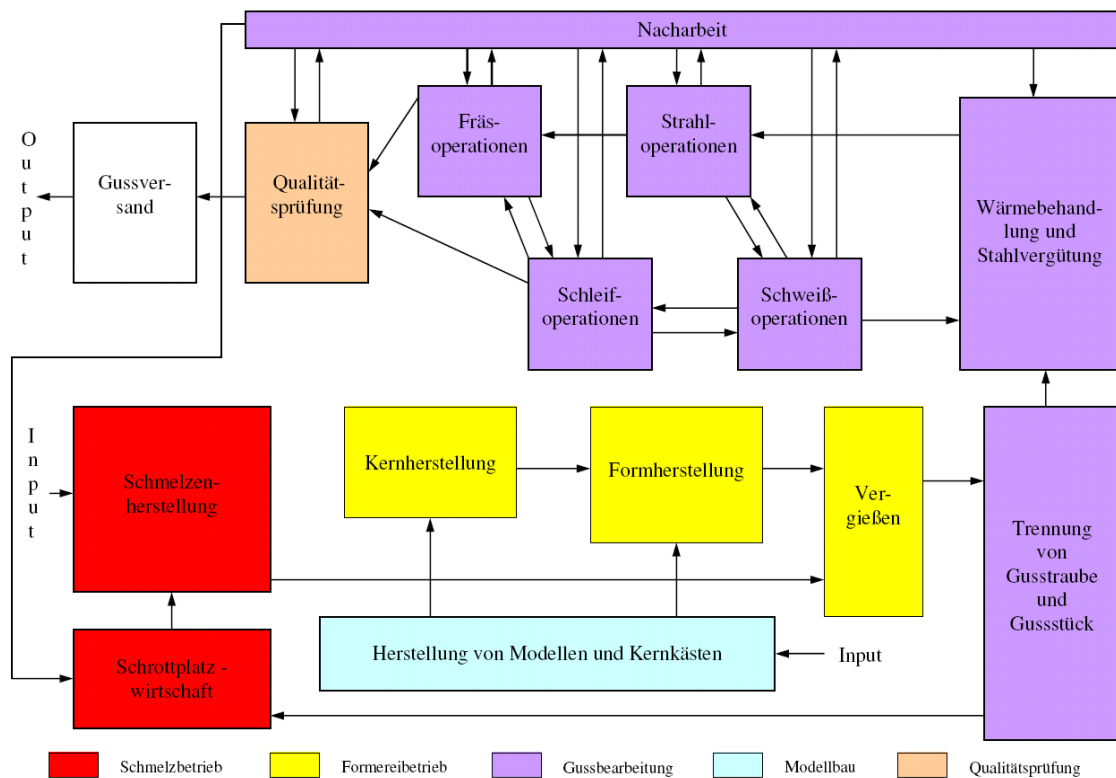


Abbildung 19: Prozessstruktur der Subprozesse in der Stahlgießerei³³³

Den Ausgangspunkt in der Fertigung der Stahlgießerei bildet der Prozess der Herstellung der Modelle und der Kernkästen, die für die Masken- und Kernproduktion benötigt werden. Die Erstellung des Modells und der Kernkästen bildet die Grundlage für den Produktionsstart und daher müssen, bevor die eigentliche Produktion gestartet wird, diese Fertigungseinrichtungen hergestellt werden. Der Teilprozess des Funktionsbereichs der Modell- und Kernkastenherstellung ist in der Abbildung in hellgrüner Farbe dargestellt. Die erstellten Kernkästen und Modelle werden zum Bedarfszeitpunkt an den Funktionsbereich der Formerei geliefert, wodurch der Form- und Kernherstellungsprozess gestartet werden kann. Alle Prozesse zur Form- und Kernherstellung müssen wiederum vor dem jeweiligen Schmelzenerstellungsprozess durchgeführt werden. Die Prozesse dieses Funktionsbereichs sind in der Abbildung gelb markiert. Wie daraus ersichtlich ist, müssen zunächst die Kerne hergestellt werden, damit diese anschließend in die Formmasken eingelegt werden können. Sind die Masken mit den jeweiligen Kernen endgefertigt, erfolgt gemäß zeitlicher Vorgabe

³³³ Quelle: eigene Abbildung.

die Erstellung der flüssigen Schmelze im Schmelzenerstellungsprozess. Die Prozesse im Funktionsbereich Schmelzbetrieb sind in der Abbildung in roter Farbe gekennzeichnet. Wie daraus ersichtlich ist, zählt neben der Herstellung der flüssigen Schmelze auch die komplette Schrottplatzwirtschaft zu diesem Bereich. Somit bedarf es zunächst der Entnahme der vorgegebenen Schrottsorten vom Schrottplatz, sowie der Entnahme von Legierungselementen aus den Wareneingangslagern, damit die flüssige Schmelze erstellt werden kann. Da am Schrottplatz laufend ungefähr 200 verschiedene Werkstoffqualitäten gelagert werden, und diese laufend wieder verflüssigt werden, stellt die Schrottplatzwirtschaft einen wichtigen Bestandteil in der Stahlgießerei dar. Der Gießprozess, also das Vergießen der flüssigen Schmelze in die Formmasken erfolgt im so genannten Vergießprozess. Dieser Prozess zählt zum Funktionsbereich der Formerei und zwar aus dem Grund, da die Förderanlage, die die Formmasken zur Gießstation fördert, organisatorisch zum Bereich der Formerei zählt. Ist die flüssige Schmelze vergossen worden und sind die Gussteile soweit abgekühlt, dass der nächste Prozessschritt gestartet werden kann, erfolgt die Bearbeitung des Gussteils im Funktionsbereich der Gussbearbeitung. Im Kapitel 2 wurden bereits die Prozesse, die bei der Gussbearbeitung durchgeführt werden genauer dargestellt und erläutert.³³⁴ Somit stellen die wichtigsten Prozesse die Trennprozesse, die Wärmebehandlungsprozesse, Schweißoperationen, Fräsoperationen, Schleifoperationen, Strahloperationen und der Nacharbeitsprozess dar. Grundsätzlich stellt der Trennungsprozess des Gusstückes von der Gusstraube den ersten Schritt im Gussbearbeitungsprozess dar. Dieser Schritt muss für jedes Gussteil durchgeführt werden, wobei die Trennmethodik von der Geometrie und dem Werkstoff abhängig ist. Anschließend wird jedes Gussteil einer Wärmebehandlung³³⁵ unterzogen, die jedoch von den vom Kunden geforderten Gusspezifikationen abhängig ist. Diese beiden Prozesse werden immer in derselben Reihenfolge durchgeführt. Nach erfolgter Wärmebehandlung kann ein betrachtetes Gusstück aber auf verschiedenen Arbeitsplätzen bearbeitet werden. Die Abarbeitungsreihenfolge ist im Arbeitsplan hinterlegt und wird bei der Probefertigung festgelegt. Die Auswahl des Materialflusses durch die Adjustage erfolgt basierend auf dem Werkstoff, der Geometrie des Gusstückes und den vom Kunden geforderten Spezifikationen. Wichtig dabei ist, dass aufgrund der laufenden Qualitätsprüfung im Prozess, Gussteile bereits während des Gussbearbeitungsprozesses einem Nacharbeitsprozess zugeführt werden. Der Nacharbeitsprozess beinhaltet nun grundsätzlich alle Operationen, die bei der Gussteilbearbeitung durchgeführt werden können. Wenn beispielsweise ein Gussteil an einer definierten Stelle nachgeschliffen werden muss, wird dieser Prozess am jeweiligen Arbeitsplatz durchgeführt, und erst im Anschluss der Folgeprozess gestartet.

Nach erfolgter Gussteilbearbeitung erfolgt die Prüfung der geforderten Spezifikationen, was im Rahmen des Qualitätsprüfprozesses durchgeführt wird. Auch die in der Gießerei angewendeten Prüfverfahren wurden bereits dargestellt und werden daher nicht näher erläutert.³³⁶ Wie beim Gussbearbeitungsprozess erfolgt die Festlegung der durchzuführenden Prozessschritte gemäß den im Probelauf festgelegten Prüfschritten, die einerseits auf Normvorgaben und andererseits auf Kundenvorgaben basieren. Weiterführend werden oftmals auch zusätzliche Prüfungen angeordnet, wenn beispielsweise Gussfehler in der Vergangenheit aufgetreten sind. Zusätzlich werden Gussteile, welche die Anforderungen nicht erfüllen, wenn möglich nachgearbeitet. Sind die Mängel allerdings zu groß, werden die Teile umgehend aussortiert. Werden die Teile als in Ordnung befunden, erfolgt die Anlieferung an den Gussversand, die Kommissionierung, sowie die Herstellung der Ver-

³³⁴ Siehe Teilkapitel 2.3.4.

³³⁵ Siehe Abbildung 5.

³³⁶ Siehe Teilkapitel 2.3.5.

sandbereitschaft inklusive dem Verladen der Gussteile. Der Versandprozess stellt den letzten Prozess in der operativen Ebene dar.

4.4 Kernprozesse und Informationsobjekte

In diesem Teilkapitel sollen die Kernprozesse im Hinblick auf die zu verarbeitenden Informationsobjekte dargestellt und erläutert werden. Grundsätzlich bedarf es für die Abwicklung eines jeden Prozesses definierte Informationen, welche am Beginn zur Verfügung gestellt werden müssen und somit einen Prozessinput darstellen. Auch während der Prozessausführung entstehen wieder Informationen, die in anderen Prozessen für die Prozessdurchführung benötigt werden, sodass diese Informationen einen Prozessoutput darstellen. Somit stehen die Kernprozesse nicht nur über den Materialfluss, sondern auch über den Informationsfluss miteinander in Beziehung, wobei ohne diese Informationen die Produkterstellung nur bedingt möglich ist. Als Träger der Information gelten so genannte Informationsobjekte, mit dessen Hilfe die Information physisch zwischen den Bedarfspunkten ausgetauscht wird. Als Informationsobjekte können Listen oder Datendokumente³³⁷ dienen. Damit die Anforderungen und die Verbesserungspotenziale durch die Einführung eines MES-Systems abgeleitet werden können, bedarf es der Analyse dieser Informationsobjekte und deren Erstellung. Zur Darstellung der Schnittstellen zwischen den Prozessen inklusive den Informationsobjekten wird das so genannte LIPOK-Modell herangezogen, welches nachstehend genauer erläutert wird.³³⁸ Das LIPOK-Modell erlaubt die Darstellung von Informationen oder Materialien, die an den Prozessschnittstellen übergeben werden, sodass auch bei dieser Systemanalyse das LIPOK-Modell herangezogen werden kann. Die Darstellung der Informationen auf den Informationsobjekten ist stark von der Sichtweise, die eine Person auf den Prozess haben muss, abhängig. Die Sichtweise beschreibt somit einerseits die für die Prozessausführung benötigte Information und andererseits den Blickwinkel auf die Fertigung, der für die Tätigkeitsabwicklung notwendig ist. So ist es beispielsweise nicht zielführend, dem Mitarbeiter im Schmelzbetrieb die Informationen über die Wärmebehandlung eines betrachteten Gussteiles zu übergeben. Da die Sichtweise sowohl für das Verständnis der Informationsobjekte, als auch für den Informationsbedarf des Kernprozesses wichtig ist, wird die Sichtweise bei der Prozessdarstellung inkludiert.

4.4.1 Eingesetzte Modelle zur Prozessdarstellung

Als Ausgangsmodell zur Darstellung der Prozessschnittstellen inklusive den Informationsobjekten wurde wie erwähnt das so genannte LIPOK-Modell herangezogen. Im Vergleich zu anderen Darstellungsformen wie beispielsweise den Klassendiagrammen oder den Anwendungsfalldiagrammen³³⁹, weist das LIPOK-Modell den Vorteil auf, dass dieses Modell die systematische Darstellung der Schnittstellen zwischen dem Prozess und seiner Umwelt ermöglicht.³⁴⁰ Dadurch wird es möglich, eine klare Abgrenzung der Prozesse mit ihren Input- und Outputfaktoren zu erhalten, und gleichzeitig eine graphische Darstellung der Informationen und oder Materialien, die in den betrachteten Prozess eingehen oder vom Prozess generiert werden, zu erhalten. Die Abkürzung LIPOK steht für die folgenden Bezeichnungen: L Lieferant, I Input, P Prozess, O Output, K Kunde. Wichtig dabei ist, dass das LIPOK-Modell nicht unbedingt nur auf externe Kunden und Lieferanten angewendet

³³⁷ Zum Beispiel Excel-Tabellen.

³³⁸ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 242.

³³⁹ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 97 ff., S. 107 ff.

³⁴⁰ Weiterführende Literatur zu Darstellungsmethoden siehe Krallmann et al. (2007), S. 89 ff.; Scheer (2001), S. 10 ff.; Becker et al. (2003), S. 100 ff.; Fürermann/Dammasch (2008) S. 37 ff.; Hall et al. (2005), S. 4 ff.

werden kann, sondern sich vielmehr auch auf die innerbetrieblichen Prozesse anwenden lässt. In der Abbildung 20 ist das LIPOK-Modell nach Krallmann abgebildet.³⁴¹

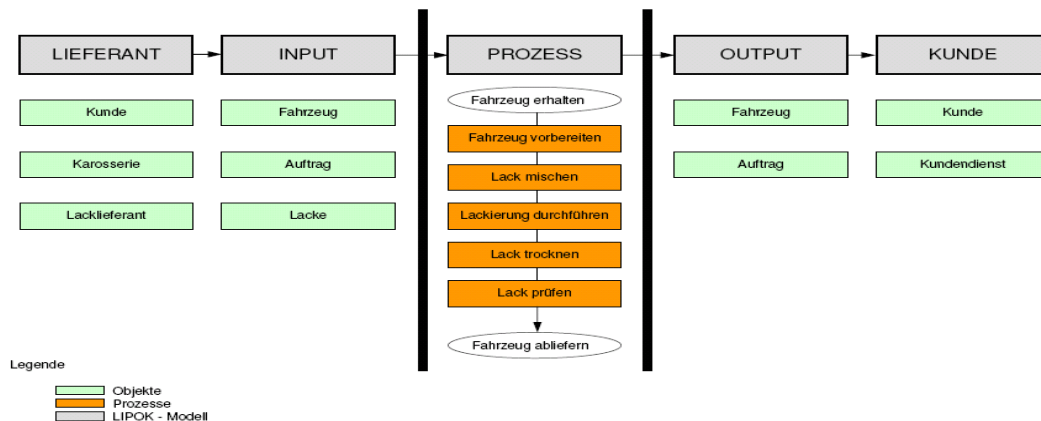


Abbildung 20: Beispiel LIPOK-Modell³⁴²

Wie aus Abbildung 20 ersichtlich ist, werden im LIPOK-Modell sowohl Objekte, als auch Prozesse dargestellt. Das LIPOK-Modell soll in diesem Rahmen dafür eingesetzt werden, dass die Schnittstellen der Kernprozesse mit den in den Prozess eingehenden und bei der Prozessabwicklung entstehenden Informationsobjekten dargestellt werden. Der Grund für diese Einschränkung ist der, dass ein Kernprozess mit weiteren Modellierungsverfahren besser dargestellt werden kann. Die weitere graphische Darstellung der einzelnen Prozessschritte ist in Form von so genannten Flussdiagrammen erfolgt. Flusspläne dienen der graphischen Darstellung des Prozessablaufes in definierten Systemgrenzen, wobei dabei die Beziehungen der einzelnen Prozessschritte untereinander mittels festgelegten Symbolen dargestellt sind.³⁴³ Dabei werden bei der Analyse alle für die MES-Systemeinführung relevanten Subprozesse, auf diese Art dargestellt.³⁴⁴

Bei der Darstellung der Kernprozesse der Stahlgießerei werden ausschließlich interne Prozesse dargestellt.³⁴⁵ Der Grund für diese Einschränkung liegt darin, dass ein MES-System eine Software zur Unterstützung des innerbetrieblichen Fertigungsmanagement darstellt und somit auch nur die innerbetrieblichen Prozesse beeinflusst. Aufgrund dieser Einschränkung nehmen auch die externen Kunden und die externen Lieferanten keine wichtige Rolle in der Analyse ein. Unter externe Kunden und externe Lieferanten versteht man Kunden oder Lieferanten, die nicht zum betrachteten Unternehmen gehören.³⁴⁶ Zusätzlich zu diesen externen Kunden und Lieferanten werden meist auch interne Kunden und Lieferanten definiert. Unter internen Kunden und Lieferanten versteht man Personen, die dem betrachteten Prozess vorgelagert oder nachgelagert sind, und direkt das betrachtete Objekt empfangen oder weitergeben.³⁴⁷ Auch die internen Kunden und Lieferanten nehmen aufgrund der Tatsache, dass für die Implementierung eines MES-Systems die Informationsbereitstellung und -verarbeitung und nicht aber der Ersteller oder der Empfänger im Vordergrund steht, keine wichtige Rolle ein. Aus diesen Gründen und zur besseren Darstellung des Sachverhaltes wird das LIPOK-Modell auf ein IPO-Modell reduziert, wodurch die Input- und Outputobjekte besser sichtbar gemacht werden, und auch die Systemabgren-

³⁴¹ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 242.

³⁴² In Anlehnung an Krallmann et al. (2007), S. 242.

³⁴³ Vgl. Fürmann/Dammasch (2008), S. 40 ff.

³⁴⁴ Weiterführende Literatur zu Flussplan siehe Krallmann et al. (2007), S. 116; Fürmann/Dammasch (2008), S. 40 ff.

³⁴⁵ Siehe Teilkapitel 4.3.

³⁴⁶ Vgl. Koether (2011), S. 426.

³⁴⁷ Vgl. Koether (2011), S. 426 ff.

zung der Kernprozesse besser dargestellt werden kann. Diese Anpassung ist unbedingt notwendig, um eine transparente Darstellung der vorhandenen Informationsobjekte und deren Zuweisung zu einem Prozess zu erreichen. Die durch den Einsatz des IPO-Modells gewonnene Transparenz hinsichtlich den Informationsobjekten und den Prozessen wird für die weiteren Betrachtungen als Basis benötigt.

Für die Darstellung der Prozessschritte und deren Relation wurde wie erwähnt das Flussdiagramm als Modellierungsmethode herangezogen. Der Grund für dieses weitere Modell besteht darin, dass die Darstellung im LIPOK-Modell nur auf die Prozessdarstellung inklusive den Input- und Outputfaktoren ausgerichtet ist. Damit aber auch vor allem die Prozesse zur Generierung der Informationen zwischen den Unternehmensebenen vollständig modelliert werden können, bedarf es für die Prozessdarstellung der exakten Aufgliederung der Prozessschritte. Dies betrifft vor allem die Darstellung der Grobplanung und der Feinplanung in der Stahlgießerei. Die Kombination zwischen LIPOK-Modell und Flussdiagramm ist auch aus der Abbildung 20 ersichtlich, da unter dem Abschnitt „Prozess“ ein Flussdiagramm dargestellt ist. Im Vergleich zu den anderen Modellen wie dem Aktivitätsdiagrammen oder den Petri-Netzen weist das Flussdiagramm den Vorteil auf, dass es einfach zu erstellen ist, aber dennoch die Darstellung von Entscheidungssituationen ermöglicht. Dabei beschränkt sich die Entscheidungsfindung auf einfache Entweder oder Entscheidungen, die für den betrachteten Anwendungsfall aufgrund der Prozessstruktur in der Stahlgießerei ausreichend ist.³⁴⁸ Diese beiden erläuterten Modelle werden nachstehend für die Systemmodellierung für die genannten Aufgabenbereiche eingesetzt.

4.4.2 Der Prozess der Arbeitsvorbereitung

Der Prozess der Arbeitsvorbereitung stellt den zentralen Prozess für die Fertigungssteuerung dar. Dabei erfolgt in diesem Kernprozess die Verarbeitung der Inputinformationsobjekte, welche von den Kernprozessen des Vertriebs, der Produktentwicklung, der Zeitwirtschaft und auch direkt vom Kunden geliefert werden. Die in der Arbeitsvorbereitung generierten Informationsobjekte werden in den Kernprozessen des Vertriebs, der Produktentwicklung, der Schmelzenerstellung, der Form- und Kernherstellung, der Gussbearbeitung und der Qualitätsprüfung verarbeitet. Somit bilden die oben angeführten Schnittstellen auch die Systemgrenzen zur Arbeitsvorbereitung. Nachstehend sind die Informationsobjekte, welche in den Kernprozess eingehen und vom ihm generiert werden, dargestellt.

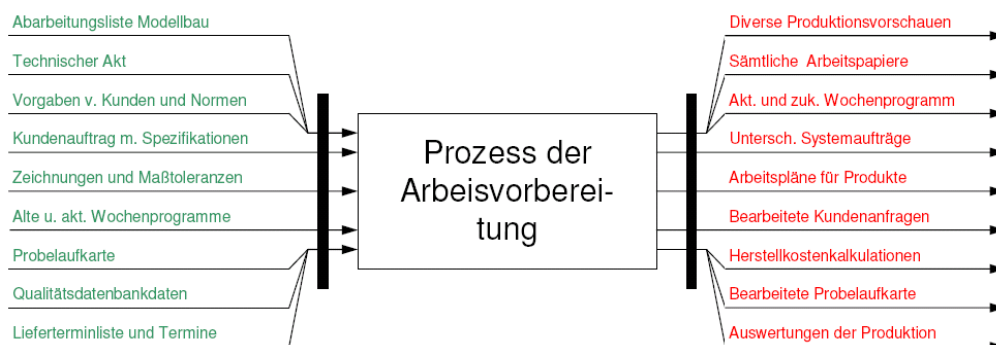


Abbildung 21: IPO-Darstellung Prozess der Arbeitsvorbereitung³⁴⁹

Die in Abbildung 21 angeführten Informationsobjekte enthalten die wesentlichen Informationen, welche durch den Kunden an das Produkt gestellt werden, und die in ein fertiges

³⁴⁸ Vgl. Krallmann et al. (2007), S. 116 f.

³⁴⁹ Quelle: eigene Abbildung.

Endprodukt umzusetzen sind. Die wichtigsten Informationen stellen unter anderem der Liefertermin, die Stückzahlen, Zeichnungen und die Werkstoffanforderungen dar. Zusätzlich müssen in der Arbeitsvorbereitung Informationen hinsichtlich den aktuellen Kapazitäten, der Personalverfügbarkeit, der Anlagenverfügbarkeit, der Chargenanzahl, der Arbeitsplätze und auch der Vorgängeraufträge, eingeholt werden. Diese Informationen werden allesamt zusammengeführt und in weitere Informationsobjekte übersetzt, die ihrerseits für die operative Durchführung der Fertigungssteuerung eingesetzt werden. Eines der wesentlichsten Informationsobjekte stellt das Wochenprogramm³⁵⁰ dar. Die Informationen, die im Wochenprogramm dargestellt sind, umfassen den Liefertermin, die Chargenanzahl, den Werkstoff, die Formmaschine, die Modellnummer und die Produktbezeichnung. Neben dem Wochenprogramm bedarf es weiters der Umsetzung des Kundenauftrages in einen Systemauftrag der im SAP erstellt wird. Der Prozess der Auftragsumsetzung, sowie die dafür benötigten Auftragstypen werden in den folgenden Teilkapiteln näher dargestellt.³⁵¹

Die Sichtweise für die Produktionsabwicklung ist eine, bei der alle Auftragstypen zeitlich und gemäß der Zuordnung zu den Arbeitsplätzen dargestellt sind. Weiters muss die Darstellung den Arbeitsvorrat und die aktuellen Kapazitäten auf den Arbeitsplätzen beinhalten, damit eine transparente Sicht der Fertigung erhalten wird. Eine weitere Sichtweise auf die Fertigung, welche ermöglicht werden muss ist jene, dass die Systemzustände und Szenarien dargestellt werden können, um Produktionseinflussfaktoren aufzeigen zu können. Dabei wäre die Simulation der Systemzustände für eine effiziente und zielgerichtete Feinplanung wichtig. Aufgrund der Tatsache, dass viele Arbeitsplätze den Einsatz von Humanressourcen benötigen, bedarf es auch einer Sichtweise auf die aktuelle Personalverfügbarkeit.

4.4.3 Der Prozess der Zeitwirtschaft

Der Kernprozess der Zeitwirtschaft stellt für die Erhebung und Verrechnung der erbrachten Leistung, sowie für die Vorgabezeiten, und die tatsächlichen Zeiten, einen wichtigen Prozess dar. Im Rahmen der Zeitwirtschaft werden Informationsobjekte vom Kernprozess der Schmelzenerstellung, der Form- und Kernherstellung, der Gussbearbeitung, der Qualitätsprüfung, der Produktentwicklung und weiteren organisatorischen Bereichen, sowie von gesetzlichen Institutionen verarbeitet. In weiterer Folge werden die im Zeitwirtschaftsprozess generierten Informationsobjekte in den Kernprozessen der Schmelzenerstellung, der Form- und Kernherstellung, der Gussbearbeitung, der Qualitätsprüfung, der Arbeitsvorbereitung und anderen organisatorischen Funktionsbereichen verarbeitet. Somit bilden die genannten Funktionsbereiche die Abgrenzung zu diesem Kernprozess. Nachstehend sind die Informationsobjekte aus Input- und Outputsicht dargestellt.

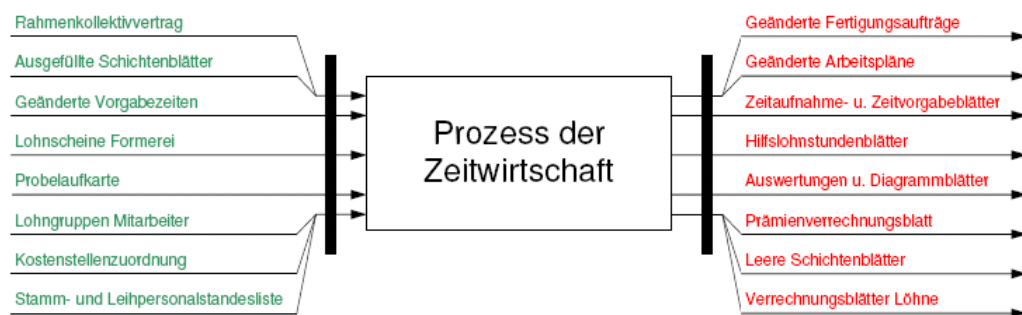


Abbildung 22: IPO-Darstellung Prozess der Zeitwirtschaft³⁵²

³⁵⁰ Siehe Abbildung 27.

³⁵¹ Siehe Teilkapitel 4.5 und 4.6.2.

³⁵² Quelle: eigene Abbildung.

Das wichtigste Informationsobjekt für den Prozess der Zeitwirtschaft stellt das Schichtenblatt in digitaler Form oder in papierbasierter Form dar. Auf den Schichtenblättern befinden sich alle Leistungsdaten wie die Anwesenheitszeit, bearbeitetes Produkt, bearbeitete Stückzahlen, Arbeitsplatz und auch eventuelle Zeitzuschläge. Für den Funktionsbereich der Formerei stellt der Lohnschein, der bei der Erstellung von Fertigungsaufträgen automatisch erstellt wird, das Dokument mit den Leistungsdaten dar. Auf diesem Informationsobjekt trägt der Mitarbeiter seine Stückzahlen und die benötigte Zeit ein, die für die Bearbeitung des Produktes benötigt worden sind. Diese Daten werden bei der Leistungslohnermittlung in ein Excel-Datenblatt übertragen und daraus der Prämiengrad errechnet. Weiters werden Informationen zur Grundlohnhöhe eines Mitarbeiters, Sicherungsdurchschnitt³⁵³, Zulagen, Kostenstellenzuordnung, Lohngruppe, Zeitaufnahmen, Neuprodukte, Reihenfolge von Neuprodukten und Zeitzuschläge im Prozess der Zeitwirtschaft verarbeitet.

Die Sichtweise, die für die Abwicklung des Prozesses der Zeitwirtschaft benötigt wird ist eine, bei der die gesamte Leistung eines Mitarbeiters eingesehen werden kann. Dabei muss der ausführende Mitarbeiter in der Zeitwirtschaft einen Überblick über die Rückmeldungen der Fertigungsmitarbeiter hinsichtlich der Leistungserbringung haben und gleichzeitig bei Bedarf in die Zeitvorgaben eingreifen können. Eine zweite Sichtweise stellt die Sicht auf jene Systemaufträge dar, bei denen auf den Arbeitsplätzen noch Zeitaufnahmen fehlen. Diese Sicht ist deshalb wichtig, da der Prämiengrad nur errechnet werden kann, wenn eine Zeitaufnahme vorhanden ist.

4.4.4 Der Schmelzenerstellungsprozess

Der Kernprozess der Herstellung der flüssigen Schmelze stellt den operativen Ausgangspunkt in der Fertigung der Stahlgießerei dar. Für die Erstellung der flüssigen Schmelze werden auf der Inputseite Informationsobjekte vom Kernprozess der Form- und Kernherstellung, der Arbeitsvorbereitung und von der Qualitätssicherung verarbeitet. Daher grenzt sich der Schmelzenerstellungsprozess auf der Inputseite direkt von diesen Funktionsbereichen ab. Auf der Outputseite werden Informationsobjekte generiert, die auch in den Kernprozess der Form- und Kernherstellung, der Arbeitsvorbereitung, der Zeitwirtschaft und der Qualitätssicherung benötigt werden. Diese Bereiche verarbeiten somit die im Schmelzenerstellungsprozess generierten Informationsobjekte. Nachstehend sind wiederum die Informationsobjekte auf der Input- und Outputseite für diesen Kernprozess dargestellt.

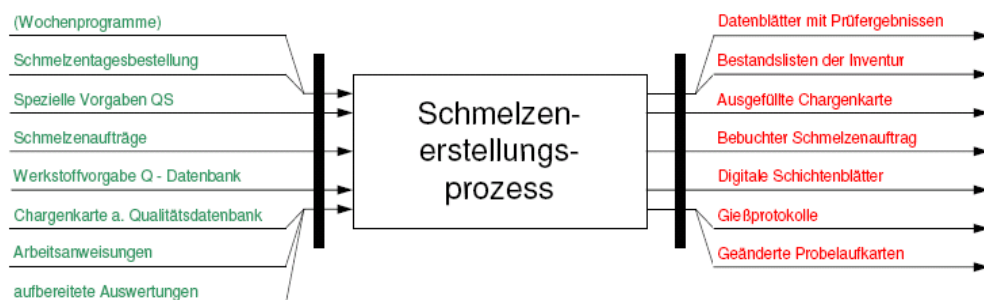


Abbildung 23: IPO-Darstellung Schmelzenerstellungsprozesses³⁵⁴

Zum wichtigsten Informationsobjekt auf der Inputseite zählt die Schmelzentagesbestellung. In diesem Blatt sind die zu fertigenden Schmelzen, der Werkstoff, die Menge, die Gieß-

³⁵³ Siehe Teilkapitel 4.5.4.

³⁵⁴ Quelle: eigene Abbildung.

temperatur, sowie auch das jeweilige Produkt eingetragen.³⁵⁵ Zusätzlich stellt die Chargenkarte mit den enthaltenen Basisinformationen ein wichtiges Informationsobjekt dar. In der Chargenkarte befindet sich unter anderem die genaue Angabe der Legierungsbestandteile für den zu fertigenden Werkstoff. Zu diesen Informationen wird weiters Wissen über aktuelle Lagerbestände der Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, und Wissen über den Schmelzprozess hinsichtlich Verschlackung und Sekundärmetallurgie benötigt.

Die Sichtweise, die für den Schmelzenerstellungsprozess benötigt wird ist eine, bei der die flüssige Schmelze im Zentrum der Betrachtung steht. Dabei steht vor allem die Einhaltung der vom Kunden geforderten Werkstoffqualität im Vordergrund. Um dies sicherstellen zu können, bedarf es des Überblicks über aktuelle Bestände von Kreislaufmaterial und Legierungselementen, sowie Informationen über die zu erstellenden Chargen. Auch die Personalsicht, die für eine definierte Anzahl von Schmelzen erforderlich ist, stellt einen wichtigen Bestandteil dar, und muss zur Verfügung gestellt werden.

4.4.5 Der Form und Kernherstellungsprozess

Im operativen Form- und Kernherstellungsprozess erfolgt die Herstellung der Formen und Kerne, die für die Produktion benötigt werden. Auf der Inputseite werden vom Form- und Kernherstellungsprozess Informationsobjekte des Kernprozesses der Arbeitsvorbereitung, der Produktentwicklung, der Zeitwirtschaft und der Qualitätssicherung verarbeitet. Die bei dem Kernprozess generierten Informationsobjekte bilden den Input für den Kernprozess der Arbeitsvorbereitung, der Zeitwirtschaft, der Produktentwicklung, der Qualitätssicherung und der Gussbearbeitung. Nachstehend sind die Informationsobjekte dargestellt.

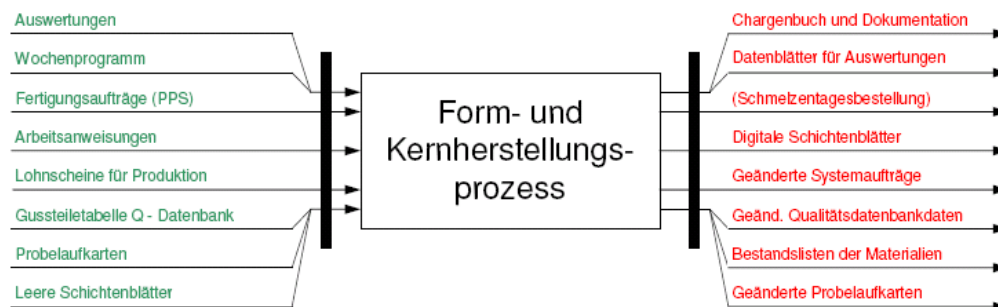


Abbildung 24: IPO-Darstellung Form- und Kernherstellungsprozess³⁵⁶

Für die Prozessabwicklung sind mehrere Informationen notwendig, wobei das wichtigste Informationsobjekt das Wochenprogramm darstellt. Die Informationen, welche im Wochenprogramm enthalten sind, wurden an anderer Stelle aufgelistet³⁵⁷, wobei im Wochenprogramm die Fertigungskapazitäten und eine Vorselektion der Produkte inkludiert sind. Zu diesem Wochenprogramm werden weitere Informationen benötigt: Verfügbarkeit von Modellen und Kernkästen, Prioritäten der Reihenfolgeabarbeitung, Gussteilgewicht, Gießtechnikgewicht, Gießtemperatur, Chargengröße, Gießkistentype, Maskenformat, Rüstzeiten, Werkstoffqualität und Verfügbarkeit von Einsatzmaterialien. Diese sind allesamt in den Informationsobjekten, die in Abbildung 24 dargestellt sind, enthalten.

Die Sichtweise, die benötigt wird ist eine, die eine Verbindung zwischen flüssiger Schmelze, dem Produkt, und deren zeitliche Abarbeitungsreihenfolge ermöglicht. Wichtig ist, dass als Prozessoutput das Produkt in Form einer Gusstrabe im Mittelpunkt steht. Somit muss die

³⁵⁵ Siehe Abbildung 31.

³⁵⁶ Quelle: eigene Abbildung.

³⁵⁷ Siehe Teilkapitel 4.4.2.

prozessverantwortliche Person einerseits eine Sicht auf die Schmelzenerstellung inklusive der Reihenfolge haben, und andererseits eine Sicht auf die Modell- und Kernkastenherstellung inklusive einer Sicht auf die zeitliche Abarbeitungsfolge der Produkte haben. Da die Feinplanung in der Stahlgießerei durch den Meister erfolgt, bedarf es der Sicht auf die offenen Kundenaufträge, und auch einer Sicht auf das verfügbare Personal.

4.4.6 Der Gussbearbeitungsprozess

Der Kernprozess der Gussteilebearbeitung stellt den größten Prozess in der Fertigungsabwicklung der Stahlgießerei dar. Auch für die Abwicklung dieses Prozesses sind mehrere Informationsobjekte aus verschiedenen Funktionsbereichen notwendig. Im Gussteilebearbeitungsprozess werden Informationsobjekte vom Kernprozess der Arbeitsvorbereitung, der Produktentwicklung, dem Vertrieb, der Zeitwirtschaft und der Qualitätssicherung verarbeitet. Im Gegensatz dazu dienen die generierten Informationsobjekte als Inputobjekte für den Kernprozess der Qualitätssicherung, der Zeitwirtschaft, der Produktentwicklung und der Arbeitsvorbereitung. Nachstehend sind die Informationsobjekte dargestellt.

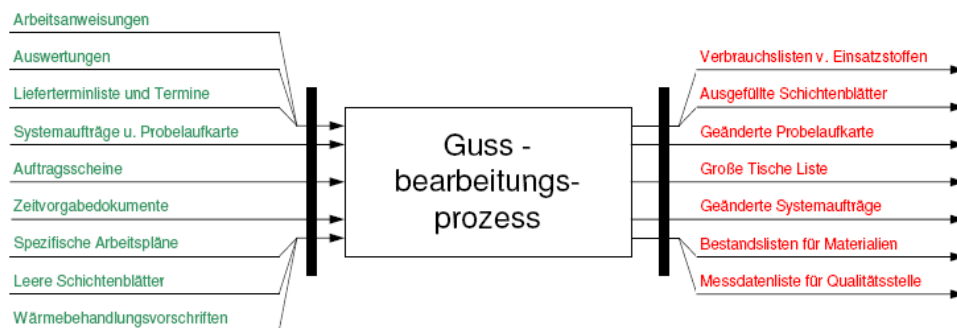


Abbildung 25: IPO-Darstellung Gussbearbeitungsprozess³⁵⁸

Eines der wichtigsten Informationsobjekte stellt die Lieferterminliste dar, die Informationen über Liefertermine, Bestellnummer, Kunden, Artikel und Mengen enthält.³⁵⁹ Die nächsten wesentlichen Informationsobjekte stellen die Fertigungsaufträge dar, die den Prozessdurchlauf des Gussteiles festlegen. Darin enthalten sind unter anderem Informationen über Stückzahlen, Arbeitsplatzreihenfolgen, Vorgabezeiten, Rückmeldebarcodes und Kostenstellen. Dieses Dokument ist aufgrund der Bearbeitungsreihenfolge, die ein Produkt in der Gussbearbeitung zu durchlaufen hat, essentiell. Weiters sind Informationen hinsichtlich der Bearbeitungsarten, den Wärmebehandlungsarten, Qualitätsvorgaben, Schweißvorschriften, Werkstoff, verschiedener Normen, Abtrennungsmethodiken und der Anlagenstatus von den verwendeten Aggregaten für die qualitative Prozessabwicklung notwendig.

Die Sichtweise, welche für den Gussbearbeitungsprozess benötigt wird, muss die Verknüpfung zwischen Lieferterminen, Restbearbeitungszeit, Arbeitsplatzverfügbarkeit und Personalverfügbarkeit ermöglichen. Diese Punkte sind für das Prozessergebnis in der geforderten Qualität essentiell. Dabei muss die Abarbeitungsreihenfolge für eine Produktionswoche festgelegt werden, wodurch erst die Feinplanung der Arbeitsplätze erfolgen kann. Hier spielt der aktuelle Status eines Auftrages mit den Ankunftszeiten, sowie auch der Arbeitsvorrat auf dem Arbeitsplatz, eine wichtige Rolle. Die Kapazitäten und die Auslastungssituation in der Wärmebehandlung muss weiters in die Sichtweise inkludiert werden.

³⁵⁸ Quelle: eigene Abbildung.

³⁵⁹ Siehe Abbildung 32.

4.4.7 Prozess der Qualitätssicherung und Qualitätsprüfung

Der Prozess der Qualitätsprüfung stellt jenen Kernprozess dar, der die geforderten Produktspezifikationen prüft. Auf der Inputseite werden Informationsobjekte vom Kunden, Normierungsinstituten und von den Kernprozessen der Arbeitsvorbereitung, der Schmelzenerstellung und dem Vertrieb verarbeitet. Diese Funktionsbereiche stellen die Systemgrenze auf der Inputseite dar. Auf der Outputseite werden Informationsobjekte dieses Kernprozesses in vielen Funktionsbereichen verarbeitet. Somit muss die Systemgrenze auf der Outputseite für den Prozess der Qualitätssicherung zur Arbeitsvorbereitung, Schmelzenerstellung, Form- und Kernherstellung, Gussbearbeitung, Zeitwirtschaft, Vertrieb und Kunden gesetzt werden. Nachstehend werden diese Informationsobjekte dargestellt.

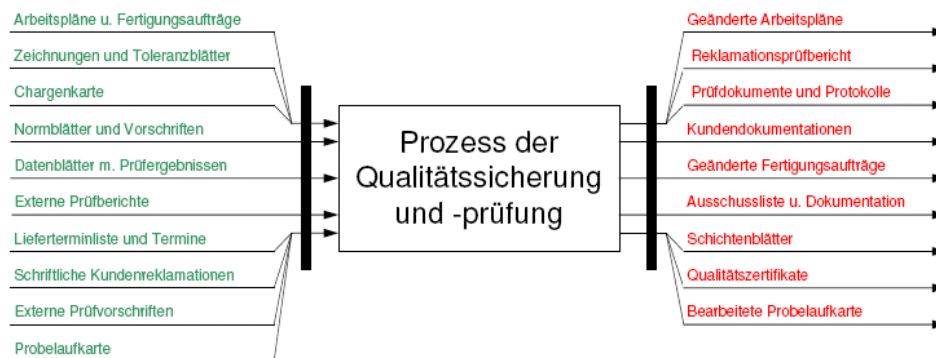


Abbildung 26: IPO-Darstellung Prozess der Qualitätssicherung³⁶⁰

Für die Reihenfolgeplanung in diesem Prozess bedarf es der Lieferterminliste, deren Informationen erläutert wurden.³⁶¹ Zu den weiteren Informationsobjekten zählen Normblätter, hinsichtlich Werkstoff und Bearbeitung der Gussteile. In den Normen sind Informationen über Legierungszusammensetzungen oder Schweißspezifikationen festgehalten. Hinzu kommen noch kundenindividuelle Vorgaben, die bei der Produktprüfung geprüft werden müssen. Zu den weiteren Informationen zählen Zeichnungen mit Maßtoleranzen, Oberflächengüte, Rundungen, spezielle Informationen zur Prüfdurchführung, Arbeitspläne, Prüfpläne und Prüfanweisungen. Alle diese Informationen müssen an den Arbeitsplätzen für die Mitarbeiter vorhanden sein, damit die Spezifikationsprüfung erfolgen kann.

Für diesen Fertigungsbereich sind mehrere Sichtweisen auf den Produktionsprozess notwendig. Die erste Sichtweise ist auf die Werkstoffzusammensetzung ausgerichtet. Dabei besteht das Hauptaugenmerk in der Einhaltung der Normvorgaben hinsichtlich der Härte, der Zugfestigkeit und der Kerbschlagempfindlichkeit des Gussstückes. Die zweite wesentliche Sichtweise betrifft die Reihenfolgeplanung im Rahmen des Prüfprozesses in der Qualitätssicherung. Dabei muss die Sicht auf die Liefertermine, auf die zu durchlaufenden Arbeitsplätze, sowie auch auf die dafür notwendigen und vorhandenen Kapazitäten gewährleistet werden. Dies inkludiert auch den Anlieferzeitpunkt von Gussteile an die Prüfplätze.

Nach der Analyse der Informationsobjekte inklusive den wichtigsten darin enthaltenen Informationen erfolgt im nächsten Schritt die genaue Darstellung des Produktionsplanungsprozesses. Der Produktionsplanungsprozess stellt die durchgängige Darstellung der Planungsabfolgen für die Produkterstellung in der Gießerei dar. Die Basis für diese Betrachtungen stellen die Informationsobjekte sowie, auch die dargestellten Prozesse dar. Dabei werden nachstehend jene Prozesse genauer analysiert, die für die Definition von

³⁶⁰ Quelle: eigene Abbildung.

³⁶¹ Siehe Teilkapitel 4.4.6.

Anforderungen und die Ableitung von Verbesserungspotenzialen essentiell sind. Der Grund für die weiterführende Analyse ist der, dass erst durch die genaue Kenntnis dieser Prozessschritte beziehungsweise dieser Prozessabläufe die möglichen Schwachstellen im Hinblick auf die Implementierung eines MES-Systems sichtbar gemacht werden.

4.5 Produktionsplanungsprozess

Im nachfolgenden Teilkapitel wird basierend auf den Kernprozessen und den Informationen aus den Informationsobjekten direkt auf die Auftragsabwicklung und Planung in der Stahlgießerei eingegangen. Für die Analyse der Auftragsabwicklung und der Planung ist eine detailliertere Darstellung ausgewählter Prozesse notwendig. Basierend auf den im Betrachtungszeitraum eingegangenen Kundenaufträgen, erfolgt die Erstellung eines Grobplanes durch einen Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung. Die so erhaltenen Grobpläne werden weiterführend in einen Feinplan umgesetzt, wobei dieser Feinplan die zeitnahe Abarbeitung der Fertigungsaufträge umfasst. Für die Abwicklung der Grob- und Feinplanung werden mehrere Informationsobjekte³⁶² benötigt, wobei diese Informationsobjekte für die Einführung eines MES-Systems und die daraus generierbaren Potenziale entscheidend sind. Um eine durchgängige Darstellung des Informationsflusses zu erhalten, bedarf es neben der Auftragsabwicklung weiters der innerbetrieblichen Kommunikation und der Leistungsverrechnung der Mitarbeiter. In diesem Teilkapitel wird der Planungsprozess analysiert und weiters die innerbetriebliche Kommunikation und die Leistungslohnverrechnung beleuchtet. Dabei werden zum besseren Verständnis auszugsweise die bei der Prozessmodellierung erstellten Flusspläne angeführt. Alle Flusspläne sind im Anhang weiterführend dargestellt.

4.5.1 Grobplanung der operativen Funktionsbereiche

Die Grobplanung stellt einen Planungsbereich in der Gießerei dar, der sich übergreifend über mehrere Kernprozesse erstreckt. Dies bedeutet, dass beispielsweise die Grobplanung für den Form- und Kernherstellungsprozess sowohl den Prozess der Arbeitsvorbereitung als auch den Form- und Kernherstellungsprozess gleichermaßen betrifft. Somit kann für die weiterführenden Betrachtungen festgehalten werden, dass die Grobplanung in der Stahlgießerei einen übergreifenden Prozess zwischen Kernprozessen darstellt, dessen Datenaustausch über die oben angeführten Informationsobjekte erfolgt.

Unter der Grobplanung versteht man grundsätzlich eine Phase in der Planung, in der sämtliche Einflussgrößen erfasst werden und mehrere unterschiedliche Prozessvarianten hinsichtlich Materialfluss, Raumnutzung, Ausbaufähigkeit und Automatisierungsgrad erarbeitet werden.³⁶³ Legt man diese Definition auf die Fertigung um, so wird in der Grobplanung ein grober Raster im Hinblick auf den Bearbeitungszeitraum betrachtet und darin, die zur Verfügung stehenden Kapazitäten mit den zur Bearbeitung benötigten Kapazitäten in Beziehung gesetzt.³⁶⁴ In der Arbeitsvorbereitung erfolgt die Erstellung der Grobplanung in zwei Etappen. Zunächst erfolgt die Eingabe der Aufträge in ein eigenes Programm, welches fast unabhängig vom ERP-System arbeitet. In diesem Programm wird das Wochenprogramm erstellt, was den Produktionsgrobplan für den Form- und Kernherstellungsprozess darstellt. In einem zweiten Schritt erfolgt die systemtechnische Umsetzung, der im Wochenprogramm festgelegten Produkte im ERP-System, wobei für einen Kundenauftrag mehrere Systemaufträge generiert werden.³⁶⁵ Für den Gussbearbeitungsprozess, sowie auch für den

³⁶² Siehe Teilkapitel 4.4.

³⁶³ Vgl. Koether (2011), S. 245 f.

³⁶⁴ Vgl. Kletti (2006), S. 16.

³⁶⁵ Siehe Teilkapitel 4.6.2.

Prozess der Qualitätsprüfung stellt die aus dem ERP-System generierte Lieferterminliste, inklusive der abstimmenden Besprechung, die Grobplanung dar. Nachfolgend wird näher auf die einzelnen Prozessschritte zur Erstellung der Grobpläne eingegangen, wobei hierbei das Wochenprogramm im Mittelpunkt der Betrachtungen steht. Die Erhebung der Prozesse der Grobplanung ist mittels physischer Verfolgung der Informationsflüsse erfolgt.

Den Ausgangspunkt dieses Prozesses stellt ein Kundenauftrag dar, der in einen Grobplan, und weiters in einen Fertigungsauftrag umgesetzt werden soll. Bei einem Kundenauftrag kann es sich um ein Neuprodukt, oder um ein Produkt, welches bereits bei einem früheren Auftrag gefertigt worden ist, handeln. Zusätzlich kommt es vor, dass ein vormals gefertigtes Produkt für die neue Serie gemäß Kundenanforderung abgeändert werden muss. Diese Unterscheidung der Produkte ist für die Fertigungsgrobplanung und die Auftragsumsetzung essentiell, da sich der Fertigungsablauf der Aufträge dadurch unterscheidet. Bei einem Neuprodukt kommen neben der Serienfertigung auch das Engineering, die Modell- und Kernkastenherstellung, und die komplette Probefertigung hinzu. Dabei wird zunächst das Modell, oder der Kernkasten im Modellbau gemäß dem Fertigstellungstermin hergestellt. Nach Abschluss der Arbeiten am Modell oder am Kernkasten erfolgt die Probefertigung, wobei in diesem Rahmen festgestellt wird, ob ein Modell oder Kernkasten nochmals geändert werden muss. Erst wenn alle Spezifikationen bei der Probefertigung eingehalten werden, wird der Auftrag für die Serienfertigung freigegeben. Oftmals sind mehrere Probeabgüsse notwendig, die jeweils in die Grobplanung durch den Planer eingeplant werden müssen. Wie viele Abgüsse und Änderungen notwendig sind, kann nur sehr schwer abgeschätzt werden, wodurch eine Planungsunsicherheit besteht. Aufträge, bei denen einfache Änderungen durchzuführen sind, können etwas einfacher in die Grobplanung inkludiert werden. Wichtig dabei ist, dass auch im Falle einer Änderung eines Produktes auf jeden Fall eine Probefertigung mit gleicher Dokumentation wie bei einem Neuprodukt durchgeführt werden muss. Auch in diesem Fall besteht die Gefahr, dass mehrere Probeabgüsse notwendig werden, was die Grobplanung der Aufträge beeinflusst. Den geringsten Unsicherheitsfaktor weisen jene Aufträge auf, die kein Neuprodukt darstellen und keiner Änderung unterworfen sind. In diesem Fall kann die Produktion umgehend beginnen, und somit auch das Produkt in den Grobplan eingearbeitet werden. Anzumerken ist, dass die Serie eines Produktes nur dann eingeplant werden kann, wenn die Probefertigung abgeschlossen ist, sodass für das betrachtete Produkt immer nur der nächste Probeabguss in den Grobplan eingeplant werden kann. Die oben beschriebenen Punkte müssen für jeden Kundenauftrag vor der eigentlichen Grobplanung erhoben und spezifiziert werden.

Die Einplanung eines Kundenauftrages in das Wochenprogramm erfolgt in mehreren Tätigkeitsfolgen. Im ersten Schritt wird der Kundenauftrag auf die benötigten Lose gerechnet, was in der Stahlgießerei eine Ofencharge darstellt. Eine Ofencharge liegt zwischen 3.000 und 7.500 Kilogramm flüssiger Schmelze, wobei die Chargengröße von der Gießtemperatur, Wirtschaftlichkeit und Auftragsgröße abhängig ist. Die Losgröße für eine Charge errechnet sich dabei aus der möglichen Ofenkapazität und dem Gewicht der Gusstraube, da das Gusstraubengewicht das Gesamtgewicht pro Maske inklusive Speiser, Lüfter und Gießtechnik darstellt. Dieser Gewichtswert wird bei der Probefertigung durch einen Wiegeprozess erhoben und direkt in die Probelaufkarte eingetragen. Je nach dem, wie viele Gusstrauben pro Maske vorhanden sind, und wie viele Gussstücke eine Gusstraube enthält ist es möglich, die benötigte Stückzahl auf die Anzahl der Masken umrechnen. Dadurch ist es möglich, basierend auf den Masken die Menge der benötigten Schmelze zu ermitteln. Die Losgröße wird nach dem ersten Probeabguss direkt im ERP-System hinterlegt, sodass sich die Chargenzahl direkt aus der vom Kunden bestellten Menge ermitteln lässt.

Im Anschluss an diesen Prozess führt der Planer eine Rückwärtsterminierung des Auftrages durch, bei dem der spätest mögliche Starttermin ermittelt wird. Der so erhaltene Start-

termin bildet die Basis für die Einplanung der Aufträge, wobei die Einplanung in einer Accessdatenbank durchgeführt wird.³⁶⁶ Die Entscheidung, wann ein Auftrag eingeplant wird, ist vom Starttermin, vom Liefertermin und von der Anzahl der Chargen, die für den betrachteten Auftrag benötigt werden abhängig. Wesentlich für die Terminierung der Aufträge ist die Unterscheidung zwischen Projektaufträgen und konventionellen Aufträgen. Bei Projektaufträgen muss der Liefertermin unter allen Umständen eingehalten werden, wofür es eines Puffers in der Terminplanung bedarf. Dabei werden größere Projekte oftmals auf mehrere Wochen aufgeteilt, sodass eine kontinuierliche Produktfertigung und somit eine kontinuierliche Auftragsabwicklung erreicht wird. Die Einplanung eines Projektauftrages erfolgt unabhängig von der vorhandenen Kapazität. Dies stellt vor allem für Aufträge, die nahe am Liefertermin liegen ein Problem dar, da teilweise die übrigen Aufträge verschoben werden müssen.

Nach erfolgter Einplanung der projektbezogenen Aufträge erfolgt die Einplanung der übrigen Aufträge in das Wochenprogramm. Dabei weisen die zu produzierenden Aufträge verschiedene Prioritäten auf, die meist vom Vertrieb vergeben werden. Bei der Einplanung müssen weiters auch Aufträge der Vorwochen, die nicht gefertigt werden konnten, wiederum eingeplant werden. Dieser gesamte Pool an Fertigungsaufträgen muss gemäß dem errechneten Liefertermin, den Prioritäten, und den restlichen zur Verfügung stehenden Kapazitäten eingeplant werden. Für Aufträge, die nicht in den Grobplan eingearbeitet werden können, bedarf es der Abstimmung mit der Gießereileitung, die die letzte Entscheidungsinstanz dargestellt. Durch diese Abläufe entsteht ein Grobplan für den Form- und Kernherstellungsprozess, der papierbasiert weitergegeben wird. Die Ausführungsform dieses Wochenprogramms und die enthaltenen Informationen sind in der Abbildung 27 dargestellt.

Wochenprogramm, KW 21/10							von: 24.05.2010
							bis: 30.05.2010
Ch.	Stk.	Modellnr.	Bezeichnung	Bemerkung	Msk	Werkstoff	LT
EO I							
1		1291	Raupenglied AM 105 II		HO	GS42CrMo4	22
4		1292	Gußrohling 60 mm HE84LD		HoB	SG50.2	22
2		1636	Zahn Z13 LO 4428B	28	HoB	GS28CrSiMo865	19
1		1715	Spitz Zahn Z13P LO 4352A		SH	GS28CrSiMo865	22
2		1718	Zahn Z13CL LO 6207A	aus KW.20	SH	GS28CrSiMo865	20
4		1813	Bügel		Sh	GS45.3	24
1		1962	CH-Automat-einteilig	aus KW.20	Ho	GS24Mn6	20
1		6102	Deckel - "Delle"		Sh	AldurS52	21
1	122	6149	Raupenglied MB610 straight pads		HoB	GS42CrMo4	22
2	115	6150	Raupenglied MB610 without pads		HoB	GS42CrMo4	22
2		6074	Adapterplatte Motor		Ho	AldurS52	22
	5	6221	Konsole für Drehdämpfer wgz. RT	Probelaufkarte	HoB	AldurS52	
	5	6222	Konsole für Drehdämpfer spg. RT	Probelaufkarte	HoB	AldurS52	

Abbildung 27: Auszug Wochenprogramm³⁶⁷

Wie in Abbildung 27 dargestellt, sind im Wochenprogramm viele Informationen für die Produkterstellung eingetragen. So sind die Ofenchargenzahl, die Modellnummer, die Produktbezeichnung, die Formmaschine, der Werkstoff und auch der Liefertermin eingetragen. Alle diese Informationen sind für die Erstellung des Feinplanes im Form- und Kernherstellungsprozesses, sowie im Schmelzerstellungsprozess notwendig.³⁶⁸ Das Wochenprogramm wird im Rahmen mehrerer Besprechungen diskutiert und fixiert. Erst nach der Freigabe des Programms, wird aktuell mit der Umsetzung der Fertigungsaufträge im ERP-System begonnen, wobei dafür mehrere Auftragsstypen generiert werden, die der verein-

³⁶⁶ Siehe Teilkapitel 4.6.1.

³⁶⁷ Quelle: Maschinenfabrik Liezen (2010), S. 17.

³⁶⁸ Siehe Teilkapitel 4.5.2.

fachten Abarbeitung des Kundenauftrages dienen. Die übrigen Planungstätigkeiten erfolgen außerhalb des ERP-Systems.

Für den Bearbeitungsprozess, sowie für den Qualitätsprüfprozess existiert nur bedingt ein Grobplan, da diese Prozesse von den Vorgängerprozessen abhängig sind. Die Grobplanung in diesen Bereichen erfolgt auf Basis der Lieferterminliste, die direkt aus dem ERP-System ausgedruckt wird. Darin sind alle Liefertermine für die Kundenaufträge enthalten. Diese Liste stellt zusammen mit dem aktuellen Auftragsfortschritt die Ausgangsbasis der Planung dar. Da es aber keine eindeutige Trennlinie zwischen Grobplanung und Feinplanung in diesen Bereichen gibt, erfolgt die Darstellung der weiterführenden Planung bei der Diskussion des Feinplanes.³⁶⁹ Nachstehend ist der Prozess der Grobplanung in der Arbeitsvorbereitung zur Erstellung des Wochenprogramms graphisch dargestellt.

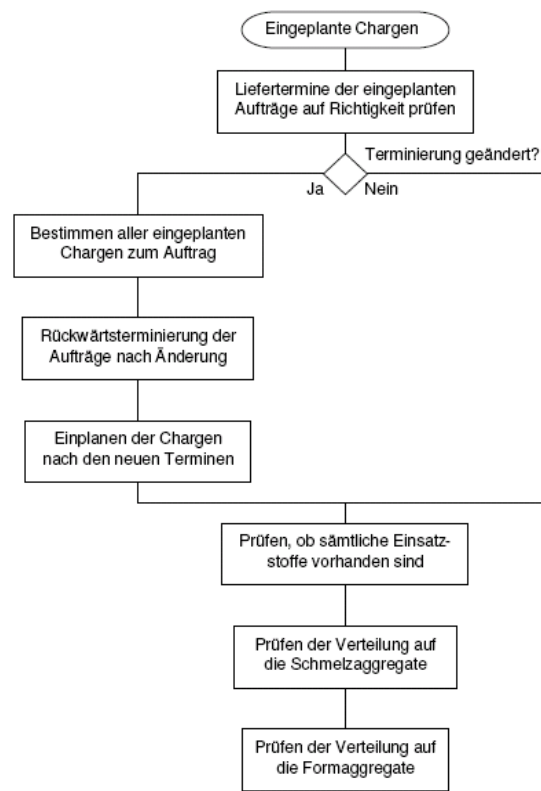


Abbildung 28: Erstellung des Wochenprogramms³⁷⁰

4.5.2 Feinplanung der operativen Funktionsbereiche

Basierend auf den vorgestellten Informationsobjekten und der Grobplanung kann weiterführend die Feinplanung in der Produktion erfolgen. Unter der Begrifflichkeit Feinplanung versteht man eine Phase in der Planung, in der eine Gesamtkonzeption hinsichtlich des Materialflusssystem, Lagersystems und der Informations- und Steuerungssystem entwickelt wird, mit dem Ziel der Realisierungsvorbereitung für das Materialflusssystem.³⁷¹ Im Hinblick auf die Produktion erfolgt bei der Feinplanung eine Zuweisung der Aufträge zu den einzelnen Arbeitsplätzen, wodurch die sukzessive Bearbeitung durchgeführt wird. Die Feinplanung wird auch als operative Auftragsplanung bezeichnet.³⁷² Die Ausgangsbasis für

³⁶⁹ Siehe Teilkapitel 4.5.2.

³⁷⁰ Quelle: eigene Abbildung.

³⁷¹ Vgl. Koether (2011), S. 245 ff.

³⁷² Vgl. Thiel et al. (2010), S. 257.

die Feinplanung des Schmelzenerstellungsprozesses und des Form- und Kernherstellungsprozesses bildet das Wochenprogramm. Für den Bearbeitungsprozess und für den Qualitätsprüfprozess, bildet die Lieferterminliste den Ausgangspunkt der Feinplanung. Die nachstehend angeführten Prozesse wurden bei einem betriebsinternen Workshop festgelegt, die Prozessschritte weiters in der Fertigung erhoben und daraus die Ablaufpläne erstellt.

Feinplanung des Form- und Kernherstellungsprozesses

Den ersten zentralen Prozess für die Feinplanung stellt der Form- und Kernherstellungsprozess dar. Das Wochenprogramm enthält grundsätzlich alle Einheiten, die in der Produktionswoche zu fertigen sind. Den Startzeitpunkt für die Feinplanung im Formereiprozess bildet die Produktionsbesprechung am Dienstag der Vorwoche. Dabei wird ein Entwurf des Wochenprogramms von der Arbeitsvorbereitung vorgelegt, diskutiert und soweit wie möglich fixiert. Die vorzeitige Festlegung der Fertigungschargen ist wichtig, da die Produktion der Kerne bereits vor der eigentlichen Produktionswoche, gestartet werden muss. Für die Erstellung eines Feinplanes in dem genannten Prozess sind mehrere Schritte erforderlich, die in der nachfolgenden Abbildung dargestellt sind.

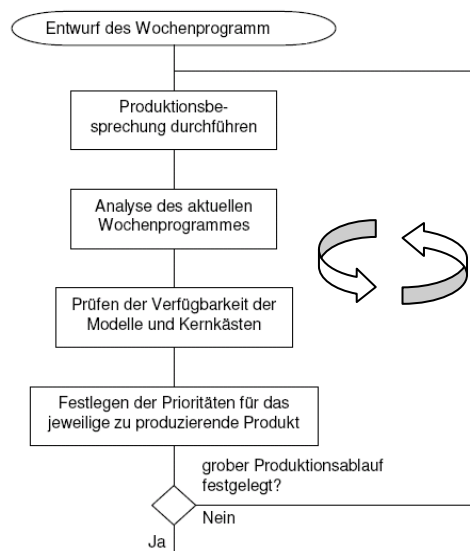


Abbildung 29: Erster Feinplanungsschritt im Form- und Kernherstellungsprozess³⁷³

Nach erfolgter Produktionsbesprechung wird durch den Formereimeister und in Abstimmung mit den Vorarbeitern ein grober Feinplan erstellt, der viele spezifische Einflussfaktoren enthält. Die Schritte dafür sind in der Abbildung 29 dargestellt. Ein Aspekt für den Feinplan stellen die Prioritäten, welche in der Produktionsbesprechung vergeben worden sind, dar. Diese bestimmen, ob ein Produkt eher am Beginn, oder eher am Ende der Produktionswoche gefertigt wird. Einen weiteren Einflussfaktor für die Reihenfolgedefinition stellt die Verfügbarkeit der Fertigungseinrichtung dar. In diesem Fall muss der Formereimeister die Verfügbarkeit der benötigten Modell- und Kernkasteneinrichtungen bei der Erstellung des groben Feinplanes prüfen. Dabei wird zunächst geprüft, ob ein Produkt kernintensiv ist, oder nicht. Unter einem kernintensiven Produkt versteht man ein Produkt, bei welchem mehrere Kerne in eine Formmaske eingelegt werden müssen. Dies ist deshalb wichtig, da die Kerne vor der Maskenherstellung gefertigt werden müssen. Daher wird geprüft, ob diese Kernkästen zu den geforderten Terminen vorhanden sind, oder bis zum Startzeitpunkt fertig gestellt werden können. Ähnliches gilt auch für die Modelleinrichtungen, wobei auch hier die Verfügbarkeit und der Fertigstellungstermin überprüft

³⁷³ Quelle: eigene Abbildung.

werden. Zusätzlich zur Verfügbarkeit bedarf es auch der Abstimmung der Produktionsmengen der Kerne und der Formmasken, damit die geforderte Auftragsstückzahl erreicht wird. Alle diese und weitere Einflussgrößen werden zur Erstellung des ersten groben Fertigungsplanes durch den Meister erhoben, und in einem tagesbasierten Ablaufplan eingeteilt. Dieser Feinplan muss in der aktuellen Produktionswoche bei der Kernherstellung berücksichtigt werden, sodass die Kerne zum Startzeitpunkt der Maskenherstellung zur Verfügung stehen.

Am Donnerstag vor der betrachteten Produktionswoche wird noch eine Produktionsbesprechung abgehalten und neuerlich ein Feinplan gemäß dem beschriebenen Ablauf³⁷⁴ erstellt. In dieser Besprechung erfolgen die konkrete Festlegung des Wochenprogramms, sowie die endgültige Festlegung der Produktprioritäten. Da es häufig vorkommt, dass sich die Prioritäten im Vergleich zur Vorbesprechung vom Dienstag ändern, muss der Feinplan teilweise neu erstellt werden. Diese Umplanung führt aber weiters dazu, dass ein neuer, aber nun fixer Feinplan für die betrachtete Produktionswoche erhalten wird. Diese Umplanung erfolgt unter Berücksichtigung derselben Aspekte wie jene, die in den groben Feinplan eingeflossen sind. Der auf diese Art erstellte Feinplan bildet die Basis der Produktion der Folgeweche. In der Abbildung 30 ist ein Feinplan für einen Produktionstag dargestellt.

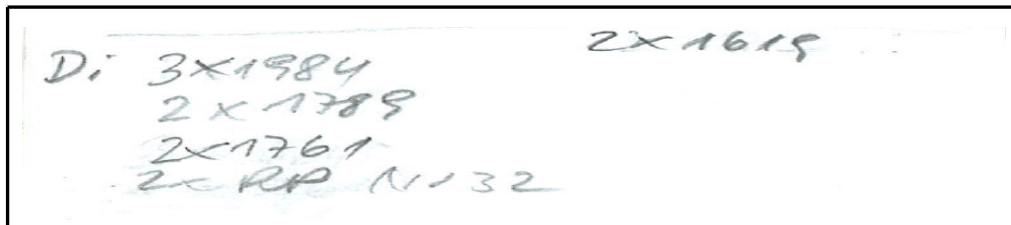


Abbildung 30: Tagesprogramm im Form- und Kernherstellungsprozess

Wie aus dieser Abbildung ersichtlich ist, wird der Feinplan in handschriftlicher Form papierbasiert erstellt, und liegt somit auch nur beim Formereimeister auf. Dieser Feinplan wird für jeden einzelnen Produktionstag in einer Produktionswoche festgelegt, wobei eine tägliche Anpassung des Feinplanes an die geänderte Fertigungssituation erfolgt. Diese tägliche Anpassung erfolgt zu Arbeitsbeginn des Meisters für die nächsten 24 Stunden, und ist ab diesem Zeitpunkt bindend. Dieser Feinplan ist aber nicht allen planungsverantwortlichen Personen bekannt. So ist diese Abarbeitungsfolge beispielsweise dem Planer in der Arbeitsvorbereitung nur teilweise bekannt. Dies geht sogar soweit, dass dieser Feinplan nicht einmal von allen Personen gelesen werden kann, da eine eigene Bezeichnungsform gewählt worden ist. Dabei steht die Zahl vor dem „*“ Zeichen für die Anzahl an Chargen, die von dem Produkt für eine Produktionsfolge benötigt werden. Die Zahl nach dem „*“ Zeichen bezeichnet die Modellnummer, also das zu fertigende Produkt. Sind mehrere Produkte mit einem „+“ Zeichen verbunden, so werden diese Produkte gemeinsam beim Gießprozess gegossen. Wie aus dieser kurzen Erklärung ersichtlich ist, stellt der Feinplan für diesen Prozess ein komplexes Dokument dar, das viele Einflussfaktoren enthält. Der gesamte Flussplan ist wiederum im Anhang zum besseren Verständnis angefügt.

Feinplanung des Schmelzenerstellungsprozess

Die Feinplanung für den Schmelzenerstellungsprozess ist weniger aufwendig, als die Reihenfolgeplanung im Form- und Kernherstellungsprozess. Der Grund für den geringeren Aufwand ist der, dass die Reihenfolgeplanung im Schmelzprozess direkt auf dem Feinplan

³⁷⁴ Siehe Abbildung 29.

des Formereimeisters aufbaut. Daher ist die Reihenfolge durch die Festlegungen im Form- und Kernherstellungsprozess vordefiniert. Die Information über die konkrete Reihenfolge erhält der Schmelzbetriebsmeister über die Schmelzentagesbestellung. Nachstehend ist ein Auszug einer Schmelzentagesbestellung dargestellt.

Ofen	Menge	Qualität	Al.	Temp.	Gießart	Muschel	Zeit	Schmelzen-Bestellung für
								10.11.10
FeI	6800	B542Cr1Mo4	40	1600°	SI	f35		15 Ki - Raupenglied L1761
	6000							
	7600	G22NiMoCrV5bA		1550°	SI	f35		9 Ki - Antriebsgabel L6139
	4000	G22Mn7 ⁴⁴ _{unkl.}	40	1600°	SI	f35		10 Ki - Riegel
	7600	G22NiMoCrV5bA		1550°	SI	f35		9 Ki - Antriebsgabel L6139
	4000	G22Mn7 ⁴⁴ _{unkl.}	40	1600°	SI	f35		10 Ki - Riegel

Abbildung 31 Schmelzentagesbestellung

Wie aus der Abbildung 31 ersichtlich ist, enthält die Schmelzentagesbestellung die Zuweisung einer Schmelze zu einem Ofen, die benötigte Menge, die vorgegebene Temperatur und auch das zu fertigende Produkt. Die Abarbeitung der Schmelzentagesbestellungen erfolgt von oben nach unten, wodurch die Reihenfolge der Bereitstellung vordefiniert ist. Alle Daten der Schmelzenbestellung werden durch den Formereimeister erhoben und in dieses Dokument eingetragen. Durch die Bereitstellung dieses Dokumentes bedarf es für den Schmelzbetriebsmeister keiner weiteren Feinplanungstätigkeit. Die Hauptaufgabe des Meisters besteht in der Einhaltung der geforderten Werkstoffqualität und nicht in der Feinplanung oder Reihenfolgeplanung.

Feinplanung im Gussbearbeitungsprozess

Die Feinplanung des Gussbearbeitungsprozesses basiert im Gegensatz zur Feinplanung im Form- und Kernherstellungsprozess auf anderen Informationsobjekten. Den großen Schnittpunkt in der Produktion, der auch die Trennlinie der beiden Feinplanungsformen darstellt, bildet die Ausleerstation.³⁷⁵ Ab diesem Zeitpunkt erfolgt die Feinplanung ausschließlich basierend auf zugesagten Lieferterminen, die in der Lieferterminliste enthalten sind. Dabei darf man sich die Feinplanung des Form- und Kernherstellungsprozesses nicht so vorstellen, dass die Liefertermine nicht berücksichtigt werden, sondern vielmehr fließen die Liefertermine in das Wochenprogramm ein. Auch im Gussbearbeitungsprozess bildet eine Besprechung die Ausgangsbasis für die Feinplanung. In der Lieferterminbesprechung wird dabei festgelegt, welche Gussteile in der Produktionswoche endgefertigt werden müssen, und welchen Status die übrigen Produkte aufweisen müssen. Dabei wird die Lieferterminliste aus dem SAP-System, Produkt für Produkt besprochen und die Prioritäten festgelegt. Zum besseren Verständnis ist ein Ausschnitt dieser Lieferterminliste dargestellt.

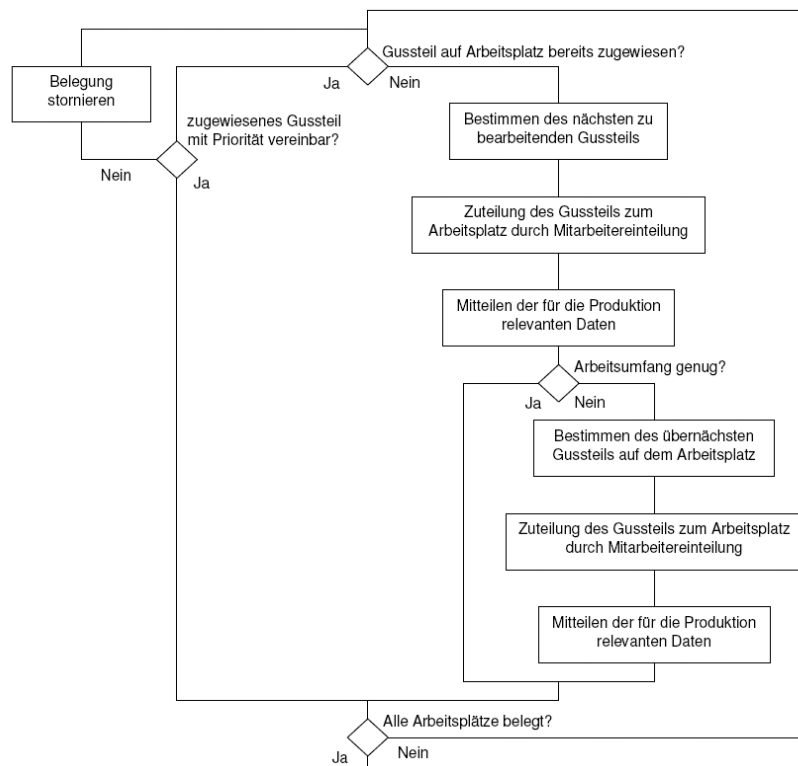
13.09.2010 B2313333 6514	IBS GmbH Raupenglied IBS L 1667	41166709 R31E014930	260 ST 96 ST	222 ST 222 ST
04.10.2010 B2213301 EB10-034733	Heimberger GmbH Schwenkgehäuse 0107 L 1722	41172209 0107.2600R131	18 ST 18 ST	- ST ST
04.10.2010 B2213510 EB10-035088	Heimberger GmbH Schwenkgehäuse 0107 L 1722	41172209 0107.2600R131	600 ST 600 ST	ST -18 ST
20.09.2010 B2313309 202416	Halßen GmbH Kugel-Universalkopf Lst. 6-10 L 1726	41172609 0568.010-00004	616 ST 616 ST	ST ST
20.08.2010 B2313433 203425	Halßen GmbH Kugel-Universalkopf Lst. 3-5 L 1785	41178509 0568.010-00003	2.000 ST 248 ST	ST ST

³⁷⁵ Siehe Kapitel 2.

Abbildung 32 Lieferterminliste mit Prioritäten für den Gussbearbeitungsprozess

Wie aus der Abbildung 32 ersichtlich ist, werden die Liefertermine, sowie auch teilweise die Tage der Fertigstellung festgehalten. Je nach Priorität und den noch zu durchlaufenden Fertigungsschritten wird vom Meister der Adjustage basierend auf den Ergebnissen der Lieferterminbesprechung ein Tagesprogramm erstellt. Dabei muss der Meister alle in der Terminbesprechung zugewiesenen Prioritäten und Einflussfaktoren berücksichtigen. Das so erstellte Tagesprogramm wird weiters gemäß dem Arbeitsplan auf die einzelnen Arbeitsplätze zugeteilt. Die Zuteilung des Arbeitsvorrates erfolgt für alle Arbeitsplätze am Beginn einer jeden Schicht, wobei der Meister für diese Zuordnung sämtliche Arbeitsplätze abschreiten, und die Arbeitspakete dem Mitarbeiter für den Zeitraum einer Schicht zuordnen muss. Diese Zuteilung muss für jeden Arbeitsplatz und jeden Mitarbeiter durchgeführt werden. Der vorgestellte Sachverhalt ist in der Abbildung 33 dargestellt.

Bei vorzeitiger Abarbeitung der Arbeitspakete erfolgt eine weitere Zuteilung von Arbeitspaketen auf den Arbeitsplatz. Auch diese Zuteilung wird basierend auf dem vom Meister festgelegten Feinplan durchgeführt. Dafür muss der Mitarbeiter das Meisterbüro aufsuchen, dem Meister bezüglich des neuen Arbeitspaketes befragen, und anschließend wiederum seinen Arbeitsplatz aufsuchen. Zusätzlich bedarf es für die Bearbeitung eines Produktes definierter Informationen, die in einer Mappe am Arbeitsplatz aufliegen müssen. Diese Mappe bildet die Bearbeitungsgrundlage für diesen Fertigungsbereich, wobei ein erheblicher Aufwand betrieben werden muss, wenn diese Informationen nicht am Arbeitsplatz vorhanden sind. Weiters bedarf es der laufenden Anpassung des Feinplanes, was durch Aufsuchen der Arbeitsplätze sichergestellt werden muss, wobei diese Anpassungen oftmals aufgrund neuer Vorgaben notwendig werden. Somit kann festgehalten werden, dass die Feinplanung im Bearbeitungsprozess durch laufende Zuweisung von Arbeitspaketen erfolgt.

**Abbildung 33: Zuteilung des Feinplanes auf die Arbeitsplätze**³⁷⁶³⁷⁶ Quelle: eigene Abbildung.

Feinplanung im Prozess der Qualitätsprüfung

Die Feinplanung im Prozess der Qualitätsprüfung kann mit der Feinplanung des Bearbeitungsprozesses verglichen werden und zwar dahingehend, dass beide Prozesse mit der Lieferterminliste dasselbe Ausgangsinformationsobjekt aufweisen. Da der Prozess der Qualitätsprüfung aber den Folgeprozess zur Gussbearbeitung darstellt, kann der Prüfprozess erst dann beginnen, wenn die Gussteile fertig bearbeitet worden sind. Die Lieferterminbesprechung bildet auch hier den Ausgangspunkt für die Feinplanung. Darin werden jene Gussteile, mit Termin spezifiziert, die in der Produktionswoche endgefertigt werden müssen. Der exakte Tagesplan ergibt sich aus den Vorgaben der Lieferterminbesprechung und weiteren Faktoren. Zu diesen Faktoren zählt auch das Eintreffen, der für die Prüfung vorgesehenen Gussteile, da diese Anlieferung oftmals nicht fristgerecht erfolgt. Des Weiteren hängt der Feinplan vom aktuellen Auftragsvorrat auf einem Arbeitsplatz ab. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wird ein Feinplan durch den Bereichsverantwortlichen erstellt, der die Arbeitspakete auf den jeweiligen Arbeitsplätzen enthält. Die physische Zuweisung der Teile zu den Arbeitsplätzen erfolgt durch Nachfragen eines Mitarbeiters beim Vorgesetzten. Dabei erhält der Mitarbeiter die für die Produktion relevanten Daten und auch die aktuelle Position des Gussteils. Die verantwortliche Person muss zur Erstellung des Feinplanes täglich die Fertigung abschreiten, den Anarbeitungsgrad feststellen und Anpassungen vornehmen. Dabei müssen im Feinplan die Spezifikationen, sowie die aktuelle Auslastungssituation auf dem betrachteten Arbeitsplatz berücksichtigt werden.

4.5.3 Planungsrelevanter Informationsaustausch und Kommunikation

Der standardisierte Informationsaustausch zwischen den Personen innerhalb der Kernprozesse erfolgt vorwiegend mittels Besprechungen. Für die geordnete Abwicklung ist ein betriebliches Besprechungswesen definiert, in dem der Themeninhalt, der Zeitpunkt als auch die Teilnehmer festgelegt sind. Die Besprechungen weisen den großen Nachteil auf, dass viele Teilnehmer zur gleichen Zeit am gleichen Ort anwesend sind, was entsprechende Kapazitäten bindet. Nachstehend sind die wichtigsten festgelegten Besprechungen angeführt:

- Produktionsbesprechung
- Lieferterminbesprechung
- Qualitätsbesprechung
- Produktentwicklungsbesprechung

Produktionsbesprechungen werden an jedem Dienstag und Donnerstag abgehalten, wobei diese Besprechung die Basis für die weiteren Feinplanungstätigkeiten bildet. Dabei werden neben der Terminierung von Fertigungsaufträgen auch die aktuellen Problembereiche und die weiteren Vorgehensweisen diskutiert. Zusätzlich erfolgt in dieser Besprechung die Diskussion und Festlegung des Wochenprogramms. Die Besprechung am Dienstag dient der Vorselektion der herzustellenden Produkte, damit im Form- und Kernherstellungsprozess die Kernproduktion starten kann. Am Donnerstag wird das Wochenprogramm endgültig festgelegt, wobei im Anschluss die Fertigungsaufträge systemtechnisch umgesetzt werden. Das Ziel der Besprechung ist, die aktuelle Fertigungssituation darzustellen, Problembereiche aufzuzeigen, und Einlastungsszenarien zu diskutieren. Dadurch wird ein Überblick geschaffen, wobei dieser durch die vielen Änderungen oft nur kurzzeitig aktuell ist.

Eine der wichtigsten Besprechungen stellt die Lieferterminbesprechung dar, die einmal pro Woche abgehalten wird. Darin erfolgt die Diskussion der aktuellen Lieferterminliste, auf der der letzte Stand der zugesagten Liefertermine vermerkt ist. Diese Lieferterminliste bildet die Ausgangsbasis für die Produktion in der Adjustage, Qualitätssicherung und im Gussversand. Das Ergebnis der Lieferterminbesprechung stellt dabei einen Auftragsvorrat

dar, der in der betrachteten Produktionswoche abgearbeitet werden soll und dessen terminlichen Zusagen für alle beteiligten Personen bindend ist. Diese Abstimmung ist aufgrund der fehlenden systemtechnischen Unterstützung notwendig.

Neben den Produktionsbesprechungen bedarf es auch der Besprechung der Gussqualität. Aufgrund des in der Gießerei angewendeten Herstellungsverfahrens ist es nicht möglich, dauerhaft gleiche Qualität zu produzieren. Daher werden bei der Qualitätsbesprechung Probleme bei bestehenden Gussstücken, sowie auch bei Neuprodukten besprochen. Dabei sollen Wiederholungsfehler vermieden, Probleme analysiert und Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden. Die Produktentwicklungsbesprechung stellt weiters eine Besprechung dar, bei der die Entwicklungsarbeit, sowie die Vorgänge bei der Modell- und Kernkastenherstellung diskutiert werden. Dabei stehen nicht der Fertigstellungstermin der Fertigungseinrichtungen, sondern die Vorgehensweisen und die Probleme, welche sich aktuell bei der Entwicklung und Herstellung der Fertigungseinrichtungen ergeben, im Mittelpunkt. Durch diese Besprechung sollen die Problembereiche aufgezeigt, Maßnahmen gesetzt und die Endfertigstellungstermine gehalten, sowie Probelaufe koordiniert werden.

Wie aus dem dargestellten Besprechungswesen hervorgeht, wird die Information durch unterschiedliche Besprechungen zwischen den Personen ausgetauscht. Dieser Informationsaustausch ist sehr aufwendig und bindet wertvolle Kapazitäten, wobei die Informationen kurze Zeit nach der Besprechung nicht mehr aktuell sind. Zu den oben angeführten Besprechungen kommt noch die laufende innerbetriebliche Kommunikation zwischen den prozessbeteiligten Personen hinzu. Der Grund für diesen Informationsaustausch liegt darin, dass der Produktionsprozess laufenden Änderungen unterworfen ist, wobei zwischen externen und internen Einflüssen unterschieden werden muss. Externe Einflüsse können unter anderem Änderungen des Liefertermins, oder die fehlende Anlieferung von Einsatzstoffen sein. Interne Einflüsse stellen beispielsweise Verfügbarkeiten, Störungen oder fehlende Fertigungseinrichtungen dar, wobei alle diese Faktoren den Produktionsprozess und die Liefertermine erheblich beeinflussen. Weiters führt die fehlende Transparenz dazu, dass eine Überprüfung der genannten Faktoren schwer möglich ist. Um dennoch ein gewisses Maß an Transparenz zu schaffen, erfolgt die laufende Abstimmung mit den übrigen am Prozess beteiligten Personen, was mit entsprechender Kapazitätsbindung verbunden ist.

4.5.4 Leistungsverrechnung und Produktionszeitvorgabe

Grundsätzlich stellt der Kollektivvertrag „für die eisen- und metallherzeugende und -verarbeitende Industrie“ die Basis für die Verrechnung der Löhne und Gehälter in der Stahlgießerei dar, wobei im Kollektivvertrag die Verrechnung von mehreren Lohnformen geregelt ist. In der Gießerei stellt für den überwiegenden Teil der Mitarbeiter das Prämienlohnsystem die Basis der Lohnverrechnung dar. Dieses System ist etwas komplex, und die wichtigen Aspekte sollen in diesem Teilkapitel dargestellt werden. Der Grund für die Erläuterung dieses System ist der, dass dieses System die durch Mitarbeiter oder Maschinen mit Bedienpersonal erbrachte Leistung erfasst, und sich daraus in weiterer Folge der Lohn der Mitarbeiter errechnet. Weiters bilden die im Rahmen der Zeiterfassung gemessenen Werte die Produktionszeitvorgabezeiten für jenen Prozess, für den die Zeitaufnahme durchgeführt worden ist. Daher ist ein Verständnis dieses Systems und dessen Verrechnung wichtig und zwar insofern, als dass ein MES-System die Leistungslohnermittlung softwaretechnisch unterstützt, und die Vorgabezeiten weiters die Zeitdauer der Produktionsvorgänge bestimmen, die im MES-System dargestellt werden müssen.

Die Basis für das Prämienlohnsystem, sowie für die Produktion, bilden so genannte Zeitaufnahmen, die Betriebsvereinbarungen darstellen. Betriebsvereinbarungen stellen Dokumente dar, die ausschließlich für den betrachteten Betrieb Gültigkeit haben und welche mit

den Arbeitnehmervertretern festgelegt werden. Weiters versteht man unter Zeitaufnahmen die physische Messung von Bearbeitungszeiten direkt am Arbeitsplatz. Somit bedarf es sowohl für die Produktionsdurchführung, als auch für die Leistungslohnermittlung einer Zeitaufnahme, die aus mehreren Einzelmessungen ermittelt wird. Diese Messungen werden zu einem Vorgabewert nach gesetzlichen Vorgaben und festgelegten Kriterien zusammengefasst. Vorgabezeiten gibt es für den überwiegenden Teil der Arbeitsplätze in der Gießerei, wobei anzumerken ist, dass jedes Produkt auf jedem Arbeitsplatz eine eigene Vorgabezeit hat. Wichtig ist, dass es zwischen Maschinenarbeitsplatz und Handarbeitsplatz eine Unterscheidung gibt, und zwar dahingehend, dass bei einem Maschinenarbeitsplatz mit 56 Minuten pro Stunde gerechnet wird, und bei einem Handarbeitsplatz mit 60 Minuten pro Stunde gerechnet wird. Dies hat den Grund, dass die Maschine 60 Minuten durcharbeiten könnte, aber der Mitarbeiter einen Anspruch auf persönliche Zwischenzeit hat. Bei den Handarbeitsplätzen ist diese persönliche Zeit bereits eingerechnet, sodass in diesem Fall mit 60 Minuten pro Stunde gerechnet wird.³⁷⁷ Die auf diese Art ermittelten Vorgabezeiten werden ins SAP-System im Arbeitsplan eingetragen, sodass diese Vorgabezeiten bei der Auftragsumsetzung berücksichtigt werden. Somit ist jedem Arbeitsplatz für jedes Produkt gemäß den Zeitaufnahmen ein Vorgabewert zugeordnet, der unter anderem die Basis für die Berechnung der Auftragsdurchlaufzeiten, der Ecktermine, der Planzeiten, der Mitarbeiterkapazitäten, der Auftragskalkulation und der Leistungsverrechnung bildet.

Die oben beschriebenen Zeitaufnahmen bilden weiters die Basis für die Erstellung von so genannten Leistungskurven, wobei die Leistungskurven basierend auf den erhobenen Messwerten erstellt werden. Eine Leistungskurve gibt den Bereich an, ab welcher ein Mitarbeiter einen Prämienzuschlag bekommt. Dabei bildet in der Gießerei 110% die untere Grenze und 125% die obere Grenze für die Bezahlung einer Prämie. Somit wird ab einer Leistung von 110% eine Prämie von 10% und bei einer Leistung bis 125% eine Prämie von 25% bezahlt. Unter einem Prozentsatz von 110% wird keine Prämie ausbezahlt, und über 125% werden nicht mehr als 25% Prämie bezahlt, wobei zwischen den beiden Werten der jeweils errechnete Wert³⁷⁸ ausbezahlt wird. Die Marke von 100% stellt weiters den Vorgabewert für den jeweiligen Arbeitsschritt, und somit auch den Vorgabewert für die Planung dar. Einen wichtigen Aspekt stellt der so genannte Sicherungsdurchschnitt dar. Dieser Sicherungsdurchschnitt ist ein Durchschnittswert der Leistung eines Mitarbeiters über die letzten 13 Wochen. Wenn dieser Sicherungsdurchschnitt im Bereich zwischen 110% bis 125% liegt, bekommt der Mitarbeiter alle Stunden in Prämie ausbezahlt, wenn dieser mindestens 50% aller geleisteten Stunden in Prämie gearbeitet hat. Diese Regel ist im Kollektivvertrag geregelt, und muss berücksichtigt werden. Der Mitarbeiter erhält gemäß dem Sicherungsdurchschnitt und gemäß der Arbeitsleistung den errechneten Prämienzuschlag.³⁷⁹

Aufgrund der Komplexität dieses Verrechnungssystems hat sich die Errechnung des Prämienlohns in einem Excel-Datenblatt bewährt. Dieses Datenblatt hat den Vorteil, dass komplexe Zusammenhänge dargestellt und miteinander verknüpft werden können, sodass die Dateneingabe einfach erfolgen kann. Da das Excel-Datenblatt von allen übrigen Softwaresystemen getrennt ist, müssen alle Daten manuell in dieses Datenblatt eingegeben werden. Der im Datenblatt berechnete Prämienlohnwert muss der Lohnverrechnung übermittelt, und dann wiederum manuell ins ERP-System eingetragen werden. Zusätzlich gibt es in der Gießerei den so genannten Hilfslohn, der eine Tätigkeit darstellt, der nicht direkt zur Leistungserstellung benötigt wird, aber indirekt für die Leistungserstellung notwendig ist. Dieser Hilfslohn wird von den Mitarbeitern getrennt in das Schichtenblatt ein-

³⁷⁷ Vgl. Wirtschaftskammer Österreich (2010), S. 88 ff.

³⁷⁸ Zum Beispiel wenn der Mitarbeiter 120% Leistung erbringt werden 20% Prämie ausbezahlt.

³⁷⁹ Vgl. Wirtschaftskammer Österreich (2010), S. 88 ff.

getragen und auch im Rahmen der Leistungsverrechnung berücksichtigt. Da es eine derart hohe Anzahl unterschiedlicher Hilfslöhne gibt, werden diese auch im Excel-Datenblatt mitdokumentiert und ausgewertet.

4.6 IT-Systeme in der Planung

Die Darstellung der physischen Auftragsabwicklung in Form von Softwaresystemen ist nicht immer einfach und weicht oftmals stark von der realen Situation ab. Da die systemtechnische Abwicklung von Kundenaufträgen für die Einführung eines MES-Systems jedoch entscheidend ist, soll in diesem Teilkapitel ein Überblick über die in der Stahlgießerei für die Planung aktuell eingesetzten IT-Systeme geschaffen werden. Diese IT-Systeme weisen weiters mehrere Funktionen zur Abbildung des physischen Auftragsabwicklungsprozesses auf, die auch im Rahmen dieses Teilkapitels dargestellt und diskutiert werden sollen. Hierbei stehen vor allem die in der Gießerei eingesetzten Auftragsstypen, das Auftragsnetzwerk, sowie die Bebuchung der Aufträge mit Leistungsdaten im Vordergrund. Diese Teilbereiche sind direkt für die Anbindung, sowie auch für die Implementierung eines MES-Systems relevant. Nachstehend wird zunächst auf die Softwaresysteme näher eingegangen.

4.6.1 Eingesetzte Softwaresysteme in der Stahlgießerei

In der Stahlgießerei werden mehrere Softwaresysteme eingesetzt, um die Abwicklung eines Kundenauftrages zu unterstützen. Bereits vor geraumer Zeit wurde als Enterprise Resource Planning System, das so genannte SAP-System als Standardlösung eingeführt. Neben diesem großen übergeordneten Softwaresystem werden weitere Softwaresysteme eingesetzt, die eine optimale Abwicklung des Kundenauftrages sicherstellen sollen. Diese Systeme haben sich aufgrund der Tatsache entwickelt, dass das SAP-System nicht in der Lage ist, den Produktionsablauf im geforderten Umfang systemtechnisch zu unterstützen. Dadurch werden derzeit in der Stahlgießerei mehrere verschiedene Ausführungsformen von Accessdatenbanksystemen eingesetzt, um eben eine verbesserte Softwareunterstützung bei der Auftragsabwicklung zu erreichen. Nachstehend werden die beiden Softwaresysteme vorgestellt und auf die MES relevanten Funktionalitäten eingegangen.

Das ERP-System der Stahlgießerei

Die Maschinenfabrik Liezen setzte an allen Standorten über alle Funktionsbereiche hinweg für die softwaretechnische Unterstützung ausgewählter Unternehmensprozesse ein einheitliches ERP-System ein. Dabei handelt es sich wie erwähnt um das System der Firma SAP, welches in der Standardausführung eingesetzt wird, wobei aktuell das Release R/3 Einsatz findet. Das SAP-System unterstützt in der Gießerei sowohl die organisatorischen, als auch die operativen Bereiche.³⁸⁰ Da das SAP-System in der Standardversion in der Gießerei eingesetzt wird, unterstützt dieses System die klassischen Anwendungsbereiche eines ERP-Systems. Nachstehend werden diese Anwendungsbereiche dargestellt und deren Relevanz im Hinblick auf die Einführung eines MES-Systems erläutert.³⁸¹

- Finanzwesen
- Logistik
- Produktion
- Personalwesen

³⁸⁰ Siehe Teilkapitel 4.3.

³⁸¹ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 19.

Der Leistungsumfang des Finanzwesens im SAP umfasst das externe Rechnungswesen und das interne Rechnungswesen.³⁸² Dabei zielt das externe Rechnungswesen auf die „Rechen-schaftslegung und die Informationsbereitstellung über die Vermögens-, Finanz- und Er-tragslage des Unternehmens“³⁸³ ab, und das interne Rechnungswesen zielt auf die „Do-kumentation und Kontrolle aller im Betrieb anfallenden Geld- und Leistungsströme“³⁸⁴ ab. In der Stahlgießerei wird sowohl das externe, als auch das interne Rechnungswesen im SAP durchgeführt. Entsprechend dem Einsatzgebiet eines MES-Systems ist ersichtlich, dass für diese Systeme die Kostenrechnung, und somit das interne Rechnungswesen im Vorder-grund stehen. Aktuell erfolgt die gesamte Kostenrechnung von der Kostenarten-, über die Kostenstellen-, bis hin zu Kostenträgerrechnung im SAP-System.³⁸⁵ Die in der Gießerei definierten Kostenstellen werden einmal pro Geschäftsjahr außerhalb des ERP-Systems, basierend auf Vergangenheitswerten und den Absatzprognosen geplant. Alle in der Pro-duktion anfallenden Kosten, die nicht direkt auf einen Kostenträger verrechnet werden können, werden auf diese definierten Kostenstellen verrechnet. Diese Kostenstellenkosten werden bei der Leistungsverrechnung auf die Kostenträger gemäß festgelegtem Kostensatz verrechnet, wodurch eine Entlastung der Kostenstelle in Richtung der Fertigungsaufträge erreicht wird. Dies bedeutet, dass alle nicht direkt auf den Fertigungsauftrag als Kostenträ-ger verrechenbare Kosten³⁸⁶ zunächst auf die Kostenstellen verrechnet werden, und anschließend über die erbrachte Leistung beim Rückmeldeprozess auf die Produktions-aufträge verrechnet werden. Die so erhaltene Entlastung wird mit den Istkosten gegen ge-rechnet und jegliche Abweichung in positiver oder negativer Richtung führt zu einer ent-sprechenden Berücksichtigung in der Ergebnisrechnung. Die gesamte Leistungsverrech-nung basiert auf Kostensatzebene, wobei sich der Kostensatz aus den kalkulierten Gesamt-kosten, dividiert durch die Bezugsgröße ergibt. Die Bezugsgröße wird auch für die Kalkula-tion der Herstellungskosten, und somit für die Angebotslegung herangezogen. Wie aus der kurzen Einführung in das interne Rechnungswesen der Gießerei ersichtlich ist, wird das SAP-System vollauf für das interne Rechnungswesen eingesetzt.³⁸⁷ Die Leistungsverrech-nung stellt einen wichtigen Aspekt im Hinblick auf die Einführung eines MES-Systems dar, sodass dieser SAP-Bereich in die weiteren Betrachtungen inkludiert werden muss.

Der Bereich der Logistik umfasst in klassischen ERP-Systemen die Beschaffung der Ein-satzstoffe und den Vertrieb der erzeugten Produkte. Dabei stehen bei der Beschaffung die Bedarfsermittlung, der Beschaffungsvorgang, die Lieferüberwachung und der Warenein-gang im Vordergrund.³⁸⁸ In der Gießerei wird die vom SAP-System angebotene Standard-ausführung für die Beschaffung der Produkte genutzt. Die Bedarfsermittlung kann in der Gießerei entweder über eine Bestellanforderung oder über die Meldung einer Materialent-nahme erfolgen. Beide Arten der Bedarfsermittlung führen dazu, dass eine Bestellung aus-gelöst wird. Jede Bestellung wird im SAP-System gemäß den vereinbarten Konditionen, wie beispielsweise Lieferzeit, Liefertermin, Lieferbedingungen, Mengen, Stückzahlen, Pro-duktspezifikation systemtechnisch erstellt. Nach erfolgter Bestellung wird der Warenein-gang dokumentiert, die Wareneingangsprüfung durchgeführt und im ERP-System die An-lieferung gebucht. Hinzu kommen sämtliche Tätigkeiten der Stammdatenpflege und weite-re Funktionalitäten auf deren genaue Darstellung an dieser Stelle verzichtet wird, da der Einkaufsprozess für die Einführung eines MES-Systems eine geringe Relevanz aufweist.

³⁸² Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 18 f.

³⁸³ Vgl. Thommen/Achleitner (2003), S. 389.

³⁸⁴ Vgl. Thommen/Achleitner (2003), S. 390.

³⁸⁵ Weiterführende Literatur zur Kostenrechnung siehe Thommen/Achleitner (2003), S. 433 ff.

³⁸⁶ Zum Beispiel Personalkosten, Materialkosten, Energiekosten, Umlagekosten.

³⁸⁷ Vgl. Gronau (2010), S. 203 ff.

³⁸⁸ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 21.

Der Vertrieb stellt die Schnittstelle hin zum Kunden dar, der mit speziellen Bedürfnissen an das Unternehmen herantritt, und der die Erfüllung seiner Anforderungen am gelieferten Produkt prüft.³⁸⁹ Auch für den Bereich des Vertriebs wird das SAP als unterstützendes Softwaresystem eingesetzt. Dies umfasst unter anderem die Erstellung und Verwaltung von Vertriebsaufträgen, die Rechnungslegung, den Transport inklusive der Erstellung der notwendigen Transportpapiere, das Mahnwesen, die Fakturadurchführung und die Vertragsabwicklungs- und -verwaltung. Dabei wird bei jeder Bestellung ein Verkaufsauftrag generiert, der die automatische Erstellung eines Planauftrages auslöst und dem jeweiligen Planer als Bedarf angezeigt wird. Der Vertriebsauftrag inkludiert den exakten Liefertermin, die Produkte mit der dazugehörigen Menge, Modellbestellung, Zahlungsbedingungen, Lieferbedingungen und eine eventuell festgelegte Pönale. Unter Pönale versteht man eine Strafe, oder Buße,³⁹⁰ die aufgrund vertraglich festgelegter Kriterien bezahlt werden muss. Alle diese Daten sind im SAP-Systemauftrag enthalten, wobei auch die systemtechnischen Möglichkeiten des Vertriebs für die Einführung eines MES-Systems nur eine geringe Relevanz aufweisen und daher an dieser Stelle nicht vertieft werden.

Die Unterstützung der Produktion durch eine Software stellt den zentralen Ansatzpunkt für die Einführung eines MES-Systems dar. Wie im theoretischen Kapitel im Ebenenkonzept³⁹¹ dargestellt wurde, operiert ein MES-System in der Ebene unter dem ERP-System und soll mit seinen Funktionalitäten eine verbesserte Abwicklung des Produktionsprozesses ermöglichen. Dabei stellt das ERP-System das Basissystem dar, welches dem MES-System die benötigten Daten zur Verfügung stellt. Zu den Aufgaben eines ERP-Systems im Bereich der Produktion zählen die Produktionsplanung und -steuerung, was die Kapazitätswirtschaft, die Werkstattsteuerung und die Betriebsdatenerfassung beinhaltet.³⁹² Dabei wird im SAP-System die gesamte operative Infrastruktur systemtechnisch dargestellt, was unter anderem alle Produktionsarbeitsplätze umfasst. Unter einem Arbeitsplatz versteht man einen Ort, an dem eine Arbeit ausgeführt wird, und dieser wird auch oft systemtechnisch als Kapazität bezeichnet. Jeder physisch vorhandene Arbeitsplatz³⁹³ muss durch einen Systemarbeitsplatz repräsentiert werden, der eine eindeutige Bezeichnung und weitere spezifische Merkmale aufweist. Durch die Aneinanderreihung von Arbeitsplätzen kann eine Arbeitsreihenfolge bestimmt werden, die zu einem produktspezifischen Arbeitsplan zusammengefasst werden kann. Diese Arbeitspläne bilden wiederum die Basis für die Erstellung eines PPS-Auftrags.³⁹⁴ Jeder PPS-Auftrag wird mit konkreten Stückzahlen erstellt und enthält Daten im Hinblick auf den Liefertermin, Ecktermine pro Arbeitsplatz, Startzeitpunkt, Endzeitpunkt, Bearbeitungsdauer, Ausschusstückzahl und Rückmeldenummern für jeden Arbeitsplatz.³⁹⁵ Die Rückmeldenummern dienen der Leistungsmeldung auf den jeweiligen Auftrag im SAP-System. Auch Fertigungsaufträge werden entlastet und zwar genau dann, wenn die Gussteile auf das Versandlager gebucht werden, also die Gussteile bestandsmäßig als Fertigteile geführt werden. Die PPS-Aufträge, sowie deren zeitliche Verwaltung, Bebuchung und Darstellung stellen die zentralen Objekte im Hinblick auf die Einführung eines MES-Systems dar. Im MES-System soll die operative Abwicklung der Produktion basierend auf den übergebenen PPS-Auftragsdaten durchgeführt werden, optimale Einsatzpläne erstellt werden und durch die laufende Kontrolle des Systemstatus Verschwendung vermieden werden.

³⁸⁹ Vgl. Hessler/Görtz (2008), S. 21 f.

³⁹⁰ Vgl. Wermke et. al. (2010), S. 828.

³⁹¹ Siehe Teilkapitel 3.2.3.

³⁹² Vgl. Hessler/Görtz (2008), S. 22.

³⁹³ Es sind auch Gruppenarbeitsplätze möglich.

³⁹⁴ Vgl. Gronau (2010), S. 133 ff.

³⁹⁵ Vgl. Pfohl (2010), S. 70 f.

Das ERP-System wird zusätzlich für die Verwaltung der Mitarbeiter eingesetzt, die eine immer wichtigere Ressource in Unternehmen darstellen. Die Aufgabe, die dem ERP-System zukommt ist die Verwaltung der Mitarbeiterdaten, die Lohn- und Gehaltsabrechnung, Rekrutierung neuer Mitarbeiter, Anwesenheitszeiterfassung und Krankenständeabrechnung.³⁹⁶ Auch in der MFL wird das SAP-System im Bereich des Personalwesens eingesetzt. Dabei erfolgt die komplette Lohn- und Gehaltsabrechnung direkt im SAP-System. Die Basis für die Lohnabrechnung bilden die Grundlöhne, die Anwesenheitszeiten, und die erbrachte Leistung. Die Prämie wird außerhalb des SAP-Systems im Zeitwirtschaftsprozess errechnet. Zu diesen Grunddaten für die Lohnverrechnung kommen noch diverse Zulagen, Prämien, Überstunden, Dienstreisen, Krankenstände, Urlaube und bezahlte Freizeit hinzu, was vollständig im ERP-System erfasst und verrechnet wird. Im Hinblick auf ein MES-System sind die An- und Abwesenheitszeiten³⁹⁷ und die erbrachte Leistung relevant.³⁹⁸

Die Accessdatenbank

Das System der Accessdatenbank stellt ein zentrales Unterstützungssystem in der Stahlgießerei dar, wobei es mehrere Ausführungsformen von Accessdatenbanken gibt. Diese unterschiedlichen Ausführungsformen können als Insellösungen betrachtet werden, die nur definierte Funktionsbereiche unterstützen. Die beiden wichtigsten Ausführungsformen der Accessdatenbank stellen die Qualitätsdatenbank, sowie auch das Wochenprogramm dar. Das Wochenprogramm wurde aus Informationssicht bereits kurz erläutert, sodass nachstehend etwas näher auf die systemtechnische Ausführung sowohl des Wochenprogramms, als auch der Qualitätsdatenbank eingegangen wird.

Die größte und wichtigste Accessdatenbank stellt die Qualitätsdatenbank dar, die zur Erhebung und Dokumentation der Qualitätsdaten in der Fertigung und für die Rückverfolgung des Produktionsprozesses eingesetzt wird. Den wichtigsten Teilbereich der Qualitätsdatenbank bildet die Chargenkarte, die der Dokumentation des gesamten Schmelzprozesses dient. Die Chargenkarte wird vom Meister und vom jeweiligen Schmelzer mit Daten versorgt. Diese Daten in der Chargenkarte reichen von Ergebnissen der Werkstoffanalysen, Daten über eingesetzte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe über die Schmelzdauer, Stromverbrauch bis hin zu Haltbarkeiten eingesetzter Materialien. Zusätzlich werden Kommentare zum Schmelzprozess eingetragen, sowie der gesamte Gießprozess im Hinblick auf Temperaturen, Personen und Gießzeitraum abgebildet. Mit Hilfe der Chargenkarte kann der Ablauf einer Schmelzcharge sowohl zeitlich, als auch aus materieller Sicht vollkommen rekonstruiert werden. Wichtig hierbei ist, dass für jede Charge eine eigene Chargenkarte erstellt wird, damit nach erfolgtem Abgießen jederzeit die Rückverfolgung der Charge zu einem Kundenauftrag ermöglicht wird.

Das Wochenprogramm³⁹⁹ stellt eines der wichtigsten Informationsobjekte in der Fertigungsplanung für den Form- und Kernherstellungsprozess und den Schmelzenerstellungsprozess dar. Auch dieses Wochenprogramm wird in einer eigenständigen Accessdatenbank erstellt. Die Stammdaten eines Auftrages werden direkt aus dem SAP-System zur Verfügung gestellt. Dies inkludiert unter anderem die Losgröße, den Werkstoff, eventuelle Zeichnungsnummern und erhobene Bearbeitungszeiten. Diese Daten müssen so verarbeitet werden, dass diese auf die in Abbildung 27 dargestellte Form gebracht werden. Im Planungsprozess muss jede Charge einzeln eingeplant werden, wobei sich die Losgröße des Produktes und somit auch die Chargenanzahl direkt aus den Stück-

³⁹⁶ Vgl. Hesseler/Görtz (2008), S. 23.

³⁹⁷ Zum Beispiel Krankenstände oder Urlaube.

³⁹⁸ Weiterführende Literatur zu ERP-Systemen siehe Hesseler/Görtz (2008), S. 1 ff.; Gronau (2010), S. 3 ff.

³⁹⁹ Siehe Teilkapitel 4.5.1.

zahlen im Kundenauftrag ergibt. Der Liefertermin bestimmt weiters die Einplanung des Produktes in eine betrachtete Produktionswoche. Im Wochenprogramm erfolgt bereits eine Vorselektion hinsichtlich des Ofenaggregates vorhandener Kapazitäten und den Formmaschinen. Die Planung im Wochenprogramm ist eine fortlaufende Planung, sodass nicht abgearbeitete Chargen direkt in die nächste Produktionswoche übertragen werden. Diese Planungsform erlaubt das rasche Verschieben der Chargen zwischen den Produktionswochen.

4.6.2 Systemtechnische Abwicklung von Kundenaufträgen

Ein Auftrag bildet im Logistiksystem die Grundlage des Informationsflusses, wobei zwischen externen und internen Aufträgen unterschieden werden muss. Externe Aufträge sind Aufträge, die vom Kunden erteilt werden, und interne Aufträge sind Aufträge, die intern als Bindeglied der einzelnen Prozessabläufe dienen.⁴⁰⁰ Diese Aufträge werden in der Gießerei systemtechnisch im SAP-System abgebildet und dienen der betriebswirtschaftlichen Abwicklung des Produktionsprozesses. Je nach Bereich werden verschiedene Fertigungsauftragstypen für die Produktionsabwicklung erstellt. Diese Auftragstypen sollen einen verbesserten Überblick über den Fertigungsablauf schaffen. Die in der Stahlgießerei eingesetzten Auftragstypen sind nachstehend aufgelistet und werden anschließend kurz erläutert:

- Schmelzenauftrag
- Fertigungsauftrag
- Probeauftrag
- Bearbeitungsauftrag
- Modellbauauftrag
- Sandauftrag

Ein Schmelzenauftrag stellt eine spezielle Form eines Fertigungsauftrages dar, der jedoch nur für die Verrechnung der Schmelzenkosten eingesetzt wird und bei dem die materiellen Ressourcen im Vordergrund stehen. Dies bedeutet, dass der Schmelzenauftrag mit Schmelzenmaterialkosten, sowie mit Kostenstellenkosten⁴⁰¹ bebucht und mit der gemeldeten Ausbringungsmenge gemäß Schmelzenkostensatz entlastet wird. Materialien, die direkt auf den Schmelzenauftrag gebucht werden, sind Schrotte und Legierungselemente. Zusätzlich erfolgt die direkte Verrechnung der zur Schmelzenerstellung benötigten Stromkosten, da diese einen Hauptkostenfaktor darstellen. Aufgrund der erfassten Daten im Schmelzenauftrag kann weiters eine umfassende Kosten- und Leistungsanalyse durchgeführt werden.

Mittels Fertigungsaufträge wird der überwiegende Teil des Herstellungsprozesses systemtechnisch abgebildet, da auf diesen Aufträgen die Kosten von der Formerei bis zum Versandprozess verbucht werden. Dabei sind in diesem Auftrag sämtliche Arbeitsschritte im Arbeitsplan festgehalten, die im Rahmen der Bearbeitung des Produktes durchgeführt werden müssen. Die Leistungsverrechnung auf einen Fertigungsauftrag erfolgt über die Rückmeldung der verschiedenen Leistungsdaten. Für jedes Produkt existiert aufgrund der unterschiedlichen Arbeitsplatzfolge ein eigener Arbeitsplan, und daher ist auch jeder Fertigungsauftrag von Produkt zu Produkt verschieden. Die Festlegung des Arbeitsplanes erfolgt auf Basis der Spezifikationen und auf Basis der Probefertigung.

⁴⁰⁰ Vgl. Pfohl (2010): S. 70 f.

⁴⁰¹ Bezugsgröße der Kostenstelle ist mit der Ofenzeit festgelegt.

Ein Probeauftrag ist im Grunde ein Fertigungsauftrag, der aber nur für die Fertigungsabwicklung einer Stückprobe erstellt wird. Darin werden sämtliche Aufwendungen, die bei der Probefertigung angefallen sind, verrechnet. Der Grund für die Eigenständigkeit dieses Auftrags besteht darin, dass die Probekosten abgeschätzt, der Arbeitsplan geprüft, und mögliche Verbesserungen für die erste Serienfertigung abgeleitet werden können.

Bearbeitungsaufträge stellen Fertigungsaufträge dar, die zur Leistungsverrechnung von externen Bearbeitungskosten erstellt werden. Dabei übernimmt ein externes Unternehmen die Bearbeitung eines Gussteiles gemäß den geforderten Spezifikationen. Der Grund für die Vergabe von Aufträgen liegt darin, dass mit dem aktuellen Maschinenbestand bestimmte Gussteile nicht bearbeitet werden können, wodurch es der Vergabe dieser Teile bedarf. Wichtig ist, dass Bearbeitungsaufträge hinsichtlich dem Liefertermin und den Kosten leicht kalkulierbar sind, da beide Daten bei Auftragsvergabe bereits fixiert sind. Die jeweiligen Kosten werden nach der Teileanlieferung durch eine Wareneingangsbuchung verbucht.

Modellbauaufträge sind Aufträge, die für die systemtechnische Abwicklung der Herstellung eines Neumodells oder eines zu ändernden Modells erstellt werden. Bei der ersten Serienbestellung bedarf es auch der Bestellung eines Modells durch den jeweiligen Kunden, da ohne Modell kein Produkt hergestellt werden kann. Dabei werden auf dem Modellbauauftrag die Kosten verrechnet, die bei der Herstellung des Modells oder des Kernkastens angefallen sind. Die Herstellung eines Modells kann auch von einem Lieferanten übernommen werden, sodass dann diese Kosten auf den Modellbauauftrag verrechnet werden. Modellbauaufträge weisen Plankosten auf, die beim Auftragscontrolling analysiert werden. Die angeführten Punkte gelten in gleicher Weise für die Modelländerungsaufträge.

Einen weiteren Auftragsstyp stellt ein Sandauftrag dar, auf dem der Form- und der Kernsand verrechnet werden. Dabei wird ein größerer Sandauftrag für eine bestimmte Sandtype erstellt und mit den Herstellungskosten bebucht. In weiterer Folge erfolgt durch die Verrechnung der Kerne und Masken auf die Fertigungsaufträge die Entlastung dieser Sandaufträge. Somit gehen sämtliche Kosten des Sandauftrages direkt in die Fertigungsaufträge ein.

Verflechtung von PPS-Aufträgen

In der Gießerei stehen die erwähnten Aufträge in einer engen Beziehung zueinander und gehen je nach Auftragstyp ineinander über oder werden untereinander verrechnet. Diese Struktur stellt für die Einführung des MES-Systems einen wichtigen Aspekt dar, da diese Auftragsstruktur auf der Benutzeroberfläche dargestellt werden muss. Am Beginn der Fertigung steht der Schmelzenauftrag, der für die Leistungsverrechnung der Schmelze eingesetzt wird. Ist ein Schmelzenauftrag abgeschlossen, wird die flüssige Schmelze auf ein imaginäres Lager gelegt. Dieser Vorgang ist nur systemtechnisch möglich, da die flüssige Schmelze physisch nicht auf Lager gelegt werden kann. Der Grund für diese Darstellungsform ist der, dass die Gussteile nach dem Abgießen eine entsprechende Verweilzeit im Kühl tunnel haben, wodurch eine zeitnahe Rückmeldung nicht unmittelbar notwendig ist. Durch die Rückmeldung der Leistungsdaten des Form- und Kernherstellungsprozesses wird die flüssige Schmelze automatisch wieder aus diesem Lager entnommen und auf den zugewiesenen Fertigungsauftrag gebucht. Hierbei folgt gleichzeitig die automatische Lagerbuchung des Kreislaufschrottes. Somit geht jeder zugeordnete Schmelzenauftrag direkt in den zugewiesenen Fertigungsauftrag über. Zusätzlich erfolgt getrennt die Entnahmebuchung des Sandes vom jeweiligen Sandauftrag. Dieser Sandauftrag wird direkt durch die Rückmeldung von Kernen und Masken entlastet. Nach dieser Zusammenführung wird der Fertigungsauftrag durch die gesamte Fertigung geführt und es werden keine weiteren Aufträge in den Fertigungsauftrag überführt. Da der oben erwähnte Probeauftrag auch einen Fertigungsauftrag mit geringerer Stückzahl darstellt, erfolgt die Auftragszusam-

menführung gleich wie beim herkömmlichen Fertigungsauftrag. Nachdem ein Fertigungsauftrag vollständig abgearbeitet worden ist, kann es je nach Gussteil vorkommen, dass eine externe Bearbeitung durchgeführt werden muss. Dafür wird wie erwähnt ein eigener Bearbeitungsauftrag erstellt, wobei die Teile vom Fertigungsauftrag auf den Bearbeitungsauftrag gebucht werden. Ein Bearbeitungsauftrag und auch ein abgeschlossener Fertigungsauftrag werden über die Buchung der Gussteile auf das Fertigteillager gemäß den Kalkulationswerten entlastet und dabei abgeschlossen.

Erfassung und Rückmeldung von Leistungsdaten

Die oben angeführten PPS-Aufträge werden wie angeführt, durch Leistungsrückmeldung mit Kosten bebucht. Weiters wurde dargestellt, dass diese Rückmeldung von mehreren Personen durchgeführt wird. Die Erfassung der Leistungsdaten im Schmelzbetrieb erfolgt ausschließlich durch den Schmelzbetriebsmeister. Dieser hat die Aufgabe, dass er sich alle Daten für die Rückmeldung aus den unterschiedlichen Systemen beschafft. Dabei spielt vor allem die Chargenkarte⁴⁰² eine entscheidende Rolle, da diese alle Daten zum Schmelzenerstellungsprozess enthält, die für die Rückmeldung auf die Schmelzenaufträge benötigt werden. Aufgrund der Tatsache, dass diese Daten ausgelesen und dann einzeln rückgemeldet werden müssen, beträgt der Rückmeldeaufwand bis zu 2 Stunden pro Tag.

Die Erfassung der Leistungsdaten für den Form- und Kernherstellungsprozess erfolgt zunächst durch die Fertigungsmitarbeiter. Dabei werden die zur Produkterstellung benötigte Zeit, die Stückzahl und der Name des Mitarbeiters inklusive Personalnummer direkt in einen Lohnschein eingetragen. Diese Daten liest entweder der Meister oder der Vorarbeiter aus den Lohnscheinen heraus und meldet die Leistungsdaten auftragsbezogen zurück. Die Information, welcher Mitarbeiter auf welchem Auftrag gearbeitet hat wird dadurch erhalten, als dass für jeden Auftrag ein Lohnschein erstellt wird, dessen Auftragsnummer in Form eines Barcodes auf dem Lohnschein gedruckt ist und dieser wiederum direkt durch ein Barcodelesegerät vom SAP übernommen werden kann. Diese Vorgehensweise reduziert Fehler bei der Dateneingabe und somit auch beim Rückmeldeprozess. Die Lohnscheine werden von der Arbeitsvorbereitung aus dem SAP-System generiert. Diese doppelte Dateneingabe bindet entsprechende Mitarbeiterkapazitäten.

Im Gussbearbeitungsprozess ist die Verrechnung der Leistungsdaten vollkommen von den bereichsverantwortlichen Personen getrennt, und wird von einem Fertigungsmitarbeiter und einer Angestellten durchgeführt. Dabei tragen auch die Mitarbeiter in der Adjustage ihre Leistungsdaten direkt in das ausgedruckte Schichtenblatt ein. Der Meister prüft diese Schichtenblätter auf Richtigkeit und die Daten werden dann durch die beiden Personen ins SAP auf den Fertigungsauftrag rückgemeldet. Diese Form der Rückmeldung bindet viel Kapazität. Dasselbe Prinzip der Leistungsrückmeldung erfolgt im Modell- und Kernkastenherstellungsprozess, wobei in diesem Fall ein digitales Schichtenblatt geführt wird. Nach erfolgtem Eintrag im Schichtenblatt werden die Leistungsdaten auf die Modellbauaufträge verbucht. Im Bereich der Qualitätsprüfung erfolgt die Leistungsmeldung auf zwei Arten. Einerseits werden digitale Schichtenblätter geführt, und andererseits melden definierte Mitarbeiter die Leistungsdaten selbst auf den Fertigungsauftrag zurück. Die Daten aus den Schichtenblättern müssen durch weitere Mitarbeiter rückgemeldet werden.

Abschließend muss noch angemerkt werden, dass diese Art der Leistungserfassung extrem aufwendig ist. Viele Daten werden doppelt geführt, was zur Verschwendung von wertvollen Fertigungs- und Mitarbeiterkapazitäten führt. Weiters kommt es durch dieses Verrechnungssystem zur erheblichen Mehrkosten für die Gießerei.

⁴⁰² Siehe Teilkapitel 4.6.1.

4.7 Aktuelle Schwachstellen in der Fertigung

In diesem Teilkapitel werden, ausgehend vom Kapitel 3 und der Analyse im Kapitel 4, die aktuellen Schwachstellen in der Produktion abgeleitet. Die dabei erhaltenen Schwachstellen dienen weiterführend als Ausgangsbasis für die Definition von Anforderungen und für die Erhebung von Verbesserungspotenzialen, was in den Kapiteln 5 und 6 dargestellt wird. Unter einer Schwachstelle versteht man eine Stelle, an der etwas für eine Störung anfällig ist.⁴⁰³ Dies bedeutet auf die Produktion abgeleitet, dass es sich um eine definierte Stelle in einem Fertigungsbereich handelt, der für Störungen anfällig ist, sodass dieser Bereich durch geeignete Maßnahmen verbessert werden kann. Diese Schwachstellen können zu Mehraufwendungen führen, die durch die Einführung eines MES-Systems reduziert werden können. Dabei ist anzumerken, dass es in der Stahlgießerei mehrere Schwachstellen gibt, die nachstehend aufgezeigt und dargestellt werden.

Fehlende Information in der Fertigung

Die erste wesentliche Schwachstelle stellt die fehlende Information an den Arbeitsplätzen dar. Grundsätzlich sollten alle, für die Produktion relevanten Informationen, direkt am Arbeitsplatz vorhanden sein und zwar je nach Arbeitsbereich papierbasiert, entweder an definierten Plätzen, oder in Mappen direkt am Arbeitsplatz. In der Gießerei sind viele verschiedene Informationsobjekte vorhanden, die ausführlich dargestellt wurden.⁴⁰⁴ Alle diese Informationsobjekte werden benötigt, um ein qualitativ hochwertiges Produkt erzeugen zu können. Da nicht nur ein einzelner Mitarbeiter auf einen betrachteten Arbeitsplatz arbeitet, sondern mehrere Personen dieselbe Tätigkeit ausführen, werden die vorhandenen Dokumente auch von unterschiedlichen Mitarbeitern genutzt. Daher kommt es öfters vor, dass einzelne Informationsobjekte aus den Mappen entfernt und nicht wieder eingeordnet werden, wodurch diese Informationen dem nächsten Mitarbeiter bei der Bearbeitung fehlen. Durch das Fehlen der Information muss der Mitarbeiter den zuständigen Meister aufsuchen und melden, dass die Information nicht vorhanden ist. Dies führt weiteres dazu, dass der Meister das digital vorhandene Dokument im PC suchen muss, dieses dann ausdrucken muss, um den Mitarbeiter das Dokument für das Einordnen in die Mappe mitgeben zu können. Weiters kann es vorkommen, dass die Informationen aus dem SAP-System herausgesucht werden müssen, oder die Information überhaupt erst durch Nachfragen in einem anderen Funktionsbereichen erhalten wird. Nach Erhalt der Daten kann der Mitarbeiter wieder zu seinem Arbeitsplatz zurückkehren und im Idealfall mit der Bearbeitung beginnen. Idealfall deshalb, da die Gussteile meist erst durch den Stapler angeliefert werden müssen. Durch diese Vorgehensweise geht viel Fertigungskapazität verloren.

Mangelnde Zeitaufnahmen

Die Entlohnung eines großen Teils der Mitarbeiter erfolgt nach dem Prämienlohnsystem. Dabei werden für alle Hand- und Maschinenarbeitsplätze Vorgabezeiten erhoben und auf dessen Basis die Prämie errechnet. Ziel ist es, dass der Mitarbeiter einen möglichst hohen Anteil seiner Arbeitszeit in Prämie arbeitet, was aber nur über eine flächendeckende Zeitvorgabe für alle Arbeitsplätze gewährleistet werden kann. Da die Gießerei jedoch laufend neue Produkte fertigt, bedarf es auch der neuerlichen Erhebung oder Abänderung der Vorgabezeiten. Die Zeitaufnahmen werden durch einen Mitarbeiter in der Zeitwirtschaft durchgeführt, wobei oftmals die Informationsweitergabe nicht erfolgt, dass ein Produkt auf einem Arbeitsplatz bearbeitet wird, für welches noch keine Zeitaufnahme vorhanden ist. Der Grund dafür liegt im aktuell eingesetzten Verrechnungssystem selbst, da basierend

⁴⁰³ Vgl. Dudenredaktion (Zugriff: 02.07.2011).

⁴⁰⁴ Siehe Teilkapitel 4.4.

auf den Kollektivvertrag der Sicherungsdurchschnitt über die letzten 13 Wochen in die Prämienlohnverrechnung einbezogen wird. Arbeitet ein Mitarbeiter 50% seiner Zeit über die letzten 13 Wochen in Prämie, so bekommt dieser alle geleisteten Stunden auch in Prämie ausbezahlt und zwar unabhängig davon, wie lange er für die Bearbeitung der übrigen Gussteile benötigt hat. Daher ist es für den Mitarbeiter nicht notwendig, bei jedem Gussteil ohne Zeitaufnahme eine entsprechende Meldung abzugeben, da dieser Mitarbeiter sowieso alle seine geleisteten Stunden in Prämie ausbezahlt bekommt. Bei gewissen Mitarbeitern stimmt daher das Prämien- Leistungsverhältnis nicht mehr zusammen, was zur Minderung der Ausbringungsmenge führt. Zusätzlich kann eine Zeitaufnahme nur dann erstellt werden, wenn das Produkt gerade auf dem Arbeitsplatz bearbeitet wird, an dem keine Zeitaufnahme vorhanden ist, sodass bei Versäumnis der Zeitaufnahme bis zum nächsten Auftrag gewartet werden muss.

Rückmeldungen ins SAP-System

Die innerbetriebliche Leistungsverrechnung erfolgt mittels unterschiedlichen Fertigungsauftragstypen⁴⁰⁵, die durch Rückmeldungen von Leistungsdaten mit Kosten bebucht werden. Diese Leistungsdaten können Leistungen von Mitarbeitern, einer Maschine oder weiterer Verrechnungseinheiten⁴⁰⁶ sein. Die Rückmeldungen werden nicht von den Produktionsmitarbeitern selbst, sondern von mehreren fertigungsfremden Mitarbeitern durchgeführt. Dies bedeutet, dass die Leistungsdaten von Mitarbeitern rückgemeldet werden, die die Leistung physisch nicht erbracht haben. Dadurch kommt es vor, dass es Unklarheiten über die eingetragenen Daten gibt, und daher zusätzliche Informationen eingeholt werden müssen. Diese Art der Leistungsrückmeldung bedarf weiters eines höheren Aufwands, da die Mitarbeiter die Daten zunächst auf das Informationsobjekt Schichtenblatt niederschreiben müssen, und die Daten in einem weiteren Schritt erst ins ERP-System übernommen werden. Hinzu kommt noch die Tatsache, dass die manuelle Eintragung der Leistungsdaten und die Rückmeldung ins SAP-System an verschiedenen Orten durchgeführt wird. Dadurch müssen Wegestrecken überwunden werden, damit die Rückmeldungen überhaupt erst erfolgen können. Alle diese Teilprozesse binden Zeit und auch Mitarbeiterkapazitäten.

Der zweite Aspekt bei der Rückmeldung, der sich aufgrund des aktuellen Rückmeldeprozesses ergibt, stellt die zeitliche Verzögerung der Rückmeldung im SAP-System dar. Da die Daten erst deutlich später durch die fertigungsfremden Personen rückgemeldet werden, wird auch die Aussagekraft von Analysen hinsichtlich des aktuellen Auftragsstatus erheblich eingeschränkt. Die erste Verzögerung entsteht bei der manuellen Aufschreibung, da die Mitarbeiter die Leistungsdaten am Ende der Schicht eintragen. Weiters werden die eingetragenen Leistungsdaten erst sehr viel später durch die zuständigen Personen ins SAP-System eingetragen. Im schlimmsten Fall erfolgt die Rückmeldung zwei bis drei Tage nach Leistungserbringung, wogegen im besten Fall die Rückmeldung am Ende der Schicht erfolgt. Die beiden erwähnten Zeitverzögerungen führen dazu, dass die Arbeitsvorbereitung sehr spät auf Abweichungen von den Vorgabewerten reagieren kann. Daher muss sich der Planer jeden Tag einen Überblick über die Fertigung verschaffen, was durch das Abschreiten der Produktionshallen erfolgen muss. Diese nicht wertschöpfenden Arbeitsprozesse binden Kapazität und könnten mit Unterstützung von MES-Systemen verbessert werden.

Redundante Daten

Eine wesentliche Schwachstelle in der Gießerei stellt die redundante Haltung von Daten dar, da dies den Regelfall darstellt. Gründe für die redundante Datenhaltung gibt es

⁴⁰⁵ Siehe Teilkapitel 4.6.2.

⁴⁰⁶ Zum Beispiel Strom, Erdgas oder Wasser.

mehrere, wobei ein Grund darin besteht, dass das SAP-System spezifische Auswertungen, Darstellungen und Prozesse nur mangelhaft unterstützt. Dies führt dazu, dass weitere Softwareprogramme geschaffen worden sind, wobei hier vor allem die Accessdatenbank zu erwähnen ist. Das Problem stellt nicht die Datenbank an sich dar, sondern die Tatsache, dass die Daten sowohl in dieser Datenbank, als auch im SAP-System vorhanden sind. Ein gutes Beispiel dafür stellt der Rückmeldeprozess auf die Schmelzenaufträge dar. Während des Schmelzprozesses werden die Daten durch den Schmelzer in der Chargenkarte der Accessdatenbank eingetragen.⁴⁰⁷ Da es aber keine Schnittstelle zwischen der Accessdatenbank und dem SAP-System gibt, erfolgt die Synchronisation der Daten durch manuelle Eingaben des Schmelzbetriebsmeisters. Erleichterung bringt dabei nur, dass einzelne Chargen zu einem größeren Fertigungsauftrag zusammengefasst werden können. Für diesen Rückmeldeprozess bedarf es ungefähr zwei Stunden pro Tag. Anzumerken ist dabei, dass der Schmelzbetrieb nur von einem Meister geführt wird, und dieser überwiegend für Tätigkeiten zur optimalen Schmelzenausbringung eingesetzt werden sollte. Diese Aufwendungen reduzieren die verfügbare Zeit des Meisters erheblich.

Die oben erwähnte Situation ist aber nicht das einzige Beispiel für Datenredundanz. Sämtliche Excel-Datenblätter, welche zu Auswertungszwecken, zu Abrechnungszecken, oder zu Kalkulationszwecken erstellt werden, sind aufgrund mangelnder Darstellbarkeit entwickelt worden. Beispielhaft sei dabei nur die in der Zeitwirtschaft durchgeführte Prämienverrechnung angeführt, die die manuelle Eingabe der Daten aus den Schichtenblättern in ein Excel-Datenblatt erfordert. Nach erfolgter Berechnung müssen die Prämiengrade der Mitarbeiter noch einmal ins SAP-System für die Lohnabrechnung eingegeben werden. Diese redundante Datenhaltung verursacht durch Kapazitätsbindung erhebliche Kosten.

Feinplanung in der Fertigung

Die Feinplanung in der Gießerei erfolgt in den Meisterbereichen, also direkt am Ort der Leistungserstellung.⁴⁰⁸ Grundsätzlich stellt diese Form der Feinplanung keine Schwachstelle dar, wenn nicht durch die mangelnde softwaretechnische Unterstützung dabei Informationslücken entstehen würden. Die Feinplanung im Form- und Kernherstellungsprozess erfolgt auf der Basis des Wochenprogramms. Dieses Wochenprogramm wird für die jeweils kommende Produktionswoche festgelegt und zwar basierend auf den Produktionsbesprechungen. Die Lieferterminbesprechung bildet weiters die Basis für die Feinplanung im Gussbearbeitungsprozess und im Prozess der Qualitätsprüfung. Mit dieser Information über das Wochenprogramm und der Lieferterminliste werden in den Bereichen die individuellen Feinpläne erstellt. Dabei ist zu beachten, dass der Feinplan auch nur diesen verantwortlichen Personen bekannt ist. Dadurch entsteht eine Informationslücke zwischen den Fertigungsbereichen und der Arbeitsvorbereitung, was einen erhöhten Kommunikationsaufwand bedeutet. Entscheidend ist, dass die Planer somit nur bis zur Erstellung des Wochenprogramms und bei der Lieferterminbesprechung die Möglichkeit haben, in die Feinplanung einzugreifen. Weiters fehlt den bereichsverantwortlichen Personen oftmals das Wissen über produktionsrelevante Details, die in der Arbeitsvorbereitung vorhanden wären. Ohne diese Informationen ist jedoch keine optimale Planung gewährleistet.

Zusätzlich sind die Führungspersonen in den Funktionsbereichen nicht in der Lage, die Auswirkungen ihres festgelegten Feinplanes auf die übrigen Bereiche abzuschätzen. Dies bedeutet, dass beispielsweise der Formereimeister nicht in der Lage ist, die Auswirkungen seines Feinplanes auf die Folgeprozesse abzuschätzen. Dies kann bedeuten, dass ein Arbeitsplatz im Bearbeitungsprozess wegen Materialmangel nicht belegt werden kann, da

⁴⁰⁷ Zum Beispiel Daten bezüglich Einsatzstoffe, Schmelzvorgang, Ofenleistung, etc.

⁴⁰⁸ Siehe Teilkapitel 4.5.2.

keine geeigneten Gussteile gefertigt worden sind. Die Planer versuchen diese Verfügbarkeit sicherzustellen, jedoch kommt es dennoch vor, dass Anlagen nicht ausgelastet werden können. Somit kann abschließend angemerkt werden, dass den planenden Personen der Überblick über die Produktion fehlt und daher Informationslücken aufgetan werden. Des Weiteren fehlt der Überblick über die einsatzbereiten Maschinen und über den Auftragsvorrat.

Fehlende Transparenz in der Fertigung

Für den Planer oder die verantwortlichen Personen besteht derzeit keine Möglichkeit, sich einen für die Planung notwendigen Überblick zu verschaffen. Dabei besteht eine Schwachstelle darin, dass keine Echtzeitinformationen in der Arbeitsvorbereitung bezüglich Auftragsstatus, Position des Auftrages in der Fertigung oder Störung einer Engpassmaschine vorhanden sind. Dies geht sogar soweit, dass bei jeder Kundenanfrage der Planer in die Fertigung gehen muss, das gewünschte Teil aufsuchen muss, die geforderten Daten erheben muss, die erhobenen Daten aufbereiten muss, um diese dann an den Kunden weiterleiten zu können. Diese Vorgehensweise ist sehr kosten- und kapazitätsintensiv und stellt eine wesentliche Schwachstelle dar. Trotz dieses hohen Aufwandes ist aber dennoch die Aussagekraft der Daten eingeschränkt, sodass errechnete Liefertermine manchmal trotzdem nicht eingehalten werden können. Der Grund liegt darin, dass der Fertigstellungstermin des betrachteten Produktes von den übrigen Produkten beeinflusst wird. Zusätzlich können teilweise durch fehlende Transparenz auch innerbetriebliche Termine⁴⁰⁹ nicht eingehalten werden. Die Nichteinhaltung von innerbetrieblichen Terminen führt aber dazu, dass die Teile in der Fertigung laufend gesucht werden müssen, der Status erhoben werden muss und anschließend, wenn die Teile nicht verfügbar sind erst eine Umplanung erfolgen kann. Die Umplanung und die physische Erhebung des Status von Gussteilen bindet viel Kapazität und oftmals muss die Zeitverzögerung mit Mehraufwand kompensiert werden.

Auswirkungen von Änderung der Reihenfolge in der Fertigung

Die Reihenfolgeplanung stellt in Fertigungsunternehmen einen zentralen Bereich dar, der von der Fertigungsstruktur abhängig ist. In der Stahlgießerei ist diese Planung ein komplexer Prozess, der im Teilkapitel über die Feinplanung dargestellt wurde.⁴¹⁰ Da ein Produktionssystem laufend Störfaktoren ausgesetzt ist, sind Anpassungen an die neuen Fertigungssituationen notwendig. Eine derartige Änderung kann beispielsweise der Anruf eines Kunden sein, der eine Änderung des zugesagten Liefertermins wünscht. Auf der anderen Seite kann durch eine Störung einer Maschine der Liefertermin verzögert werden. Diese Änderungen werden in der Gießerei vorwiegend durch Anweisungen von vorgesetzten Personen in die Feinpläne eingebracht. In diesem Rahmen wird jeder Fall analysiert und versucht, die Reihenfolge möglichst optimal zu planen. Daher muss der Planer, den aktuellen Status des Auftrages durch Suchen der Teile in der Fertigung feststellen und die weitere Vorgehensweise errechnen. Für diese Berechnung wird bei der Reihenfolgeplanung eine Rückwärtsterminierung des Fertigungsauftrages durchgeführt. Gleichzeitig bedarf es der Analyse der aktuell in der Produktion eingelasteten Aufträge, damit die neue Reihenfolge fixiert werden kann. Die auf diese Weise durchgeführte Planung bindet in den betroffenen Funktionsbereichen viele Kapazitäten, da die Änderung auch kommuniziert und umgesetzt werden muss.

Eine weitere Änderung im Produktionsablauf stellen Eilaufträge dar, die durch den Vertrieb mit dem Kunden vereinbart werden, wobei dies nur mit bedingter Prüfung erfolgt.

⁴⁰⁹ Zum Beispiel Anliefertermine bei der Qualitätssicherung oder zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen der Adjustage.

⁴¹⁰ Siehe Teilkapitel 4.5.2.

Ohne umfassende Prüfung ist aber keine Abschätzung der Auswirkung der Einlastung des zusätzlichen Auftrages möglich. Dadurch kommt es zur Überbelegung von Arbeitsplätzen, sodass der Arbeitsvorrat nicht abgearbeitet werden kann, was zu Verzögerungen führt. Dabei kann nur mit hohem Einsatz ein möglicher Lieferterminverzug verhindert werden. Diese angeführten Punkte führen oft dazu, dass der Materialfluss von Fertigungsaufträgen unterbrochen wird. Jede Unterbrechung verursacht aber Mehrkosten, da die Teile aus der Fertigung entnommen werden, auf einer Lagerfläche zwischengelagert und danach wieder eingelastet werden müssen. Zusätzlich erfordern Änderungen einen Kommunikationsaufwand, der sowohl die interne Kommunikation, als auch die externe Kommunikation betrifft, was jedoch wiederum Kapazitäten bindet und Kosten verursacht.

Leistungslohnermittlung und Verrechnung

Die diesbezügliche Schwachstelle in der Stahlgießerei stellt die Datenerhebung und Datenerfassung dar, da die Leistungsdaten nicht einmal, sondern öfters verarbeitet werden. Trotz der hohen Anzahl an verschiedenen Erfassungsdokumenten müssen die Leistungsdaten einmal ins SAP-System, sowie in eine Excel-Liste eingetragen werden. Obwohl sich die Prämie pro Mitarbeiter in der Excel-Liste automatisch aus den Daten errechnet, bindet die Leistungsverrechnung einen großen Kapazitätsanteil des Mitarbeiters in der Zeitwirtschaft. Der tägliche Aufwand kann im Durchschnitt mit 4 Stunden beziffert werden.

Eine weitere Schwachstelle besteht darin, dass es derzeit nicht möglich ist, geleistete Hilfslohne systemtechnisch zu erfassen. Als Hilfslohn bezeichnet man eine Leistungsart, die nicht einer direkten Produktionsleistung zuzuordnen ist, aber für deren Erstellung benötigt wird. Die Bezeichnung Hilfslohn stellt eine betriebsinterne Bezeichnung in der Maschinenfabrik Liezen dar. Mit dem aktuellen SAP-System ist es nicht möglich, die hohe Anzahl an Hilfslohnarten systemtechnisch zu erfassen. Zusätzlich zu diesen Punkten gibt es eine weitere Schwachstelle aufgrund der laufenden Änderung der Vorgabezeiten. Die Bestimmung der Leistung erfolgt durch Vorgabezeiten an den Arbeitsplätzen. Aufgrund des Produktionsverfahrens, ist die beim Vergießen erreichte Produktqualität nicht über alle Gussteile einer Charge konstant. Durch diese Qualitätsschwankungen kommt es vor, dass der Mitarbeiter einen Zeitzuschlag für die Bearbeitung erhält, was in der Prämie berücksichtigt werden muss. Diese Änderungen können im SAP-System nicht dargestellt werden, und es bedarf wieder zusätzlichen Aufwand, damit diese Daten berücksichtigt werden können. Dabei hat sich das Excel-Datenblatt bewährt, da die Änderung durch einfache Dateneingabe durchgeführt werden kann und die Prämie errechnet wird. Alle diese Tätigkeiten binden Kapazitäten und verursachen Kosten. Durch die direkte Eingabe und Verarbeitung der Daten können Einsparungen erzielt werden.

Besprechungswesen zur internen Informationsbereitstellung

Informationen in verschiedener Qualität und Ausführung stellen die Basis für den Produktionsprozess dar. Die Kunst in der Informationsbereitstellung besteht darin, diese zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der geforderten Qualität zur Verfügung zu stellen.⁴¹¹ Wie wichtig die Information für den Fertigungsablauf ist, wird oftmals unterschätzt. Hier besteht auch in der Stahlgießerei eine Schwachstelle und zwar dahingehend, dass die benötigten Informationen zwar vorhanden sind, aber nur teilweise am Bedarfspunkt zur Verfügung stehen. Für die Informationsweitergabe sind in der Stahlgießerei die bereichsverantwortlichen Personen zuständig, wobei ein Teil der Informationen in den Besprechungen weitergegeben wird. So wird beispielsweise bei der Produktionsbesprechung der Grobplan festgelegt, dessen Informationen in einen Feinplan umgesetzt werden müssen, wobei dafür

⁴¹¹ Vgl. Koether (2011), S. 21.

wiederum interne Kommunikation notwendig ist. Wie diese Darstellung zeigt, wird die Information in Besprechungen in kompakter Form an die Personen verteilt. Dabei müssen laufend Aufschreibungen von Prioritäten, Änderungen, oder sonstigen Faktoren getätigt werden. Diese Informationsflut führt dazu, dass Informationen vergessen werden. Zusätzlich kommt es vor, dass die Arbeitsvorbereitung nicht alle benötigten Informationen erhält, was die Planung signifikant beeinflussen kann. Weiters ist die Fertigung laufend einer Veränderung unterworfen, welche die Planungen beeinflussen kann. Dies hat den Nachteil, dass nicht alle am Prozess beteiligten Personen den gleichen Informationsstand haben, wodurch weitere Besprechungen notwendig werden. Ein gewisses Maß an Kommunikation ist ohne Zweifel notwendig, jedoch binden Besprechungen und die interne Kommunikation Kapazitäten und verursachen Kosten.

Keine Alarmierung bei Verzug oder Störung

Derzeit besteht eine Schwachstelle darin, dass es Auftragsverzögerungen aufgrund von Störungen oder Maschinenstillständen gibt, die jedoch vermieden hätten werden können. Der Hintergrund ist der, dass Störungen oder Stillstände nur dann an den Planer gemeldet werden, wenn der Meister die Information weiterleitet. Im schlimmsten Fall wird die Information erst bei der Produktionsbesprechung weitergeleitet. Der Planer kann nur dann auf eine Störung reagieren, wenn die Informationen auch vorliegen, wodurch beispielsweise die Abarbeitung des Auftrag auf einer anderen Maschine erfolgen hätte können. Durch das Fehlen von Alarm- oder Störungsmeldungen entsteht ein Zeitverzug, was zu erhöhten Kosten in der Fertigung und zu so genannten Opportunitätskosten führt. Unter Opportunitätskosten versteht man den Nutzenentgang, der durch die Wahl einer nichtoptimalen Alternative entstanden ist.⁴¹² Dabei wäre durch die Auftragsabwicklung auf einer anderen Maschine ein höherer Nutzen entstanden. Durch die graphische Darstellung des Auftragszustandes und die Meldung von Störungen oder Zeitverzögerungen, könnten Opportunitätskosten reduziert werden.

Zusammenfassend kann am Ende dieses Kapitels festgehalten werden, dass es in der Stahlgießerei mehrere Schwachstellen gibt, die durch die Einführung eines MES-Systems verbessert werden können. Dabei muss festgehalten werden, dass zwar viele Informationen vorhanden sind, diese aber nur bedingt den Mitarbeitern in der Fertigung zur Verfügung gestellt werden. Dies führt dazu, dass zusätzliche Prozessschritte eingeführt werden müssen, damit die Information zielgerecht am Arbeitsplatz ankommt. Hinzu zu dieser Informationslücke kommt noch die Tatsache, dass in der Fertigung der Gießerei nur eine geringe Transparenz vorherrschend ist. Dies führt zu Lieferterminproblemen und weiters bei Nichteinhaltung von Lieferterminen zu unzufriedenen Kunden, wobei die Mitarbeiter beim Aufholen des Lieferterminrückstands einem zusätzlichen Stress ausgesetzt sind. Basierend auf der durchgeführten Analyse und den abgeleiteten Schwachstellen, können im Kapitel 5 die Anforderungen an ein MES-System definiert werden. Diese Anforderungen und die Analyse bilden auch die Basis für die Ableitung der Verbesserungspotenziale, die im Kapitel 6 genauer dargestellt werden.

⁴¹² Vgl. Thommen/Achleitner (2003), S. 443.

5 Ableitung von Anforderungen an das MES-System

In diesem Kapitel werden die Anforderungen, die an ein Manufacturing Execution System im Fertigungsumfeld der Stahlgießerei der MFL gestellt werden, dargestellt und erläutert. Diese Anforderungen wurden basierend auf der Systemanalyse und den daraus abgeleiteten Schwachstellen, inklusive der in Kapitel 3 angeführten theoretischen Basis, erarbeitet.⁴¹³ Am Beginn dieses Kapitels wird zunächst auf die allgemeinen Anforderungen eingegangen, die einen Einfluss auf die Einführung eines MES-Systems haben, aber nicht direkt an das MES-System gestellt werden. Anschließend erfolgt die konkrete Diskussion der Anforderungen, die ein MES-System im Fertigungsumfeld einer Stahlgießerei erfüllen muss. Dabei werden in diesem Rahmen die Module, welche für den Anwendungsfall der Stahlgießerei relevant sind, mit den dazugehörigen Anforderungen dargestellt und erläutert. Diese gewählte und auch vom Praxispartner geforderte Gliederung der Anforderung weist den Vorteil auf, dass die Anforderungen direkt den MES-Systemfunktionalitäten zugeordnet sind, sodass daraus ohne großen Aufwand die Erstellung des Lastenhefts für das weiterführende Anbieterverfahren erfolgen kann. Jene Anforderungen, die an das MES-System gerichtet sind, aber keinen Modul zugeordnet werden können, werden unter den sonstigen Anforderungen dargestellt und erläutert. Zum Abschluss wird noch der Vergleich zwischen den in der Literatur vorgeschlagenen Modulen für einen Serienfertiger und den tatsächlich für den Anwendungsfall der Gießerei benötigten Modulen durchgeführt.

5.1 Allgemeine Anforderungen an die Stahlgießerei

Für die Implementierung eines MES-Systems in das Fertigungsumfeld der Stahlgießerei der MFL gibt es nicht nur Anforderungen die an das MES-System gestellt werden, sondern auch Anforderungen an das bestehende System. Dabei werden unter dem bestehenden System einerseits die vorhandenen IT-Systeme⁴¹⁴ und andererseits die Akteure, welche die verschiedenen IT-Systeme bedienen, verstanden. In diesem Teilkapitel sollen die drei wichtigsten Anforderungen an das bestehende System der Stahlgießerei dargestellt und erläutert werden. Dabei ist anzumerken, dass diese Anforderungen auf jeden Fall bei der Umsetzung des Projektes Berücksichtigung finden müssen, damit eine erfolgreiche Systemeinführung ermöglicht wird. Diese drei Anforderungen stellen einen Auszug der möglichen allgemeinen Anforderungen dar, wobei der Fokus der Arbeit nicht auf den Anforderungen an das bestehende System, sondern auf den Anforderungen an das MES-System für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei liegt. Für eine durchgängige Betrachtung müssen diese Anforderungen aber aufgrund ihres Beitrags zur erfolgreichen Umsetzung inkludiert werden. Dabei ist anzumerken, dass die unten angeführten Aspekte im Kapitel 3 als Voraussetzungen genannt worden sind. Aufgrund der Analyse der aktuellen Situation, stellen diese Aspekte aber für den Anwendungsfall der Stahlgießerei konkrete Anforderungen dar, da aktuell diese Aspekte von der Stahlgießerei keinesfalls erfüllt werden. Die drei Anforderungen können wie folgt festgehalten werden:

- Pflege der Daten im SAP und in der Accessdatenbank
- Integration und Sichtweisenwechsel in allen Abteilungen
- Vorhandene innerbetriebliche IT-Infrastruktur für die MES Anbindung

⁴¹³ Siehe Teilkapitel 4.7.

⁴¹⁴ Siehe Teilkapitel 4.6.1.

Pflege der Daten im SAP und in der Accessdatenbank

Die Qualität der Daten und die Datenpflege haben einen signifikanten Einfluss auf die Datenverarbeitung eines MES-Systems. Die Datenqualität ist für die Richtigkeit von Analysen, von Darstellungen, von Berechnungen, von Simulationen und für den Informationsaustausch entscheidend. Ein Qualitätsmangel bei den Daten bedingt mehrere Aspekte, die die Abarbeitung eines Kundenauftrags stören können. So kommt es beispielsweise vor, dass die im System vorhandenen Daten aufgrund von laufenden Änderungen nicht mehr auf dem letzten Stand sind. Mangelnde Datenqualität führt aber auch dazu, dass Planungsdaten, die auf diesen mangelnden Daten basieren auch nur mangelhaft sein können, was die Produktionsabwicklung entsprechend beeinflusst. Durch die fehlerbehafteten Daten werden Entscheidungen unter Unsicherheit getroffen, die bei der Auftragsabwicklung signifikanten Einfluss auf das Prozessergebnis haben können. Somit bedarf es in der Stahlgießerei der Prüfung und Berichtigung sämtlicher Daten, die in der Accessdatenbank und im SAP-System verwaltet und verarbeitet werden.

Ein weiterer Aspekt, der aktuell immer wieder zu Problemen führt stellt die Tatsache dar, dass es bei fehlerbehafteten Daten zu Problemen in der Fertigung kommen kann, da falsche Annahmen getroffen werden. Dies bedeutet, dass beispielsweise die Aussagekraft von zugesagten Lieferterminen durch fehlerhafte Annahmen stark eingeschränkt ist. Daher besteht die Anforderung an das bestehende System, dass die eingegebenen Daten immer auf den neuesten Stand, sowie auch die Grunddaten entsprechend aktuell und richtig von den Systemen zur Verfügung gestellt werden. Das gilt vor allem für Systeme die Inputdaten an das MES-System liefern, wie das ERP-System und die Accessdatenbank.

Integration und Sichtweisenwechsel in allen Abteilungen

Die Implementierung eines MES-Systems führt zu einer grundsätzlichen funktionalen und organisatorischen Veränderung in der Stahlgießerei. Diese Änderung inkludiert nahezu alle Sicht- und Arbeitsweisen in der Fertigung.⁴¹⁵ Die Akzeptanz des Systems in allen Bereichen und über alle Personen hinweg stellt einen wichtigen Faktor für den erfolgreichen Einsatz des MES-Systems dar. Dies bedeutet, dass jeder Mitarbeiter dieses System als Bestandteil seiner Arbeit anerkennen und akzeptieren muss. Ohne die Akzeptanz des Systems kann es zur absichtlichen Manipulation der Daten kommen, wobei dadurch Planungen und Auswertungen, sowie auch die abgeleiteten Aussagen, unbrauchbar werden. Zusätzlich bedarf es der Integration der EDV-Abteilung, sowie auch der Controllingabteilung, die für die Systemadministration des SAP-Systems zuständig ist. Somit stellt die Integration aller Personen und Abteilungen eine wichtige Anforderung für die Umsetzung dar.

Vorhandene innerbetriebliche IT-Infrastruktur für die MES Anbindung

Für jedes Softwaresystem wird eine angepasste und leistungsfähige IT-Infrastruktur hinsichtlich der Hardware und der Kabeltechnik benötigt. Diese innerbetriebliche Infrastruktur stellt die Basis für die Funktionsfähigkeit der Softwaresysteme dar, und ermöglicht erst den Datenaustausch zwischen den verschiedenen Clients und der Datenbank. Der Aufbau dieser Art von Infrastruktur ist äußerst aufwendig und bedarf in der Regel einer Investition und entsprechender Vorbereitungszeit. Die Infrastruktur eines MES-Systems wird bei der Anforderungsbetrachtung als vorhanden vorausgesetzt, sodass auf eine genaue Diskussion der Anforderungen für die IT-Infrastruktur verzichtet wird. Wichtig ist, dass wenn keine leistungsfähige Infrastruktur vorhanden ist, das gesamte System nicht funktionsfähig ist. Daher stellt für jedes Softwaresystem eine auf die Bedingungen ausgelegte und leistungsfähige Infrastruktur die Basis dar, die vor der Systemeinführung installiert werden muss.

⁴¹⁵ Siehe Teilkapitel 4.4.

5.2 Anforderungen an das MES-System der MFL

Die Anforderungen, die an ein Manufacturing Execution System für dessen Einsatz in der Stahlgießerei gestellt werden, sind nachfolgend angeführt. Dabei sind die Einzelanforderungen, wie erläutert in Gruppen zusammengefasst worden, wobei die Zugehörigkeit zu einer Gruppe so gewählt worden ist, dass diese der Definition der Module im MES-System der Literatur entspricht.⁴¹⁶ Diese gewählte Einteilung soll ein einfacheres Verständnis für die Zuordnung einer Anforderung zu einem Modul schaffen. Im Fertigungsumfeld der Gießerei werden gemäß der Anforderungsdefinition die Module Betriebsdatenerfassung (BDE), Leitstand oder Plantafel (HLS), Personaleinsatzplanung (PEP) und Leistungslohn-ermittlung (LEE) zur Fertigungsunterstützung benötigt. Jedes dieser Module unterstützt die Fertigung der Stahlgießerei in einer anderen Funktion, wobei diese Module in Verbindung mit den bestehenden Systemen eine verbesserte Fertigungssteuerung ermöglichen. Aufgrund der Tatsache, dass eine Anforderung die Funktionen von mehreren Modulen erfordert, kann es vorkommen, dass eine konkrete Anforderung bei mehreren Modulen diskutiert wird. Diese Beschreibungen erfolgen aber nur in einem sinnvollen Ausmaß, sodass der Überblick bewahrt werden soll. Die Darstellung der Anforderungen wird nachstehend mit dem Modul der Betriebsdatenerfassung begonnen.

5.2.1 Anforderungen an die Betriebsdatenerfassung

Das Modul der Betriebsdatenerfassung stellt für die Stahlgießerei das wichtigste Modul dar, welches der direkten Erfassung der Daten aus den Produktionsbereichen dient. Die Aufgaben des Moduls wurden in den vorangegangenen Kapiteln vorgestellt.⁴¹⁷ Für alle Planungsaktivitäten sind richtige und in Echtzeit zur Verfügung gestellte Betriebsdaten von entscheidender Bedeutung. Somit bildet die Betriebsdatenerfassung die Basis der zukünftigen MES gestützten Produktion und ermöglicht durch die Echtzeiterfassung der Daten eine durchgängige und sichere Planung in der Arbeitsvorbereitung. Ohne die direkte Erfassung der im Betrieb erzeugten Daten ist eine leistungsfähige Planung und Steuerung nicht möglich. Nachstehend sind die Anforderungen an die Betriebsdatenerfassung angeführt.

Digitale Erfassung der Produktionsdaten

Die softwaregestützte Erfassung der Produktionsdaten stellt die zentrale Anforderung an ein MES-System dar. Das MES-System muss in der Lage sein, die vom Mitarbeiter über ein Erfassungsgerät eingegebenen Daten zu erfassen. Die in das Erfassungsgerät eingegebenen Daten müssen weiters direkt vom MES-System übernommen, den Fertigungsaufträgen zugeordnet und den jeweiligen Bedarfstellen wie beispielsweise dem Leitstand oder der Personaleinsatzplanung, zur Verfügung gestellt werden. Durch die direkte Erfassung der fertigungsrelevanten Daten würde die doppelte Dateneingabe vermieden und die Daten bedarfsgerecht zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich zur direkten Erfassung der Daten muss das Erfassungsgerät die Dateneingabe von verschiedenen Daten ermöglichen. Welche Daten dies genau sind muss bei der Projektumsetzung festgelegt werden, sodass die Datenanzeige frei konfigurierbar sein muss. Die Mindestanforderungen werden kurz diskutiert. So muss der Mitarbeiter seine Bearbeitungszeit und die Anzahl der Stücke, die in der Zeit bearbeitet worden sind, eintragen können. Die Bearbeitungszeit könnte aber auch automatisch aus der Anmeldung und der Abmeldung auf einen Auftrag vom MES-System errechnet werden. Weiters muss die Möglichkeit bestehen, dass die Ausschussstückzahlen direkt gemeldet werden. Dies würde zur Verbesserung der Ausschussverfolgung und der Qualität der Ausschussauswertung führen. Eine weitere Eingabemöglichkeit am Erfassungsgerät

⁴¹⁶ Vgl. Kletti (2006), S. 31 ff.; Siehe Teilkapitel 3.3.

⁴¹⁷ Siehe Teilkapitel 3.3.3.

muss die Eingabe des Status des Arbeitsplatzes sein, sodass zwischen dem Status keine Produktion, in Arbeit, Störung, oder Wartung unterschieden werden kann. Bei Störungen muss weiters zwischen der Art der Störung unterschieden werden können, wobei die Unterscheidung zwischen elektrischer Störung, mechanischer Störung und Störungen bei Medien ausreichen würde. Die Darstellung der Störungsgründe sollte am Erfassungsgerät zumindest in Form einer Auswahlliste erfolgen, sodass der Mitarbeiter den Störungsgrund direkt auswählen kann.

Auftragszuweisung für den Mitarbeiter

Die direkte Auftragszuweisung stellt eine weitere Anforderung an das MES-System im Rahmen der Betriebsdatenerfassung dar. Die aktuelle Situation der Auftragszuweisung soll dahingehend verbessert werden, als dass diese Zuweisung zukünftig durch das MES-System durchgeführt werden soll. Dabei muss das MES-System, den in der Plantafel generierten Feinplan und den sich daraus ergebenden Auftragsvorrat direkt auf die einzelnen Arbeitsplätze zuweisen. Durch die Anmeldung eines Mitarbeiters zu einem Auftrag am Erfassungsgerät, muss dem Mitarbeiter exakt ein Arbeitspaket zugeteilt werden können, welches er nach Arbeitsplatzzuordnung bearbeiten darf. Schwieriger wird die Auftragszuweisung bei den so genannten Gruppenarbeitsplätzen, da der Arbeitsvorrat auf jeden Arbeitsplatz bearbeitet werden könnte. Dabei liegt das Problem vielmehr darin, dass ein Mitarbeiter ein Gussteil aus Qualifikationsgründen besser bearbeiten kann, als ein anderer Mitarbeiter auf demselben Arbeitsplatz. Dieses Wissen ist derzeit dem jeweiligen Meister vorbehalten, sodass dieser Aspekt aktuell bei der Zuweisung des Arbeitspaketes berücksichtigt wird. Daher muss das MES-System für diese Arbeitsplätze die Zuweisung einzelner Arbeitspakete wie bisher durch den Meister ermöglichen. Dabei muss das MES-System dem Meister alle vorhandenen Aufträge zum Gruppenarbeitsplatz anzeigen, und der Meister teilt dem jeweiligen Mitarbeiter dann die Arbeitspakete zu. Diese zugeteilten Arbeitspakete können dann durch den Mitarbeiter am Erfassungsgerät ausgewählt werden. Der Grund für diese Variante der Auftragszuweisung liegt darin, dass die Qualifikation eines Mitarbeiters aktuell im SAP-System nicht gepflegt wird, und ein durchgängiges Qualifikationsmanagement im MES-System derzeit nur ansatzweise möglich ist.⁴¹⁸

Datenerfassung bei überlagerten Systemaufträgen

Das MES-System muss bei der Betriebsdatenerfassung die Überlagerung, sprich die gleichzeitige Abarbeitung eines Fertigungsauftrages auf verschiedenen Arbeitsplätzen ermöglichen. Die Information, ob ein Auftrag überlagert werden darf, ist aktuell im SAP hinterlegt und kann direkt vom MES-System übernommen werden. Dabei hat das MES-System sicherzustellen, dass der Arbeitsvorrat, gemäß eingestellter Losgröße, auf die Arbeitsplätze zugeteilt wird. Zusätzlich muss ermöglicht werden, dass sich die Mitarbeiter auf den gleichen Auftrag an verschiedenen Arbeitsplätzen an- und abmelden können, sowie auch die Rückmeldungen entsprechend buchen können. Weiters muss ermöglicht werden, dass die Anmeldung auf dem Folgearbeitsplatz nur dann möglich ist, wenn zumindest ein Los am Vorgängerarbeitsplatz fertig gemeldet worden ist. Dabei soll dem Mitarbeiter die aktuellen kumulierten Stückzahlen angezeigt werden, damit Fehlbuchungen vermieden werden können. Wichtig ist, dass das MES-System die Abarbeitung der kleineren Auftragsmengen gemäß den vergebenen Prioritäten und dem Endliefertermin über alle Arbeitsplätze hinweg ermöglichen muss.

⁴¹⁸ Führende MES-Systemanbieter weisen auf diesen Aspekt auf den Homepages hin.

Übermittlung fertigungsrelevanter Information an die Mitarbeiter

Informationen sind für die Fertigungsauftragsabwicklung essentiell, wobei der Informationsbedarf zwischen den Arbeitsplätzen variiert. Dabei bedarf es einer Darstellungsform, die genau die benötigten Informationen für den jeweiligen Fertigungsschritt oder Arbeitsplatz anzeigt. Die Informationen selbst werden für den Herstellungsprozess benötigt und sind für die Qualität des Prozessoutputs entscheidend. Daher muss es das MES-System ermöglichen, dass alle für den Arbeitsschritt notwendigen Daten, direkt am Erfassungsgerät vom Mitarbeiter abgerufen werden können. Dabei soll der Mitarbeiter bestätigen, dass er die Informationen gelesen und verstanden hat. Zu diesen Dokumenten zählen mindestens alle Mess- und Prüfanweisungen, produkt- und arbeitsplatzbezogene Arbeitsanweisungen, Zeitvorgaben für den Arbeitsschritt, der technische Akt mit allen Zeichnungen und Probelaufkarten, sowie der aktuelle Auftragsstatus. Dabei hat das MES-System die Aufgabe, alle Daten aus den vorhandenen Softwaresystemen auszulesen und am Erfassungsgerät darzustellen. Zu der Informationsbereitstellung von Vorgabedokumenten bedarf es zusätzlich der Informationsbereitstellung von leistungsbezogenen Daten am Erfassungsgerät. Dabei muss dem Mitarbeiter sein aktueller Leistungsgrad angezeigt werden, damit dieser bei Bedarf auf die bisher erbrachte Leistung reagieren kann. Möglicherweise könnten Informationen hinsichtlich der Entlohnung des Mitarbeiters angezeigt werden, wobei dies mit dem Betriebsrat diskutiert werden muss.

Direkte Rückmeldung auf die Aufträge

Für die Abwicklung der Produktion werden verschiedene Auftragsstypen⁴¹⁹ eingesetzt, die unterschiedliche Informationen enthalten. Die Kostenbelastung dieser Aufträge erfolgt durch Rückmeldungen, die zukünftig direkt durch das MES-System durchgeführt werden müssen. Dabei müssen die direkt durch den jeweiligen Mitarbeiter am Erfassungsgerät eingegebenen Daten übernommen und weiterverarbeitet werden. Die auf diese Art rückgemeldeten Daten haben aber in weiterer Folge durch das MES-System direkt an das SAP-System weitergeleitet zu werden. Dabei hat das MES-System die Aufgabe, die eingegebenen Daten aufzubereiten und automatisch auf die, im SAP-System generierten Aufträge, richtig zuzuweisen. In diesem Zusammenhang sollen nicht nur die Stückzahlen und die Zeiten eingebucht werden, sondern zusätzlich auch der Ausschuss oder weitere für die Verrechnung relevante Daten berücksichtigt werden. Zu berücksichtigen ist, dass durch das Echtzeitsystem MES die Datenaktualität im SAP-System eine geringere Rolle spielt, da die aktuellen Daten zu jedem Zeitpunkt im MES-System vorhanden sind. Daher genügt es, wenn zwei Mal pro Tag ein automatischer Datenabgleich zwischen den Systemen erfolgt.

Zur Sicherstellung des Datenaustausches bedarf es zertifizierter Schnittstellen, über die die Datenübertragung in beide Richtungen erfolgen kann. Wichtig ist, dass bereits geschlossene Fertigungsaufträge nach der Endrückmeldung aus dem MES-System gelöscht und im ERP-System archiviert werden sollen, da die Aufträge selbst für die Fertigungsabwicklung nicht mehr benötigt werden. Die wesentlichsten Daten sind dann im SAP vorhanden und bei Bedarf können wichtige Daten noch aus den Auftragsdaten im SAP ausgelesen werden.

Verfügbarkeit der Daten in anderen Modulen und Eingriffsmöglichkeiten

Die im Modul der Betriebsdatenerfassung vorhandenen und von den Mitarbeitern eingegebenen Daten müssen allen Modulen des MES-Systems zur Verfügung gestellt werden. Dies entspricht dem Gedanken der horizontalen und vertikalen Integration⁴²⁰ eines MES-Systems. Ein Beispiel für die Verfügbarkeit von Daten ist die Errechnung des Prämiengra-

⁴¹⁹ Siehe Teilkapitel 4.6.2.

⁴²⁰ Siehe Teilkapitel 3.2.3.

des im Modul der Leistungsloohnermittlung. Hierbei dienen die eingegebenen Daten der Mitarbeiter als Basis für die Errechnung des Leistungsgrads. Weiters basiert die komplette Planung im Leitstand auf den, in das Erfassungsgerät eingegebenen Betriebsdaten. Diese Daten müssen unmittelbar nach Eingabe in Echtzeit zur Verfügung stehen, damit die Abbildung des Produktionsprozesses in Echtzeit ermöglicht wird. Zusätzlich bedarf es der laufenden Korrektur von Daten, die in das MES-System durch die Mitarbeiter eingegeben werden. Diese Korrekturmöglichkeit ist wichtig, da es durch die Mitarbeitereintragung zu Fehlbuchungen kommen kann, und diese wieder storniert werden müssen. Dabei muss das MES-System alle Daten auf Plausibilität prüfen, sodass Eingabewerte, die über festgelegten Grenzen liegen, unmittelbar erkannt und aufgezeigt werden. Weiters hat das MES-System diese Daten in Form eines Berichtes zur Vereinfachung der Kontrolltätigkeiten zur Verfügung zu stellen. Diese Auswertung muss einfach und rasch verfügbar sein, damit keine aufwendige Datenaufbereitung notwendig ist.

5.2.2 Anforderungen an die Personaleinsatzplanung

Die Personaleinsatzplanung stellt das nächste wichtige Modul für den Einsatz eines MES-Systems in der Stahlgießerei dar. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Erfassung der Anwesenheitszeiten aktuell im SAP durchgeführt wird, sodass das Modul der Personalzeiterfassung für die Stahlgießerei nicht relevant ist. Sollte in einem Stahlwerk kein System zur Erfassung der Anwesenheitszeiten vorhanden sein, so bedarf es zusätzlich dem Modul der Personalzeiterfassung. Die im SAP erfasste Zeitstempelung muss aber dem MES-System für die Fertigungsplanung in Echtzeit zur Verfügung gestellt werden, da die Planung der Humanressourcen einen essentiellen Faktor in der Fertigungsplanung darstellt. Diese Übernahme und die Planung von Personalkapazitäten soll in der Personaleinsatzplanung durchgeführt werden. Die Anforderungen an dieses Modul sind nachstehend angeführt.

Anwesenheitszeiterfassung und -kontrolle der Mitarbeiter

Die Anwesenheitserfassung der Mitarbeiter erfolgt derzeit mittels einer Zeitstempelung an der Zeitstempeluhr, wobei die Aktivierung durch eine Erfassungskarte erfolgt. Der so erfasste Zeitpunkt wird direkt dem HR-Modul im SAP übermittelt. Aktuell wird bei den Arbeitern nur überprüft, ob ein Mitarbeiter vor oder nach Schichtbeginn gekommen ist, oder ob Überstunden geleistet worden sind. Das MES-System muss diese Zeiterfassung unterstützen und zwar dahingehend, dass die An- und Abmeldung eines Mitarbeiters auf einen Fertigungsauftrag dokumentiert wird. Durch diese Daten ist es möglich, dass die Anwesenheitszeit mit der produktiven Arbeitszeit abgeglichen wird und somit auch einer Analyse zugänglich gemacht werden. Zusätzlich muss das MES-System die Zeitstempelung des ERP-Systems einlesen können und den Mitarbeitern bei der „Kommt“ Stempelung als anwesend, und bei der „Geht“ Stempelung als abwesend führen. Dadurch wird die Anwesenheit erhoben, und weiters steht die Mitarbeiterkapazität für die Feinplanung zur Verfügung. Sollte ein Mitarbeiter nicht anwesend sein, so muss das MES-System eine automatische Benachrichtigung an die Bedarfsstellen generieren, und die Kapazitäten aus der Planung nehmen, sodass diese Situation am Leitstand dargestellt werden kann.

Schichtenmodell und Abweichungen

Die Arbeitszeit, die ein Mitarbeiter im Unternehmen anwesend ist, unterliegt gesetzlichen Vorgaben, die vom Unternehmen einzuhalten sind. Der Mitarbeiter wird somit gemäß seiner Qualifikation auf einen Arbeitsplatz zugeordnet, wobei die Arbeitszeiten fix vorgegeben sind. Aufgrund gesetzlicher Bestimmungen ist diese Arbeitszeit auf 8 Stunden beschränkt, wobei die Pflichtzeit in der Stahlgießerei 7,7 Stunden beträgt. Diese Arbeitszeit wird in drei festgelegten Intervallen, die auch als Schicht bezeichnet wird, von den Mitarbeitern geleistet. Die Zeitenintervalle liegen bei der Frühschicht zwischen 06:00 und 14:00

Uhr, bei der Nachmittagschicht zwischen 14:00 und 22:00 Uhr und bei der Nachtschicht zwischen 22:00 und 06:00 Uhr. Diese Schichtzeiten sind direkt im SAP hinterlegt, können derzeit aber nicht für die Kapazitätsplanung und die Schichteinteilung herangezogen, da diese Daten nicht aufbereitet werden. Die Daten sind aber für die Fertigungssteuerung und somit für die Ausbringungsmenge einer Schicht entscheidend. Das Führen von Schichtplänen und die Zuordnung von Mitarbeitern auf einen Arbeitsplatz innerhalb einer Schicht, muss daher durch das MES-System sichergestellt werden. Dabei muss die Planung der Mitarbeiterkapazität sowie die benötigte Schichtanzahl direkt im MES-System gemäß der Auftragslast durchgeführt und diese Daten an das SAP-System übermittelt werden. Diese Daten werden zusätzlich für die Ermittlung von Schichtzulagen oder weiteren Zulagen⁴²¹ benötigt. Durch die Planung der Personalkapazität im MES-System wird die automatische Zuordnung der Schichtdaten gemäß Auftragslast gewährleistet. Zusätzlich muss das MES-System noch sicherstellen, dass die gesetzlichen Arbeitszeiten eingehalten werden und im Falle einer Überschreitung eine entsprechende Alarmmeldung generiert wird.

Qualifikation der Mitarbeiter

Jede im Unternehmen tätige Person hat unterschiedliche Fähigkeiten, wodurch sich verschiedene Qualifikationsprofile ergeben. Aufgrund der Tatsache, dass jeder Mitarbeiter in der Fertigung unterschiedlich qualifiziert ist, können Arbeitsplätze nur mit bestimmten Mitarbeitern belegt werden. Dabei darf man sich das Qualifikationsmanagement nicht so vorstellen, dass alle Fähigkeiten systemtechnisch erfasst sind sondern vielmehr, dass der Mitarbeiter im ERP-System einer Kostenstelle als Stammkostenstelle zugewiesen wird, sodass eine Beziehung zwischen Kostenstellenarbeitsplätzen und Mitarbeiter besteht. Genau diesen Fall muss das MES-System unterstützen, und zwar dahingehend, dass einem Mitarbeiter nur die Arbeitsplätze und Arbeitspakete am Erfassungsgerät angezeigt werden, die auch für diesen Mitarbeiter gemäß Qualifikationsprofil zulässig sind. Dies muss durch eine Prüfung bei der Auftragszuweisung erfolgen. Bei Nichterfüllung von Anforderungen für die Bearbeitung eines Auftrages muss das MES-System die Anmeldung verweigern, oder es darf dieser Auftrag gar nicht angezeigt werden. Zusätzlich zu dieser Sperre, muss das MES-System auch der vorgesetzten Person mitteilen, wann ein Mitarbeiter wieder eine Schulung oder eine Unterweisung benötigt. Dadurch kann die fristgerechte Unterweisung der Mitarbeiter sichergestellt werden.

Unter 5.2.1 wurde die Zuordnung von Aufträgen zu einem Gruppenarbeitsplatz erläutert, was im konkreten Fall der Stahlgießerei nicht ganz einfach ist, da alle Mitarbeiter, die im System hinterlegten Anforderung für die Bearbeitung der Teile erfüllen. In diesem Fall muss wie erwähnt, der Meister die Zuordnung übernehmen, und zwar gemäß weiterführenden Kriterien. Zu diesen Kriterien zählt beispielsweise die Häufigkeit der Bearbeitung des betrachteten Teils durch einen Mitarbeiter. Die Daten und die damit verbundene Zuteilung muss durch das MES-System sichergestellt werden.

5.2.3 Anforderungen an den Leitstand

Das nächste Modul, das für die Produktion der Stahlgießerei entscheidend ist, ist das Modul Leitstand oder Plantafel. Dieses Modul stellt das Herzstück der Feinplanung in einem MES-System dar.⁴²² Im Leitstand werden unter anderem die in die Fertigung eingelasteten Aufträge graphisch dargestellt, deren Zusammenhänge visualisiert, Endtermine und aktuelle Auftragsfortschritte dargestellt, beziehungsweise visualisiert. Dabei ist darauf zu achten, dass eine hohe Datenqualität für eine aussagekräftige Planung erreicht werden muss. Nach-

⁴²¹ Zum Beispiel die Schwerarbeiterzulage.

⁴²² Siehe Teilkapitel 3.3.4.

stehend sind die Anforderungen an das Modul Leitstand im Fertigungsumfeld der Stahlgießerei dargestellt.

Transparenz in der Fertigung und graphische Darstellung

Wie bei den Schwachstellen aufgezeigt, gibt es derzeit in der Stahlgießerei aufgrund der aktuellen IT-Infrastruktur nur eine geringe Transparenz des Fertigungsablaufs, was durch deutliche Mehraufwendungen kompensiert werden muss. Zur Schaffung von Transparenz ist es wichtig, dass laufend, und somit in Echtzeit die aktuelle Situation in graphischer Form aufbereitet und den planenden Personen zugänglich gemacht wird. Das MES-System muss daher die graphische Darstellung der aktuellen Fertigungssituation im Leitstand ermöglichen. Dabei muss der Leitstand alle Eingabedaten unmittelbar, also in Echtzeit, in der graphischen Benutzeroberfläche anzeigen. Durch diese Darstellungsform verfügt jede am Prozess beteiligte Person über dasselbe Informationsniveau über alle Produktionsbereiche hinweg. Wichtig ist, dass durch die transparente Darstellung der gesamte Arbeitsvorrat der Arbeitsplätze dargestellt wird und gleichzeitig auch der Anarbeitungsgrad eingelasteter Aufträge direkt aus dem Leitstand entnommen werden kann. Dadurch kann das Suchen der Teile vermieden werden, und die Gussteile bei Bedarf zielgerichtet aufgesucht werden.

Zur weiteren Verbesserung der Transparenz ist es notwendig, dass die Auftragsdaten direkt am Leitstand angezeigt werden. Solche Daten können je nach Anwender die Vorgabezeiten, Spezifikationen, Maße oder Stückzahlen sein. Durch diese Datenbereitstellung kann beispielsweise der Meister rasch und effizient auftretende Fragen von Mitarbeitern beantworten, und mögliche Wartezeiten vermeiden. Zusätzlich können Wiederholungsfehler durch die Darstellung von Anmerkungen direkt am Erfassungsgerät vermieden werden.

Anforderungen an die Feinplanung im MES-System

Die wichtigste Aufgabe des Moduls Leitstand besteht darin, die Feinplanung in der Arbeitsvorbereitung der Stahlgießerei zu unterstützen. Dabei stellt die wesentlichste Anforderung an die MES gestützte Feinplanung, die im vorangestellten Abschnitt erwähnte Echtzeitdarstellung der Produktionssituation dar. Dabei müssen unter anderem die Aufträge, der Fertigungsablauf der Aufträge, der Arbeitsvorrat auf den Arbeitsplätzen, der Auftragsstatus und die Auftragszusammengehörigkeit zum Kundenauftrag am Leitstand dargestellt werden. Die Echtzeitdarstellung bedeutet, dass eine durchgeführte Rückmeldung sofort und ohne Zeitverzug, direkt am Leitstand angezeigt wird. Gleichzeitig muss die Anmeldung eines Mitarbeiters auf einen zugewiesenen Auftrag umgehend kenntlich gemacht werden. Diese Aktualität der Daten im Leitstand ist für die Schaffung von Transparenz mitverantwortlich. Weiters ermöglicht die Echtzeitdarstellung auch den raschen und zielgerichteten Eingriff in die Produktion im Falle vorhandener Abweichungen. Somit stellen diese Daten im Leitstand die Grundlage für die Feinplanung dar.

Eine weitere Anforderung an ein MES im Hinblick auf die Feinplanung, stellen die im Leitstand benötigten Informationen dar. Das Mindestmaß an Informationen, die dem Planer durch ein MES-System zur Verfügung gestellt werden müssen, ist nachstehend angeführt:

- Information über den Auftragsvorrat
- Information über den Auftragsstatus
- Ergänzende Informationen zum Fertigungsauftrag
- Information über den Zeitstatus und Vorgabezeiten
- Informationen über die Fertigungskapazitäten
- Informationen über Zeitzuschläge

Für die Planung der Produktion ist ein Überblick über den gesamten Arbeitsvorrat notwendig. Die Informationen hinsichtlich des Arbeitsvorrates betreffen nun zwei unterschiedliche Bereiche. Der erste Bereich stellt den Auftragsvorrat auf den Arbeitsplätzen dar. Dieser Arbeitsvorrat entspricht allen Kundenaufträgen, die bereits auf die Arbeitsplätze im Rahmen der Feinplanung zugewiesen worden sind. Der Arbeitsplatzvorrat ist deshalb wichtig, da dieser die Neuplanung oder Änderung der Abarbeitungsreihenfolge beeinflusst. Der zweite Bereich stellt jenen Auftragsvorrat dar, der zwar im SAP in Form von Planaufträgen vorhanden ist, aber noch nicht in einen Feinplan übernommen worden ist. Dies sind alle Fertigungsaufträge, die zwar auf Chargenebene geplant, aber noch nicht auf die Arbeitsplätze verteilt worden sind. Dieser Auftragspool muss vom MES-System dargestellt werden und zwar so, dass die eingeplanten Aufträge, und die noch nicht eingeplanten Aufträge getrennt angezeigt werden. Zusätzlich muss der Leitstand den am Planungsprozess beteiligten Personen einen Überblick über den aktuellen Status der Aufträge verschaffen. Zum Auftragsstatus zählen auch Informationen über den Anlagenstatus, der die Zeitdauer der Bearbeitung beeinflusst, und im Falle von Störungen mittels Alarmmeldung dem Planer mitzuteilen ist.

Jedem Fertigungsauftrag sind ergänzende Informationen beigelegt, die der Planer für die Planung benötigt. Daher muss das MES-System sämtliche, im SAP vorhandenen Daten zu dem jeweiligen Auftrag auslesen können und diese Daten gebündelt und auftragsbezogen im Leitstand angezeigt werden. Das MES-System muss zusätzlich in der Lage sein, den aktuellen Zeitstatus der Fertigungsaufträge in graphischer Form darzustellen. Die Darstellung sollte in Form von Zeitbalken erfolgen, wobei für jeden Auftrag pro Arbeitsplatz ein eigener Zeitbalken dargestellt werden muss. Der Planwert für die Länge des Zeitbalkens muss direkt aus dem, im SAP-System vorhandenen Vorgabewert errechnet werden. Dabei bildet die errechnete Planzeit für einen Arbeitsschritt gleichzeitig den Grenzwert für einen möglichen Auftragszeitverzug. Das MES-System muss dabei laufend den Abgleich zwischen der Planzeit und der rückgemeldeten Auftragszeit durchführen und im Falle einer Abweichung eine Alarmmeldung generieren. Wird für die Bearbeitung eines Arbeitsplatzes mehr Zeit benötigt als dies im Plan vorgegeben ist, so muss der Zeitbalken weiters automatisch verlängert werden, bis die Bearbeitung vollständig abgeschlossen ist. Dies ist deshalb notwendig, da ansonsten keine Endliefertermine aus dem Leitstand abgelesen werden können. Weiters kann durch die Darstellung der Länge des Zeitbalkens und die automatischen Rückmeldungen der Durchsatz auf dem Arbeitsplatz, und die damit einhergehende Kapazität bestimmt werden. Das Wissen über die Kapazitäten ist für die Feinplanung deshalb wichtig, da geänderte Kapazitäten laufend in den Feinplan inkludiert werden müssen, um eine Überbelegung oder Unterbelegung zu vermeiden. Gleichzeitig muss das MES-System mögliche Über- und Unterbelegung am Leitstand anzeigen.

Den Mitarbeitern können zur vorgegebenen Bearbeitungszeit Zeitzuschläge aufgrund mangelnder Gussqualität zugesprochen werden. Diese Information über die Zeitzuschläge müssen dem Planer am Leitstand angezeigt werden, da diese Auswirkungen auf die Fertigungskapazitäten haben. Die Meldung über zugesagte Zeitzuschläge muss durch die Mitarbeiter am Terminal erfolgen, wobei eine Prüfung durch die jeweilige Stelle notwendig ist. Durch die Informationen über die Zeitzuschläge, und die dadurch längeren Durchlaufzeiten ist der Planer in der Lage, auf die Situation zu reagieren und Umplanungen einzuleiten.

Zusätzlich zu den verfügbaren Informationen, die im Leitstand dargestellt werden müssen, werden noch weitere Anforderungen an die Feinplanung im MES-System gestellt. Die nächste Anforderung betrifft die Möglichkeiten der vereinfachten Planung im Leitstand. So muss es dem Planer möglich sein, die Aufträge einfach im Leitstand an die gewünschten Positionen im Zeitstrahl setzen zu können. Die Planung muss sowohl manuell, als auch mittels Simulation erfolgen können, wobei das MES-System beide Varianten unterstützen

muss. Dasselbe gilt auch für die Entfernung eines Auftrages aus der Plantafel, was durch einfaches Löschen des Auftrages aus der Planungsoberfläche erfolgen muss. Weiters muss das MES-System das einfache Verschieben von Fertigungsaufträgen im Leitstand ermöglichen. Dies beinhaltet sowohl die Verschiebung von ganzen Aufträgen als auch einzelnen Arbeitsschritten. Zusätzlich muss es das MES-System ermöglichen, dass im Falle einer Störung oder sonstiger Fertigungsunterbrechung, dem Planer alternative Arbeitsplätze zur Bearbeitung angezeigt werden. Dies bedeutet, dass wenn der Planer einen Auftrag aufgrund einer Störung auf einen anderen Arbeitsplatz verschieben will, und dieser für die Bearbeitung eines Gussteils nicht geeignet ist, darf diese Verschiebung des Auftrages nicht möglich sein. Diese Funktionalität stellt sicher, dass es zu keiner falschen Zuordnung eines Auftrages auf einen nicht für die Bearbeitung geeigneten Arbeitsplatz kommt.

Der letzte Punkt bei der Feinplanung, der durch das MES-System ermöglicht werden soll, ist die Einrichtung einer „planungsberuhigten Zone“⁴²³. Dieses Zeitintervall stellt jene Zone dar, ab der eine weitere Einplanung und Verschiebung von Aufträgen nicht mehr möglich ist, sodass der vorliegende Feinplan durch Änderungen nicht mehr belastet wird. Dieser Zeitpunkt muss jedoch genau analysiert und zielführend festgelegt werden. Eine sinnvolle Lösung wäre 24 Stunden vor dem Umsetzungszeitpunkt, sodass 24 Stunden vor der Umsetzung der Plan als fix angesehen werden kann. Eingriffe in den Feinplan dürften dann nur mehr durch die endverantwortliche Person in der Arbeitsvorbereitung erfolgen. Dabei muss es dem Planer möglich sein, bis zum Starzeitpunkt in die Produktion eingreifen zu können. Dies ist deshalb wichtig, da die Fertigung auch ohne Neueinplanung laufend Änderungen unterworfen ist, die in Echtzeit korrigiert werden müssen.

Simulation geänderter Produktionszustände

Die Fertigung der Stahlgießerei ist vielen Änderungen unterworfen, die den Materialfluss und die Kostensituation beeinflussen. Daher muss das MES-System die Möglichkeit der Simulation der Produktionszustände ermöglichen. Dabei hat das MES-System ausgehend vom aktuellen Fertigungszustand die Simulation zu starten, und unter vorgegebenen Restriktionen einen neuen Fertigungszustand zu erzeugen. Die Simulation selbst muss sämtliche Fertigungsstufen und die im SAP eingestellten Auftragszusammenhänge berücksichtigen. Dafür muss die für die Feinplanung durchgeführte Auflösung des Auftrages auf Arbeitsplatzebene herangezogen werden, wodurch alle vordefinierten Arbeitsplätze in der Simulation berücksichtigt werden. Diese Ganzheitlichkeit muss bei jedem Simulationsdurchlauf gewährleistet sein. „Das Prinzip der Ganzheitlichkeit besagt, dass jede Entscheidung und jede Aktivität unter Berücksichtigung ihrer Auswirkungen im gesamten System zu beurteilen ist.“⁴²⁴ Zusätzlich soll das MES-System bei der Simulationsdurchführung darauf achten, dass die Grundaustlastung nachfolgender Arbeitsplätze sichergestellt ist. Dies bedeutet, dass die Simulation bei der Einplanung der Aufträge auch die Auslastung der Folgearbeitsplätze berücksichtigen muss. Dadurch wird bereits bei der Einplanung die Auslastung an den Arbeitsplätzen sichergestellt, und die Grundaustlastung erreicht.

Jeder durchgeführte Simulationsdurchlauf soll dem Planer am Leitstand zur Verfügung gestellt werden, sodass dieser einen Abgleich zwischen diesen Fertigungszuständen durchführen kann. Bevorzugt soll das MES-System bereits einen Abgleich der Simulationsläufe eigenständig ausführen, wodurch eine durchgängige Beurteilung der Simulationsläufe möglich wird. Weiters bedarf es der Speicherung von Simulationsläufen, sodass die Auswirkung von eingeschobenen Fertigungsaufträgen auch im Nachhinein nachvollzogen werden können. Dies dient vor allem dazu, dass anderen Abteilungen die Auswirkungen der Einpla-

⁴²³ Aussage von MES-Systemanbietern.

⁴²⁴ Koether (2011), S. 424.

nung von Aufträgen dargestellt werden können. Weiters hat das MES-System die Möglichkeit zu schaffen, dass ein Simulationslauf der als optimal bewertet ist, auch direkt als Feinplan übernommen werden kann. Dies bedeutet, dass ein Knopf bei den Symbolleisten vorhanden sein muss, durch den die Simulation als Feinplan übernommen werden kann. Eine Simulation darf grundsätzlich nur von der Arbeitsvorbereitung durchgeführt werden.

Graphische Darstellung von überlagerten Aufträgen

Das MES-System muss die Möglichkeit der Darstellung der Überlappung von Fertigungsaufträgen ermöglichen. Wird ein Fertigungsauftrag überlagert, so muss dieser Sachverhalt auch am Leitstand dargestellt werden können. Dies bedeutet, dass die Aufteilung der Arbeitspakete auch am Leitstand angezeigt werden muss. Die Größe der Arbeitspakete richtet sich, nach der im SAP-System hinterlegten Losgröße. Die Darstellung soll in einer Form erfolgen, sodass ein Arbeitspaket des Auftrages auf dem Vorgängerarbeitsplatz, und das andere Arbeitspaket auf dem nachfolgenden Arbeitsplatz angezeigt wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass diese Aufteilung aller am Produktionsprozess beteiligten Personen klar ersichtlich ist, und gleichzeitig die Arbeitspakete auch in der Simulation berücksichtigt werden. In Verbindung mit der Betriebsdatenerfassung und der Visualisierung am Leitstand kann verhindert werden, dass die Gussteile bei Auftragsüberlagerung nicht einzelnen von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz weitergegeben werden. Zusätzlich muss es durch direkte Eingabe im Leitstand möglich sein, einen Fertigungsauftrag während der laufenden Produktion dahingehend zu ändern, als dass eine Überlagerung möglich wird. Dies ist vor allem bei Lieferterminverzug eines betrachteten Auftrages essentiell. Dabei muss das MES-System die Freischaltung der Überlagerung direkt im Leitstand ermöglichen und gleichzeitig diese Änderung des Auftragsstatus an das ERP-System übertragen können.

Verkettung von Auftragsarten und Sichtweisen in der Plantafel

In der Stahlgießerei werden mehrere Auftragsarten⁴²⁵ für die systemtechnische Abwicklung der Kundenaufträge eingesetzt und ineinander überführt. Dies bedeutet aber auch, dass die Plantafel die Möglichkeit der durchgehenden Darstellung der miteinander kombinierten Fertigungsaufträge ermöglichen muss. Die folgenden Relationen zwischen den Fertigungsaufträgen müssen durch das MES-System darstellbar sein: 1:1, 1:N, N:1 und N:N. Welche dieser Relation zwischen den Auftragsarten vorhanden ist, wird durch den Planer beim Planungsprozess festgelegt, was derzeit im Wochenprogramm erfolgt. Die Darstellung der zusammengehörenden Aufträge kann unterschiedlich erfolgen, wobei eine farbliche Kennzeichnung bevorzugt wird. Zusätzlich muss es bei der Verkettung von Fertigungsaufträgen möglich sein, dass zwei oder mehrere Produkte miteinander vergossen werden. Dies bedeutet, dass beispielsweise eine Schmelze für die Herstellung von drei Produkten verwendet wird, wobei alle diese Produkte eigene Aufträge darstellen. Diese Kombination muss am Leitstand dargestellt werden können, sowie auch die Kombinierbarkeit der einzelnen Produkte an den Arbeitsplätzen ermöglicht werden.

Zusätzlich muss das MES-System verschiedene Darstellungsformen für die Abteilungen ermöglichen. Dies betrifft vor allem die verschiedenen Sichtweisen, die für die Arbeit in den Abteilungen benötigt werden. Als Beispiel einer Sichtweise ist hier der Bereich des Vertriebs angeführt. Der Vertriebsmitarbeiter benötigt eine Darstellungsform im Leitstand, die es ihm ermöglicht, alle bestehenden Aufträge zu einem Kunden rasch und effizient zu erkennen. Relevant sind dabei vor allem die Endliefertermine der Aufträge für den betrachteten Kunden, um eine konkrete Aussage zum Liefertermin machen zu können. Im Gegensatz zu dieser Darstellungsform benötigt der Mitarbeiter in der Arbeitsvorbereitung eine

⁴²⁵ Siehe Teilkapitel 4.6.2.

Sichtweise, die beispielsweise Kapazitätsengpässe oder Verzögerungen darstellt. Das MES-System muss diese individuellen Sichtweisen darstellen können, wobei diese Sichtweisen im Rahmen der Projektierung erhoben und entsprechend konfiguriert werden müssen.

Darstellung von Abweichungen und Alarmmeldungen

Für den Fertigungsplaner ist ein Überblick über die aktuelle Auftragsituation essentiell. Da in der Gießerei bis zu 150 Aufträge gleichzeitig bearbeitet werden, müsste der Planer laufend alle Aufträge am Leitstand kontrollieren um Abweichungen erkennen zu können. Zur Unterstützung des Planers muss das MES-System eine laufende Soll- Istanalyse durchzuführen, und im Falle einer Abweichung eine Alarmmeldung generieren. Die Abweichungsanalyse muss aufgrund von definierbaren Grenzwerten erfolgen. Weiters muss es möglich sein, dass die Aufträge nach ihrer erlaubten Verzögerung klassifiziert werden können. Dies bedeutet, dass es Aufträge gibt, die keine Verzögerung erlauben, wohingegen andere Aufträge sehr wohl geringe Verzögerungen erlauben. Gemäß dieser Klassifizierung und weiteren Parametern hat das MES-System die Aufgabe, Alarmmeldungen zu generieren. Diese Alarmmeldungen sind direkt am Leitstand anzuzeigen, wobei die Anzeige und der Datengehalt der Meldung frei konfigurierbar sein müssen.

Weiters muss das MES-System die Möglichkeit anbieten, dass Störungen und fehlende Kapazitäten für die Abarbeitung von Arbeitspakten mittels Alarmmeldung angezeigt werden. Dies hat den Hintergrund, dass möglicherweise der Liefertermin aufgrund von Kapazitätsmangel nicht mehr eingehalten werden kann. Gleichzeitig beeinflussen auch Störungen oder Instandhaltungsarbeiten den Liefertermin, sodass der Planer einen geänderten Feinplan erstellen muss. Jede Alarmmeldung ist von zwei Personen zu quittieren: durch den Planer und durch die bereichsverantwortliche Person. Durch die doppelte Quittierung der Meldung wird sichergestellt, dass keine Alarmmeldung wissentlich übergangen wird.

Darstellung von Verfügbarkeiten

In der Produktion werden Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, sowie Zusatzstoffe benötigt, die aktuell im ERP-System systemtechnisch verwaltet werden. Diese Bedarfe werden im SAP laufend kontrolliert und im Falle von Fehlbeständen, Bestellanforderungen für die fristgerechte Nachbestellung generiert. Problematisch wird die Situation genau dann, wenn statt der im Materialstamm hinterlegten Einsatzstoffe andere Einsatzstoffe⁴²⁶ verwendet werden. Durch den dadurch erhaltenen systemtechnischen Fehlbestand aufgrund des fehlenden Überblicks über den laufenden Bestand kann es vorkommen, dass definierte Gussteile nicht planmäßig gefertigt werden können. Das MES-System muss derartige Verfügbarkeitsprobleme im Leitstand anzeigen können. Dabei muss klar angemerkt werden, dass die Bestandsführung inklusive Bestandshöhe und Sicherheitsbestand in das Aufgabenfeld eines ERP-Systems fällt. Jedoch sollen die im SAP-System vorhandenen Bestandszahlen am Leitstand im MES-System angezeigt werden, sodass alle an der Planung beteiligten Personen, diese Informationen zur Verfügung gestellt bekommen. Zusätzlich muss es das MES-System ermöglichen, dass die Einplanung eines bestimmten Produktes nicht erfolgen kann, wenn beispielsweise ein bestimmtes Material zum eingeplanten Startzeitpunkt nicht verfügbar ist. Dabei muss das MES-System sicherstellen, dass bei der Einplanung eine Alarmmeldung generiert wird die dem Planer anzeigt, dass ein oder mehrere Materialien für die Auftrags Erfüllung fehlen. Dadurch wird sichergestellt, dass der Planer rechtzeitig eine Umplanungen durchführen und die Materialbestellungen auslösen kann, wodurch es in weiterer Folge zu keinem fehlbestandsbedingten Produktionsstillstand kommen kann.

⁴²⁶ Beispielsweise wird statt Kreislaufschnitt GX40 CrNiSiNb 2520 Rohstoffe wie Chrom, Nickel verwendet.

Ähnliches gilt auch für die Verfügbarkeit von Fertigungseinrichtungen wie Modellen, Kernkästen oder Vorrichtungen. Auch diese Fertigungseinrichtungen sind Änderungen unterworfen, die sowohl von Kundenseite, als auch von Produktentwicklungsseite her, ausgelöst werden können. Entscheidend dabei ist, dass das Modell für die Produktion nicht zur Verfügung steht und somit keine Herstellung erfolgen kann, wobei das MES-System den Status der Modelle verwalten muss.⁴²⁷ Das MES-System muss diesen Sachverhalt im Leitstand anzeigen und wiederum Alarmmeldungen generieren, falls der Fertigungsauftrag nicht umgeplant worden ist. Ein Produktionsstart des Auftrages ohne Änderung des Status der Fertigungseinrichtung darf nicht erfolgen.

Dokumentation der Daten und Berichte

Für fundierte Analysen der Fertigungssituation ist wichtig, dass Auswertungen und Reports direkt im MES-System generiert und an die Bedarfstellen verteilt werden. Die Auswertungen müssen exakt auf den Informationsbedarf der jeweiligen Person angepasst und weiterführend frei konfigurierbar sein. Ein Beispiel dafür wäre ein Bericht für den Planer, der sämtliche Aufträge enthält, die in Verzug geraten sind. Für die Erstellung von Reports bedarf es in weiterer Folge aber auch Daten aus der Vergangenheit, sodass diese Daten entweder direkt im MES-System archiviert, oder aus den jeweiligen Systemen eingelesen und aufbereitet werden müssen. Zu diesen Daten zählen unter anderem die Ergebnisse von unterschiedlichen Simulationsläufen, die basierend auf verschiedenen Einlastungsszenarien durchgeführt worden sind. Weiters wird für die optimale Planungsdurchführung die Dokumentation aller durchgeführten Planungsschritte in chronologischer Abfolge benötigt. Der Hintergrund für den Bedarf dieser Information liegt darin, dass dadurch jederzeit Planungsfehler wieder behoben werden können.

Zusätzlich zum Berichtswesen muss das MES-System in der Lage sein, standardisierte Dokumentationen für den Kunden zu erstellen, und zwar basierend auf den vom Kunden geforderten Daten. Weiters müssen diese Dokumentationen eine bestimmte Form aufweisen, die teilweise auch durch in Normen festgelegten Kriterien definiert sein können. Die Einhaltung der Dokumentationsvorschriften muss durch das MES-System sichergestellt werden. Das MES-System muss in der Lage sein, sich die für die Dokumentation benötigten Daten über Schnittstellen zu laden und gemäß den Kriterien den Bericht zu erstellen.

5.2.4 Anforderung an die Leistungslohnermittlung

Obwohl das Modul der Leistungslohnermittlung für die unmittelbare Produkterstellung nicht entscheidend ist, nimmt dieses Modul aufgrund der aktuellen Situation in der Stahlgießerei dennoch einen hohen Stellenwert ein. Die Entlohnungsform, sowie auch die Basis für die Entlohnung wurden in der Analyse exakt dargestellt und erläutert.⁴²⁸ Zur Verbesserung, der in diesem Bereich aufgezeigten Schwachstellen, sind die Anforderungen an das Modul der Leistungslohnermittlung eines MES-Systems nachstehend angeführt.

Prämienlohnverrechnung

Bei der Lohnverrechnung nach dem Prämienlohnsystem, erhält jeder Mitarbeiter gemäß seiner Leistung eine Vergütung in unterschiedlicher Höhe. Dabei werden durch den Kollektivvertrag Anforderungen an das Verrechnungssystem gestellt, welche das MES-System auf jeden Fall erfüllen muss. Grundsätzlich ist anzumerken, dass die Daten für die Prämienlohnverrechnung direkt aus dem Modul der Betriebsdatenerfassung zur Verfügung gestellt werden müssen. Dabei sollen die dort eingetragenen Zeiten ausgelesen, aufbereitet,

⁴²⁷ Zum Beispiel: Modell wird geändert, Modell frei verfügbar, Modell wird extern bearbeitet, etc.

⁴²⁸ Siehe Teilkapitel 4.5.4.

und dem Modul der Leistungslohnermittlung übergeben werden. Auf Basis dieser Istdaten kann die Prämienlohnverrechnung, durch Vergleich der erbrachten Leistung mit einer Prämienkurve durchgeführt werden, wobei dieser Vergleich durch das MES-System erfolgen muss. Diese Prämienkurve errechnet sich direkt aus der Zeitaufnahme an den Arbeitsplätzen, wobei es wie erwähnt einen Unterschied macht, ob ein Mitarbeiter auf einem Maschinenarbeitsplatz oder auf einen Handarbeitsplatz tätig ist. Die Aufgabe, die dem MES-System zukommt ist, dass das MES-System diese Prämienkurve vollautomatisch errechnen und auch graphisch darstellen muss. Dabei bedarf es einer laufenden Neuberechnung dieser Prämienkurve, da einerseits die Vorgabezeiten geändert werden und andererseits auch Zeitzuschläge in die Prämienberechnung einfließen. Wichtig ist, dass diese neuen Prämienkurven auch die Basis für die Berechnung des Leistungslohns darstellen müssen.

Jeder Mitarbeiter kann sich laut Kollektivvertrag einen Sicherungsdurchschnitt aufbauen. Dieser Sachverhalt wurde ausführlich an anderer Stelle erläutert. Der Sicherungsdurchschnitt muss auf jeden Fall im MES-System errechnet werden können, damit der Durchschnittswert über die letzten 13 Wochen in der Lohnverrechnung berücksichtigt werden kann. Dabei muss das MES-System die vorhandenen Daten auslesen und die weiterführende Berechnung durchführen. Die Überprüfung des Sicherungsdurchschnittes muss durch das MES-System automatisch erfolgen und dieses Ergebnis muss in die Berechnung der Prämie des jeweiligen Mitarbeiters einbezogen werden. Die errechnete Prämie kann dann einfach an die Personalstelle, oder direkt an das HR-Modul im SAP übermittelt werden.

Änderung von Vorgabezeiten

Aufgrund des Fertigungsverfahrens, welches in der Stahlgießerei angewendet wird, ist es oftmals nicht möglich, dauerhaft die gleiche Qualität der Gussteile über eine Charge hinweg nach dem Gießprozess zu erhalten. Damit ist aber klar, dass die Bearbeitungszeit nicht für alle Gussteile einer Charge gleich lange dauert, sondern laufend Anpassungen der Vorgabezeit vorgenommen werden müssen. Je nach Qualität des Gussteiles wird somit durch den Meister des Fertigungsbereichs in Abstimmung mit dem Mitarbeiter der Zeitwirtschaft ein Zeitzuschlag gewährt. Diese Änderung muss das MES-System laufend übernehmen können und auch deren Auswirkungen darstellen können. Im schlimmsten Fall muss mehrmals am Tag eine Änderung der Vorgabezeiten vorgenommen werden. Jede Änderung hat eine Auswirkung auf die Durchlaufzeit eines Auftrages und bindet durch die zusätzliche Bearbeitungszeit Kapazitäten. Daher müssen Änderungen der Vorgabezeiten auch im Leitstand dargestellt werden können, und im Falle einer Auftragsverzögerung eine entsprechende Alarmmeldung inklusive den Verzögerungsgrund generiert werden.

Wichtig in diesem Zusammenhang ist, dass geänderte Vorgabezeiten auch direkt in die Prämienverrechnung eingehen müssen. Durch den gewährten Zeitzuschlag wird eine neue Basiszeit erhalten, die sich aus der alten Vorgabezeit, plus Zeitzuschlag zusammensetzt. Diese neue Basiszeit bildet die weitere Grundlage für die Berechnung des Prämienlohnes. Daher muss das MES-System die neue Basiszeit bei der automatischen Berechnung des Prämienlohnes berücksichtigen. Das MES-System hat die Aufgabe, die Änderung der Vorgabezeit zu erkennen, die neue Prämienkurve für den Bearbeitungsschritt zu ermitteln und die erbrachte Leistung des Mitarbeiters über das Abrechnungsintervall vollständig zu berechnen.

Hilfslohnstundenerfassung und deren Auswertung

Die Hilfslohnstunden stellen einen nicht unerheblichen Anteil an den Gesamtstunden in der Gießerei dar, wobei diese Stunden indirekt für die Produktionsabwicklung benötigt werden. Diese Stunden werden aktuell durch das SAP-System kaum erfasst, da die Datenpflege nur mit einem großen Aufwand möglich ist. Daher erfolgt derzeit die Auswertung

der Hilfslohnstunden aus einem Excel-Datenblatt. Das MES-System muss diese Auswertung zukünftig automatisiert ermöglichen. Dies muss zumindest so erfolgen, dass bei der Projektumsetzung einige Hilfslohnarten definiert werden, welche direkt am Erfassungsgerät dann vom Mitarbeiter ausgewählt werden können. Die so erhobenen Daten müssen weiters in einem Standardbericht zusammengefasst werden, sodass dieser per Knopfdruck generiert und ausgedruckt werden kann. Durch diese Visualisierung wird eine erhöhte Transparenz geschaffen die es ermöglicht, die Hilfslohnstunden besser zur kontrollieren.

5.3 Sonstige Anforderungen an ein MES in der Stahlgießerei

Im nachstehenden Teilkapitel werden Anforderungen an das MES-System vorgestellt, die nicht direkt an ein Modul gestellt werden können. Wichtig ist, dass bei den sonstigen Anforderungen nur die beiden wichtigsten Anforderungen dargestellt sind, da eine genaue Beschreibung aller dieser Anforderungen den Rahmen der Arbeit deutlich übersteigen würde. Nachstehend wird näher auf diese beiden Anforderungen eingegangen.

Schnittstellen und Anbindung

In der Fertigung werden mehrere Softwaresysteme als Planungshilfe eingesetzt. Der Grund dafür stellt die mangelnde Unterstützung der Grob- und Feinplanung durch das ERP-System dar, wodurch zusätzliche Softwaresysteme⁴²⁹ entwickelt worden sind. Für eine durchgängige Planung müssen diese Systeme miteinander kombiniert werden können, was bedeutet, dass zwischen den Systemen stabile Schnittstellen bestehen müssen. Für die Anbindung des MES-Systems an das SAP-System sind auf jeden Fall zertifizierte Schnittstellen erforderlich, die einen stabilen Datenaustausch zwischen den Systemen ermöglichen. Zusätzlich muss es eine leistungsfähige Anbindung zur Accessdatenbank geben, welche die Chargenkarte, sowie die weiteren Qualitätsdaten enthält. Die derzeit manuell durchgeführte Synchronisation der Systeme muss jedenfalls durch das MES-System eliminiert werden. Weiters muss es möglich sein, dass basierend auf den Daten in der Accessdatenbank über diese Schnittstellen Berichte generiert oder ausgelesen werden können. Die Schnittstelle muss auf jeden Fall in beide Richtungen offen sein, sodass sowohl eine Datenentnahme, als auch eine Dateneingabe möglich ist. Durch diese horizontale und vertikale Integration wird eine durchgängige Unterstützung der Fertigungssteuerung erreicht.

Hierarchische Anordnung der Systeme

Das ERP-System in der Gießerei stellt das Basissystem hinsichtlich der Auftragsabwicklung, der Kontrolle, der Kostenrechnung, sowie auch hinsichtlich der Bestands- und Lagerwirtschaft dar. Dabei unterstützt das SAP-System nahezu alle Fertigungsbereiche von der Beschaffung über die Produktion bis hin zur Distribution. Daher kann das ERP-System auch in Zukunft nur das Mastersystem darstellen und das MES-System unter dem ERP-System als Unterstützungssoftware eingesetzt werden.⁴³⁰ Dies bedeutet, dass alle Daten grundsätzlich im ERP-System gehalten werden, sämtliche Auftragsdaten generiert werden und im Anschluss diese Daten an das MES-System übergeben werden. Das MES-System stellt dann die weitere Verarbeitung der Daten sicher. Als zweiten Input in das MES-System sollen Daten aus der Accessdatenbank dienen, die im Prozess der Qualitätssicherung und beim Schmelzprozess generiert werden. Die Accessdatenbank stellt dabei ein System dar, dass in der Ebene unter dem MES-System operiert und die Daten, wie die Betriebsdatenerfassung an das MES-System übergibt. Dies bedeutet aber auch, dass das MES-System in der Lage sein muss, die Auftragsdaten direkt an die jeweilige Accessdaten-

⁴²⁹ Zum Beispiel die erwähnte Accessdatenbank.

⁴³⁰ Siehe Teilkapitel 3.2.3.

bank weiterzugeben oder die in der Datenbank vorhandenen Daten auszulesen. Da die Accessdatenbank auch zukünftig autonom arbeiten wird, muss genau geprüft werden, welche Daten in das MES-System übernommen werden sollen, und welche in der Accessdatenbank gehalten werden sollen. Diese Festlegung der Daten muss im Rahmen der Systemimplementierung erfolgen.

5.4 Ergebnisse der Modulbetrachtung

Betrachtet man am Ende dieses Teilkapitels die abgeleiteten Anforderungen, so ist ersichtlich, dass für die Stahlgießerei der MFL die Module der Betriebsdatenerfassung, der Personaleinsatzplanung des Leitstandes und der Leistungslohnermittlung entscheidend sind. Am Ende des Kapitels 3 wurden einige Module angeführt, die laut Kletti für einen Serienfertiger wichtig sein müssten. Vergleicht man die Ergebnisse der Erhebung mit den aktuellen Ergebnissen der Stahlgießerei, sind einige interessante Aspekte herauszulesen. Grundsätzlich ist anzumerken, dass für die Stahlgießerei im Hinblick auf die Modulauswahl die erwähnten Module ungefähr die gleiche Priorität haben, da diese Module nur bei einer gemeinsamen Einführung zu den im Kapitel 6 angeführten Potenzialen führen können. Die übrigen nicht angeführten Module haben für die Stahlgießerei eine eher geringe Relevanz. Nachstehend ist der Vergleich zwischen den in der Literatur vorgeschlagenen Modulen und den für die Stahlgießerei relevanten Modulen dargestellt.

Tabelle 3: Modulvergleich zwischen Serienfertiger und Stahlgießerei⁴³¹

Modul	Modulbezeichnung	Bewertung	Serienfertiger	Stahlgießerei
BDE	Betriebsdatenerfassung	●●●●●●●●●●	X	X
MDE	Maschinendatenerfassung	●●●●●●●●	X	
HLS	Leitstand, Plantafel	●●●●●●●●	X	X
WRM, DNC	Werkzeug- und Ressourcenmanagement	○●○●○●○●	X	
MPL	Material- und Produktionslogistik	○●○●○●○●	X	
PZE	Personalzeiterfassung	○●○●○●○●	X	
LLE	Leistungslohnemittlung	●●	X	X
PEP	Personaleinsatzplanung	●●●●	X	X
ZKS	Zutrittskontrolle			
SPC	Statistische Prozessregelung	○●○●○●○●	X	
REK	Reklamationsmanagement	○●○●○●○●	X	
WEK	Wareneingang			
PMC	Prüfmittelverwaltung	○●○●○●○●	X	
PDC	Prozessdatenverarbeitung	●●●	X	
ESK	Eskalationsmanagement			
-	Wartungsmanagement			

Zunächst muss beim Vergleich der beiden Ergebnisse angemerkt werden, dass das Modul der Betriebsdatenerfassung sowohl bei der durchgeführten Erhebung in der Literatur, als auch in der Stahlgießerei eines der wichtigsten Module darstellt.⁴³² Dies ist nicht sonderlich überraschend, da die Erfassung der Istdaten die Grundlage für die Echtzeitdarstellung bildet. Dabei muss aber angemerkt werden, dass das Modul der Maschinendatenerfassung für die Stahlgießerei bei weitem nicht so wichtig ist, als dies in der Literatur dargestellt worden ist. Einer der Gründe dafür liegt an dem aktuell vorhandenen Anlagenbestand in der Stahlgießerei, da im Funktionsbereich der Gussbearbeitung nur wenige Bearbeitungsmaschinen vorhanden sind, und somit sich die automatisierte Erfassung der Daten nicht so stark anbietet. Das Modul des Leitstandes ist sowohl in der Darstellung laut Kletti, als auch für die Stahlgießerei der MFL ein entscheidendes Modul. Die Darstellung der Fertigungsaufträge,

⁴³¹ In Anlehnung an Kletti (2007), S. 173.

⁴³² Vgl. Kletti (2007), S. 171 ff.

des Auftragsstatus und Verzögerungen, sowie die digital durchgeführte Feinplanung, sind für die Einhaltung der Liefertermine unumgänglich. Je mehr Aufträge in einem Fertigungssystem vorhanden sind, desto schwieriger wird deren Verfolgung, wobei eben die notwendige Transparenz durch das Modul des Leitstandes geschaffen wird.⁴³³

Was doch etwas überraschend ist, ist die Tatsache, dass die Leistungslohnermittlung bei Serienfertiger nur eine geringe Wichtigkeit aufweist vor allem deshalb, weil bei der Erläuterung von Kletti angemerkt wurde, dass in der Erhebung auch dezentrale Fertigungssegmente, sowie Fertigungen nach dem Werkstattprinzip hinzu genommen worden sind. Bei dezentraler Fertigung, oder auch bei Werkstattfertigung gibt es in der Regel für die Bereiche und Arbeitsplätze Vorgabezeiten, die gemäß dem Kollektivvertrag verrechnet werden. Je nach Branche steht ein anderes Entlohnungssystem, welches an die Leistung der Mitarbeiter in der Fertigung gebunden ist, im Vordergrund. Jeglicher daraus resultierende Aufwand für die Erfassung und die Datenverarbeitung bindet Kapazitäten. Zusätzlich weisen die einzelnen Verrechnungssysteme komplexe Strukturen auf und sind an die Vorgaben des Kollektivvertrages gebunden. Daher ist zu bezweifeln, dass dieses Modul nur eine so geringe Bedeutung für einen Serienfertiger aufweist. Abschließend muss noch erwähnt werden, dass auch dem Modul der Personaleinsatzplanung nur eine mäßige Relevanz zugesprochen wird, was im Falle der Stahlgießerei doch etwas anders ist. In der Stahlgießerei stellt die Personaleinsatzplanung einen wichtigen Beitrag zum effizienten Einsatz der Personalressourcen dar. Dabei bedarf es entsprechendem Aufwand, dass die Mitarbeiter gemäß der Qualifikation auf die einzelnen Arbeitsplätze zugeordnet werden. Der Grund für die Wichtigkeit stellt die Tatsache dar, dass in der Stahlgießerei viele Arbeitsschritte auf Handarbeitsplätzen durchgeführt werden, was eine ausgeprägte Koordination der Humanressourcen erfordert. Somit kann festgehalten werden, dass die vorgeschlagenen Module nur bedingt für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei herangezogen werden können.⁴³⁴

Zusammenfassend ist am Ende dieses Kapitels anzumerken, dass viele unterschiedliche Anforderungen an ein MES-System im betrachteten Anwendungsfall gestellt werden. Dabei wird jedoch eine deutlich geringere Anzahl der im Kapitel 4 angeführten Module benötigt. Für die Stahlgießerei der MFL stellen die Module der Betriebsdatenerfassung des Leitstandes der Personaleinsatzplanung und der Leistungslohnermittlung unter Integration der bestehenden Softwaresysteme das optimale Fertigungsmanagementsystem dar. Dabei werden an die einzelnen Modulen die oben diskutierten Anforderungen gestellt, und diese müssen durch das MES-System erfüllt werden. Im nachfolgenden Kapitel werden die Potenziale, welche durch die Implementierung eines MES-Systems in der Stahlgießerei generiert werden können, diskutiert.

⁴³³ Vgl. Kletti (2007), S. 171 ff.

⁴³⁴ Vgl. Kletti (2007), S. 171 ff.

6 Bewertung der Potenziale in der Stahlgießerei

Nach erfolgter Systemanalyse im Hinblick auf die Einführung eines MES-Systems und der Ableitung von Anforderungen, wird in diesem Kapitel das Augenmerk auf die generierbaren Verbesserungspotenziale gelegt. Da eine umfassende Potenzialanalyse, welche die Bewertung aller abgeleiteten Potenziale inkludiert, den Rahmen der vorliegenden Arbeit deutlich übersteigen würde, wird grundsätzlich zwischen bewerteten und nicht bewerteten Potenzialen unterschieden. Unter dem Terminus nicht bewertete Potenziale werden jene Verbesserungspotenziale zusammengeführt, die aufgrund der Komplexität und Schwierigkeit der Bewertung nicht bewertet worden sind, aber einen wichtigen Beitrag zum Gesamtpotenzial liefern können. Die übrigen bewerteten Verbesserungspotenziale sind entsprechend festgelegten Kriterien abgeleitet und nach einem Bewertungssystem bewertet worden. Die Beschreibung der Kriterien, nach welchen die Potenziale ausgewählt worden sind, erfolgt direkt im Anschluss an diese kurze Kapiteleinführung. Im Anschluss an die Kriterienbeschreibung wird das Bewertungsschema der bewerteten Potenziale näher vorgestellt, wobei dieses Bewertungsschema für das Verständnis der Ergebnisdiskussion entscheidend ist. Danach werden die konkreten Verbesserungspotenziale der einzelnen Kernprozesse dargestellt. Wichtig dabei ist, dass ein Potenzial gleich in mehreren Kernprozessen zu einer Verbesserung führen kann. Da aber dasselbe Potenzial in den Kernprozessen zu einer verschieden hohen Einsparung führen kann, und vom Praxispartner die einzelne Bewertung der Potenziale pro Kernprozess gefordert worden ist, kommt es vor, dass ein Potenzial öfters aufgelistet wird. Dies führt zwar zu einer redundanten Darstellung der Potenziale, aber ohne die gewählte Darstellung ist die Bewertung des Gesamtpotenzials eines Kernprozesses nicht möglich. Nach der Ableitung der bewerteten Potenziale erfolgt eine kurz gehaltene Ergebnisdiskussion dieser bewerteten Verbesserungspotenziale. Am Ende dieses Kapitels werden die nicht bewerteten Potenziale dargestellt und erläutert.

6.1 Bewertete Verbesserungspotenziale

Für die Ableitung von Verbesserungspotenzialen aus den erhobenen Schwachstellen, bedarf es mehrerer Schritte, damit diese Potenziale erhoben und bewertet werden können. Unter einem Potenzial versteht man die „Gesamtheit aller vorhandenen, verfügbaren Mittel, Möglichkeiten, Fähigkeiten Energien.“⁴³⁵ Abgeleitet auf die Schwachstellenanalyse kann man somit unter einem Potenzial einen Bereich verstehen, für den mehrere Möglichkeiten, Mittel oder Fähigkeiten zur Verbesserung der Situation bestehen, die aktuell noch nicht genutzt werden. Für den Fall der Gießerei sind dies jene Potenziale, die zu einer Effizienzsteigerung der analysierten Prozesse, und somit zu einer Kosteneinsparung in den Prozessen führen. Die Effizienzsteigerung bezeichnet grundsätzlich die Steigung der Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit.⁴³⁶ Weiters führt diese Effizienzsteigerung dazu, dass aktuell benötigte Kapazitäten frei werden, die beispielsweise für andere organisatorische und operative Tätigkeiten eingesetzt werden können. Grundsätzlich muss angemerkt werden, dass die durchgeführte Potenzialerhebung auf der Basis des aktuellen Fertigungszustandes erfolgt ist, und somit die tatsächlichen Potenziale noch einmal nach der Einführung des MES-Systems exakt bestimmt werden müssen. Nachfolgend werden die Kriterien zur Potenzialauswahl vorgestellt und erläutert.

⁴³⁵ Vgl. Dudenredaktion (Zugriff: 02.07.2011).

⁴³⁶ Vgl. Wermke et. al. (2010), S. 280.

6.1.1 Kriterien zur Potenzialauswahl

In diesem Teilkapitel werden die Kriterien erläutert, auf Basis derer die Potenziale abgeleitet worden sind. Dabei erfolgte die Erhebung und Festlegung der Kriterien in einem Workshop, wobei die Ausgangsbasis die oben beschriebene Systemanalyse und die Anforderungen darstellten. Wie in der Einführung erläutert, wird zwischen bewerteten und nicht bewerteten Potenzialen unterschieden. Damit aber ein Potenzial bewertet werden kann, muss dieses Potenzial rechnerisch erfassbar sein, sodass eines der Kriterien die rechnerische Erfassbarkeit darstellt. Da aber alle Kriterien rechnerisch erfassbar sein müssen, um der Kategorie „bewertet“ zugeteilt werden zu können, stellt die rechnerische Erfassbarkeit ein Musskriterium für alle Potenziale dar. Die übrigen nachstehend angeführten Kriterien stellen weiters so genannte Sollkriterien dar. Dies bedeutet, dass ein Potenzial für die Berücksichtigung zumindest eines der angeführten Sollkriterien und das Musskriterium erfüllen muss. Nachstehend sind die einzelnen Kriterien für die Erhebung angeführt:

- Potenzial muss rechnerisch erfassbar sein
- Betriebsinterne Kommunikation reduzieren
- Zu Ressourceneinsparungen führen
- Betriebliche Kapazitätssituation verbessern
- Reduktion der Wegezeiten ermöglichen
- Kontrolltätigkeiten reduzieren

Potenzial muss rechnerisch erfassbar sein

Wichtig für die Auswahl der Potenziale und für die Durchsetzung eines Projektes ist, dass die Potenziale bewertet werden können, und dabei die Auswirkungen der Implementierung eines MES-Systems auf das Unternehmen dargestellt werden kann. Wie erwähnt stellt dieses Kriterium ein Musskriterium für die Auswahl der Potenziale dar, da ohne rechnerische Erfassbarkeit die Bewertung eines Potenzials nicht möglich ist. Durch die rechnerische Erfassbarkeit ist es weiters möglich, dass die verschiedenen Potenziale über eine gemeinsame Basiseinheit zusammengefasst werden können, wobei als Basiseinheit bei vielen Bewertungen der Faktor Zeit gewählt wird, da jeder Prozess oder jeder Arbeitsschritt einen definierten Zeitbedarf aufweist. Die Basiseinheit ermöglicht es weiters, dass die Potenziale über einen Kostensatz monetär bewertet werden können, sodass auch eine monetäre Darstellung des Einsparungspotenzials möglich wird. Gleichzeitig wird dadurch ermöglicht, dass nach der Einführung eines MES-Systems ein Kosten-Nutzenvergleich der bewerteten Potenziale durchgeführt werden kann, der auch der Erfolgskontrolle dient.

Betriebsinterne Kommunikation reduzieren

In der Analyse wurde aufgezeigt, dass ein großer Teil des Informationsaustausches über das betriebliche Besprechungswesen erfolgt. Bei diesen Besprechungen sind mehrere Personen gleichzeitig anwesend, die Informationen untereinander austauschen, wobei nicht jede Information für jede anwesende Person wichtig ist. Weiters müssen geänderte Systemzustände über telefonische oder elektronische Meldungen weitergeleitet werden, was wieder Zeit und Kapazität bindet. Daher stellt die Reduktion der Kommunikation eines der wichtigsten Kriterien für die Generierung von Verbesserungspotenzialen dar, da durch die verbesserte Informationsbereitstellung gewisse Prozesse nicht mehr durchgeführt werden müssen.

Zu Ressourceneinsparungen führen

Ein Kriterium für die Auswahl eines Potenzials stellt jenes dar, dass das betrachtete Potenzial zu einer Ressourceneinsparung führen muss. Dies bedeutet, dass durch die Implementierung eines MES-Systems gewisse Ressourcen nicht mehr verbraucht werden müssen, um

beispielsweise die benötigte Information an den Bedarfsstellen zur Verfügung zu stellen. Dabei muss zwischen Humanressourcen und materielle Ressourcen unterschieden werden. Humanressourcenpotenziale werden genau dann generiert, wenn beispielsweise für die Erstellung von definierten Informationsobjekten keine Humanressourcen mehr aufgewendet werden müssen, da diese im MES-System verfügbar sind. Materielle Ressourcen können dann reduziert werden, wenn beispielsweise Informationsobjekte digital vorhanden sind und nicht mehr ausgedruckt werden müssen. Dieses Kriterium umfasst dabei jene Prozesse und Abläufe, die nicht zu einer Verbesserung der betrieblichen Kapazitätssituation in der Produktion führen.

Betriebliche Kapazitätssituation verbessern

Ein weiteres Kriterium, welches zur Potenzialauswahl herangezogen werden soll ist, dass das betrachtete Potenzial zu einer Verbesserung der Kapazitätssituation führen muss. Dieses Kriterium ist dem vorher beschriebenen Kriterium sehr ähnlich, zielt aber darauf ab, dass vorhandene Kapazitäten in der Produktion effizienter eingesetzt und damit die Kapazitätssituation verbessert werden kann. Ein Beispiel dafür wäre, dass durch die verbesserte Planung Umrüstvorgänge vermieden werden können, sodass dies in Summe zu einem geringeren Kapazitätsbedarf bei gleichem Arbeitsvorrat führt. Dieses Kriterium betrifft somit nicht den Abbau von Fertigungskapazitäten, sondern vielmehr die gewonnene Fertigungskapazität, die zusätzlich für die Produktion zur Verfügung steht. Dasselbe gilt auch für den Verlust von Produktionskapazität, wenn beispielsweise ein Mitarbeiter sich nicht auf seinem Arbeitsplatz befindet, was mehrere Gründe haben kann, die allesamt mit der Informationsbereitstellung einhergehen. Somit werden durch dieses Kriterium Potenziale gewählt, die zur Verbesserung der Kapazitätssituation in der Produktion führen.

Reduktion der Wegezeiten ermöglichen

Wegezeiten können in der Fertigung aufgrund mehrerer Faktoren entstehen, die allesamt zu einer verminderten Nutzung der vorhandenen Kapazitäten eines Mitarbeiters führen. So können Wegezeiten aufgrund vom Aufsuchen von Teilen in der Fertigung entstehen, oder aufgrund der Tatsache, dass die Schichtenblätter täglich vom Sammelpunkt zu den jeweiligen Bedarfsstellen transportiert werden müssen. Weiters können Wegezeiten aufgrund eines Mangels an Informationen direkt am Arbeitsplatz entstehen, sodass ein Mitarbeiter während der Arbeitszeit das Meisterbüro aufsuchen muss, was die Überwindung der Distanz Arbeitsplatz zum Meisterbüro und wieder retour bedeutet. Alle diese und weitere Aspekte reduzieren die Kapazität eines Mitarbeiters unabhängig davon, welche Position der Mitarbeiter in der betrieblichen Organisation einnimmt. Daher stellt ein Kriterium für die Potenzialauswahl die Reduktion der Wegezeiten dar, die durch die Implementierung eines MES-Systems und die dadurch verbesserte Informationsbereitstellung ermöglicht wird.

Kontrolltätigkeiten reduzieren

Laufende Kontrollen der Bereiche im Unternehmen sind notwendig, sodass Abweichungen und Ungereimtheiten erkannt und behoben werden können. Diese Tätigkeiten werden von eigenen organisatorischen Abteilungen, sowie auch von den bereichsverantwortlichen Personen durchgeführt. Ein Beispiel für eine derartige Kontrolltätigkeit wäre die tägliche Kontrolle der Schichtenblätter, die doppelt erfolgt: zunächst durch den Meister und anschließend durch den Mitarbeiter der Zeitwirtschaft. Dabei darf man sich die Situation nicht so vorstellen, dass durch die Einführung eines MES-Systems die Kontrolltätigkeiten komplett wegfallen. Vielmehr muss für einige Teilbereiche mehr Kontrollaufwand aufgewendet werden, aber in Summe sollten die Aufwendungen für die Kontrolle reduziert werden. Daher stellt die Reduktion der Kontrolltätigkeiten ein eigenständiges Kriterium dar.

6.1.2 Bewertungssystem der Potenziale

Die Bewertung der Potenziale soll in erster Linie dazu dienen, dass eine gemeinsame Basis-einheit für die Vergleichbarkeit der verschiedenen Potenziale geschaffen wird, sodass die einzelnen Potenziale zu einem Gesamtwert zusammengeführt werden können. Weiters ermöglicht die Bewertung der Potenziale die Analyse der Verbesserung, welche durch die Einführung eines MES-Systems erreicht wird. Da ein MES-System eine Software darstellt, die auf die verbesserte Unterstützung der Unternehmensprozesse, inklusive deren zeitlichen Ablauf abzielt, stellen auch die Prozesszeiten und die dadurch gebundenen Kapazitäten im Anwendungsfall der Stahlgießerei die zentrale Bewertungseinheit dar. Der Gesamtzeitaufwand für einen Prozess ist dabei nicht nur von der Prozesslänge, sondern auch von der Häufigkeit der Prozessdurchführung abhängig. Wird beispielsweise die Distanz von einem Arbeitsplatz zum Meisterbüro zehn Mal pro Tag zurückgelegt, setzt sich die Zeitbewertung aus der Wegezeit für eine Distanz multipliziert mit der Häufigkeit zusammen. Weiters muss in diese Betrachtungen inkludiert werden, dass es Prozesse gibt, die täglich, wöchentlich, oder gar nur monatlich durchgeführt werden. Um diesen Sachverhalt abbilden zu können, muss eine einheitliche Zeitbasis geschaffen werden, die alle oben erläuterten Einflussfaktoren beinhaltet. Diese einheitliche Zeitbasis wird in diesem Rahmen mit Minuten pro Jahr festgelegt.

Sämtliche Prozesszeiten sind grundsätzlich an Kapazitäten gebunden, die für die Durchführung der Prozesse aufgewendet werden müssen. Kapazitäten verursachen Kosten, die über die Kostenstellenrechnung auf die Kostenträger umgerechnet werden, und somit für das Produkt und dessen Verkaufspreis relevant sind.⁴³⁷ Durch die Hinterlegung der Kapazitäten mit Kosten ist es möglich, das Einsparungspotenzial monetär zu bewerten. Grundsätzlich müssen die verschiedenen Prozesse mit unterschiedlichen Kostensätzen bewertet werden. Für Potenziale, die aus der Verringerung der Prozesszeiten bei Maschinen, Anlagen, Aggregaten oder sonstigen Arbeiten direkt am Produkt generiert werden können, müssen für die Bewertung die Kostenstellenkosten jener Kostenstelle, auf der die betrachtete Maschine, die Anlage oder das Aggregat zugewiesen ist, herangezogen werden. Ein Beispiel hierfür wäre die Reduktion der Anzahl an Rüstvorgänge bei den Formmaschinen durch verbesserte Planung und Zuteilung durch ein MES-System. Der Grund dafür liegt darin, dass beim Umrüstvorgang die Formmaschine in vollem Betrieb ist, und dabei bereits Formmasken wie in der Serie produziert werden. Dadurch fallen für diesen Rüstvorgang sowohl die fixen als auch die variablen Kosten an, sodass der Kostensatz der Kostenstelle, auf welche die Formmaschine zugewiesen ist, herangezogen werden muss. Im Gegensatz dazu gibt es auch Potenziale, die ausschließlich aufgrund der Zeitreduktion von Mitarbeitertätigkeiten generiert werden. Daher ist aber auch klar, dass es nicht verursachungsgerecht wäre hier den Kostenstellenkostensatz der Kostenstelle, auf welcher der betrachtete Mitarbeiter zugewiesen ist, für die Bewertung heranzuziehen, da auf die Kostenstellen neben den Personalkosten auch weitere Kosten wie beispielsweise Energiekosten, nicht direkt verrechenbare Materialkosten oder Instandhaltungskosten verrechnet werden. Aus diesem Grund werden für die Bewertung die beiden innerbetrieblichen Verrechnungssätze für die Personalkosten als Bewertungsbasis herangezogen. Die Verrechnungssätze liegen bei 21 Euro Mannstunde für einen Fertigungsmitarbeiter und 30 Euro pro Mannstunde für einen Mitarbeiter im Angestelltenbereich. Diese Werte werden auch nachstehend für die monetäre Bewertung der Verbesserungspotenziale herangezogen.

Ein Beispiel für die Vorgehensweise bei der Bewertung ist in der nachstehenden Tabelle 4 dargestellt. Dabei sind auf der linken Seite der Tabelle die erhobenen Potenziale angeführt.

⁴³⁷ Vgl. Thommen/Achleitner (2003), S. 445 ff.

Die auf der linken Seite angeführten Potenziale wurden im aktuellen Prozess zeitlich gemessen, und die Messdaten sind in der Spalte mit der Bezeichnung „akt. Zeitd.“ eingetragen worden. Anschließend wurde in Abstimmung mit den beteiligten Personen basierend auf den ersten Messdaten und den Prozesseinflussfaktoren die zukünftige Zeitdauer festgelegt. Die so erhaltene Zeit wurde in die Spalte mit der Bezeichnung „zuk. Zeitd.“ eingetragen. Das Einsparungspotenzial für ein betrachtetes Potenzial ergibt sich weiters aus der Differenz der Spalte „akt. Zeitd.“ mit der Spalte „zuk. Zeitd.“, welche in die Spalte mit der Bezeichnung „Potenzial“ eingetragen worden ist. Da die jeweilige Messeinheit für die einzelnen Potenziale unterschiedlich waren, musste zur Bestimmung des Gesamtjahrespotenzials die Umrechnung der einzelnen Messeinheiten auf den Jahreswert Minuten pro Jahr durchgeführt werden. Dies wurde durch Multiplikation des Differenzwertes in der Spalte mit der Bezeichnung „Potenzial“ entweder mit dem Faktor 240, wenn die Messeinheit Minuten pro Tag war, oder mit dem Faktor 48, wenn die Messeinheit Minuten pro Woche war, oder mit dem Faktor 12, wenn die Messeinheit Minuten pro Monat war, durchgeführt. Erst durch diese Multiplikatoren ist die Zusammenfassung des gesamten Potenziales für einen Kernprozess möglich. Zum Abschluss erfolgte eben die Zusammenfassung des gesamten Potenzials des Kernprozesses, was durch Bildung der Summe über das Jahreseinsparungspotenzial durchgeführt wurde. Zur monetären Bewertung bedurfte es der Umrechnung des Gesamteinsparungspotenzials von Minuten auf Stunden, damit durch Multiplikation mit dem Kostensatz die Gesamtkosten erhalten wurden. Diese Vorgehensweise wurde für alle in Kapitel 4 definierten Kernprozesse durchgeführt.

Tabelle 4: Auszug der Potenzialbewertung im Form- und Kernherstellungsprozess

Aufwendungen Formprozess

Bezeichnung / Prozessschritt	akt. Zeitd.	EH	zuk. Zeitd.	EH	Potenzial	EH	Gesamt	EH
Erstellung des Feinplanes	30	Min/Tag	15	Min/Tag	15	Min/Tag	3.600	Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen	140	Min/Wo	90	Min/Wo	50	Min/Wo	2.400	Min/Jahr
Produktionsbedingte Kommunikation	60	Min/Tag	30	Min/Tag	30	Min/Tag	7.200	Min/Jahr
Mitarbeitererteilung und Informationsweitergabe	60	Min/Tag	50	Min/Tag	10	Min/Tag	2.400	Min/Jahr
Durchschnittliche Mitarbeiterwegzeit pro Tag	125	Min/Tag	75	Min/Tag	50	Min/Tag	12.000	Min/Jahr
Eintragen der Leistungsdaten durch Mitarbeiter	375	Min/Tag	325	Min/Tag	50	Min/Tag	12.000	Min/Jahr
Auslesen der Daten aus den Lohnscheinen	30	Min/Tag	0	Min/Tag	30	Min/Tag	7.200	Min/Jahr
Kontrollieren der eingetragenen Daten	10	Min/Tag	20	Min/Tag	-10	Min/Tag	-2.400	Min/Jahr
Unklarheiten bei Einträgen bereinigen	10	Min/Tag	5	Min/Tag	5	Min/Tag	1.200	Min/Jahr
Rückmeldungen auf die Aufträge durchführen	30	Min/Tag	0	Min/Tag	30	Min/Tag	7.200	Min/Jahr
Eintragen der Anwesenheitszeit ins Schichtenblatt	10	Min/Tag	0	Min/Tag	10	Min/Tag	2.400	Min/Jahr
Eintragen der Leistung ins Schichtenblatt	30	Min/Tag	0	Min/Tag	30	Min/Tag	7.200	Min/Jahr
Gesamteinsparungspot in Min							62.400	Min/Jahr
Gesamteinsparungspot in St.							1.040	h/Jahr
Kosteneinsparungspot Kapa							21.840	Euro/Jahr

6.1.3 Potenziale der Kernprozesse der Stahlgießerei

In diesem Teilkapitel sollen die bewerteten Potenziale, die aufgrund der Einführung eines MES-Systems in die Stahlgießerei generiert werden können, dargestellt werden. Die Basis für die Auswahl der Potenziale stellen die oben erwähnten Kriterien dar.⁴³⁸ Dabei erfolgt die Darstellung wie erwähnt, gemäß den in Kapitel 4 definierten Kernprozessen in der Stahlgießerei. Für jene Kernprozesse, die ein hohes Verbesserungspotenzial aufweisen, wurde zur besseren Darstellung des Sachverhaltes ein Diagramm erstellt, welches den Anteil eines Potenzials am Gesamtpotenzial des betrachteten Kernprozesses visualisiert. Weiters wurde zur Schaffung eines verbesserten Überblicks Potenziale, die nur einen geringen Beitrag zum Gesamtpotenzial leisten, unter einem Überbegriff zusammengefasst. Nachstehend erfolgt die Darstellung der Potenziale der Stahlgießerei.

Generierbare Potenziale im Schmelzenerstellungsprozess

Im Schmelzenerstellungsprozess können durch die Einführung des MES-Systems die nachstehenden Potenziale generiert werden:

⁴³⁸ Siehe Teilkapitel 6.1.1.

- Rückmelden von auftragsbezogenen Daten
- Erfassen und eintragen der Daten ins Schichtenblatt
- Produktionsbedingte Kommunikation und Besprechungen

Ein wichtiger Teil der Kapazitäten in diesem Bereich gehen aufgrund der Rückmeldetätigkeiten von auftragsbezogenen Daten auf die Schmelzenaufträge verloren. Der Schmelzbetriebsmeister muss täglich die Rückmeldungen der Leistungsdaten auf die jeweiligen Fertigungsaufträge durchführen. Dabei werden alle auftragsrelevanten Daten bereits durch den Schmelzer direkt in die Accessdatenbank eingetragen. Da kein direkter Datenaustausch der beiden Systeme möglich ist, ist dieser Mehraufwand aktuell notwendig. Jedoch kann durch die Einführung eines MES-Systems diese Anbindung entweder über das MES-System, oder durch eine direkte Anbindung an das ERP-System geschaffen werden. Durch die auch zukünftig anfallende Kontrolltätigkeit bei den Rückmeldungen kann nur ein Teil dieses Potenzials auch tatsächlich generiert werden, was mit 80 Stunden pro Jahr beziffert werden kann. Zusätzlich hat der Meister die Aufgabe, dass die Leistungsdaten der Mitarbeiter in ein Schichtenblatt eingetragen werden. Dabei wird die Anwesenheitszeit, Abwesenheiten, Gründe für Abwesenheiten und die erbrachte Leistung eingetragen. Durch die Einführung eines MES-Systems wird dieser Prozess komplett wegfallen, da das System diese Tätigkeit über das Modul der Personaleinsatzplanung übernimmt. Aus dem Wegfall dieses Prozesses lässt sich zusätzlich ein Potenzial von 120 Stunden pro Jahr generieren.

Ein Mangel an Informationen, kein gleiches Informationsniveau, fehlende Transparenz in der Fertigung oder laufende Änderungen führen dazu, dass versucht wird, diesen Mangel durch einen erhöhten Kommunikationsaufwand zu kompensieren. Dies erfolgt zum Teil durch das innerbetriebliche Besprechungswesen, sowie durch laufende interne Kommunikation per Telekommunikationseinrichtungen. Durch das MES-System kann eine verbesserte Transparenz geschaffen und die benötigten Informationen bereitgestellt werden. Zusätzlich wird über den Leitstand ein einheitliches Informationsniveau geschaffen, was zur Reduktion der produktionsrelevanten Kommunikation führt. Dadurch kann im Schmelzbetrieb ein Potenzial von ungefähr 80 Stunden pro Jahr generiert werden.

Generierbare Potenziale im Form- und Kernherstellungsprozess

Der Form- und Kernherstellungsprozess stellt, den wichtigsten Bereich in der Fertigung der Stahlgießerei dar. Den Grund dafür bildet die Umsetzung des Wochenprogramms in einen Feinplan, der sowohl den Reihenfolgeplan im Schmelzenerstellungsprozess, als auch in den nachgelagerten Prozessen beeinflusst.⁴³⁹ Die in diesem Prozess generierbaren Potenziale sind nachstehend aufgelistet:

- Auslesen von Daten und Rückmeldungen auf die Systemaufträge
- Produktionsbedingte Kommunikation und Besprechungen
- Durchschnittliche Mitarbeiterwegzeit pro Tag
- Warten auf Zuteilung der Arbeit
- Rüstzeitoptimierung bei Kernschieß- und Formmaschinen

Die Rückmeldung der Auftragsdaten erfolgt auch in diesem Kernprozess in zwei Etappen. Alle Leistungsdaten werden auf Lohnscheinen niedergeschrieben, die anschließend auf die Fertigungsaufträge verbucht werden müssen. Diese Daten werden während des Rückmeldens auf Richtigkeit geprüft, sodass sich der Rückmeldeprozess aus drei Teilprozessen zusammensetzt: manuelles Eintragen der Daten, auslesen und prüfen der Daten, rückmel-

⁴³⁹ Siehe Teilkapitel 4.5.2.

den auf den Fertigungsauftrag. Im Falle von Unklarheit hinsichtlich der eingetragenen Daten bedarf es zusätzlich einer Abstimmung mit dem jeweiligen Mitarbeiter. Hierfür wird der Mitarbeiter zum Formereileitstand gerufen, was wieder zu verllorener Produktionszeit führt. Alleine dieser Rückmeldeprozess bringt auf Jahressicht ein Einsparungspotenzial von 140 Stunden, wobei bei dieser Betrachtung auch der zukünftige Mehraufwand für die Kontrolltätigkeiten in der Höhe von 120 Stunden berücksichtigt worden ist. Der Kommunikationsaufwand in diesem Kernprozess kann aufgrund derselben Situation, wie im vorigen Abschnitt dargestellt wurde, reduziert werden. Dabei lässt sich im Form- und Kernherstellungsprozess ungefähr dasselbe Verbesserungspotenzial erzielen. Der Grund liegt darin, dass bei den erwähnten Besprechungen auch der Formereimeister anwesend sein muss. Hinzu kommt noch der Aufwand für die abteilungsinterne Kommunikation, der im betrachteten Bereich etwas höher ist. Daher lässt sich durch diese Verbesserung ein Potenzial von 140 Stunden generieren.

Ein wichtiges Potenzial im Form- und Kernherstellungsprozess stellen Wege- und Wartezeiten dar. Dabei spielen zwei Faktoren eine entscheidende Rolle, und zwar die Einholung von Informationen und die Wartezeiten auf die Zuteilung der Arbeit. Die benötigte Information ist aktuell nicht immer für die Mitarbeiter in der benötigten Ausführungsform vorhanden, sodass zusätzliche Wegezeiten zur Informationsbeschaffung notwendig sind. Dabei muss der Mitarbeiter den Weg vom Arbeitsplatz zum Formereileitstand und retour zurücklegen. Denselben Prozess muss der Mitarbeiter durchlaufen, wenn dieser seinen zugeteilten Arbeitsvorrat abgearbeitet hat, und ein neues Arbeitspaket benötigt. Dabei muss angemerkt werden, dass der Meister auch nicht durchgehend im Leitstand anzutreffen ist, sodass es auch zu Wartezeiten kommen kann. Durch die bessere Informationsbereitstellung kann der Mitarbeiter die notwendige Information direkt am Erfassungsgerät einholen. Das aus dieser Situation generierbare Potenzial kann mit 360 Stunden angegeben werden. Dieser Wert ist deshalb so hoch, da in diesem Fertigungsbereich ungefähr 25 Mitarbeiter arbeiten, und eine geringfügige Verbesserung pro Mitarbeiter in Summe zu einem hohen Potenzial führt.

Das letzte für diesen Prozess erwähnte Potenzial stellt die Rüstzeitoptimierung dar, die vor allem bei den großen Formmaschinen und den Kernblasmaschinen zu einem hohen Potenzial führt. Durch die transparentere Planung, die durch das MES-System ermöglicht wird, können Chargen besser zusammengefasst und weiters unnötige Umrüstvorgänge vermieden werden. Zusätzlich können Proben, die denselben Rüstaufwand wie ein Serienprodukt aufweisen, besser geplant werden, was Rüstvorgänge vermeidet. Für das Umrüsten einer großen Formmaschine müssen 5 Stunden, und für das Umrüsten der kleinen Formmaschinen oder einer Kernblasmaschine müssen 2 Stunden aufgewendet werden. Die Rüstoptimierung liegt je nach Maschine zwischen 5 und 15 Minuten pro Tag, wodurch ein Einsparungspotenzial von 72 Stunden pro Jahr erreicht wird. Da der Kostensatz⁴⁴⁰ deutlich höher ist, kann ein Einsparungspotenzial von 9.720 Euro pro Jahr erreicht werden.

Generierbare Potenziale im Gussbearbeitungsprozess

Der Gussbearbeitungsprozess ist einer der größten Kernprozesse, den ein Produkt in der Gießerei zu durchlaufen hat. Daher ist auch das durch die Implementierung eines MES-Systems generierbare Potenzial entsprechend hoch. In der nachstehenden Abbildung sind die Potenziale, die im Bearbeitungsprozess generiert werden können, graphisch dargestellt.

⁴⁴⁰ Kostensatz liegt bei 157 Euro pro Stunde.

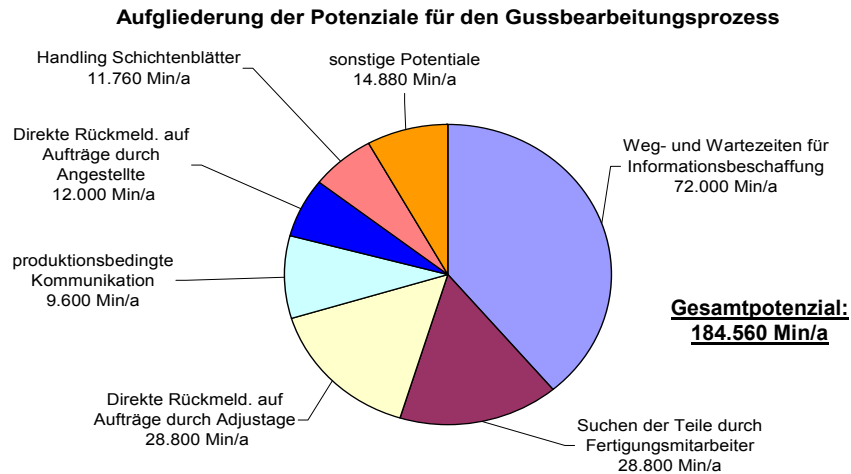


Abbildung 34: Potenziale Gussbearbeitungsprozess

Eines der größten Potenziale, welches durch die Einführung des MES-Systems in diesem Fertigungsbereich generiert werden kann, stellt die Eliminierung des aufwendigen Rückmeldesystems dar. In der Analyse wurde dargestellt, dass die Erfassung der Leistungsdaten durch das manuelle Eintragen der Daten in das Schichtenblatt durch die Mitarbeiter erfolgt. Für das Eintragen der Daten stehen Formulare zur Verfügung, die für jeden Mitarbeiter jede Woche neu erstellt werden müssen, und anschließend zur Eintrageposition transportiert werden. Die Dateneintragungen, sowie auch das Auslesen und Rückmelden der Daten erfolgt aufgrund der hohen Mitarbeiterzahlen in diesem Funktionsbereich jeden Tag. Dabei steht für jeden Mitarbeiter ein eigenes Fach zur Verfügung, sodass jedes Schichtenblatt jeden Tag einzeln eingeordnet werden muss. Alleine die Wegzeiten und das Einordnen der Schichtenblätter stellen einen wesentlichen Kapazitätsaufwand dar. Zusätzlich müssen die in den Schichtenblättern eingetragenen Leistungsdaten jeden Tag auf die Fertigungsaufträge rückgemeldet werden. Ein Mitarbeiter in der Fertigung sowie eine Büroangestellte, führen diese Rückmeldungen im ERP-System aus. Die Daten werden somit durch fertigungsfremde Personen eingetragen, was zusätzlich eine Fehlerquelle darstellt. Dadurch, dass das MES-System die Daten direkt von den Erfassungsgeräten erhält, und somit die Daten von jenen Personen eingetragen werden, die auch die Leistung erbracht haben, können Fehlerquellen eliminiert und Aufwendungen verringert werden. Durch die Änderung des Rückmeldesystems kann ein Potenzial von 876 Stunden pro Jahr generiert werden.

Ein wichtiges Potenzial, dass durch die bessere Informationsbereitstellung, sowie durch die direkte Zuteilung der Arbeitspakete zu den Mitarbeitern generiert werden kann, stellt der Bereich der Weg- und Wartezeiten für die Informationsbeschaffung dar. Diese Wege- und Wartezeiten entstehen aufgrund eines Informationsmangels direkt am Arbeitsplatz, sodass es bei Neuteilen oder im Falle von Fragen zum Gussteil einer Informationsbeschaffung bedarf. Dabei muss der Mitarbeiter abhängig von seinem Standort eine entsprechende Distanz zur Datenbeschaffung zurücklegen. Weiters ist, wie auch beim Form- und Kernherstellungsprozess dargestellt, das Meisterbüro nicht immer besetzt, sodass zusätzliche Wartezeiten entstehen können. Die durchschnittliche Aufwendung eines Mitarbeiters aufgrund des Mangels an Information, kann mit 5 Minuten festgelegt werden. Diese Situation wird durch die optimale Bereitstellung von Informationen direkt auf dem Erfassungsgerät, sowie durch die automatische Zuteilung der Arbeitspakete an die Mitarbeiter verbessert. Dabei ist anzumerken, dass dieses Potenzial derzeit eigentlich gar nicht erfasst wird, da diese Wege- und Wartezeiten vom Mitarbeiter nicht in das Schichtenblatt eingetragen werden, sodass die vom Mitarbeiter erbrachte Leistung während der Gussteilebearbeitungszeit eigentlich höher ist. Durch die Reduktion der Wege- und Wartezeiten lässt sich ein Potenzial von

1.200 Stunden pro Jahr generieren, da der Mitarbeiter diese Zeit für die Bearbeitung der Gussteile nutzen kann. Zusätzlich kommt zu diesem Aspekt das laufende Aufsuchen der Teile in der Fertigung hinzu. Da es viele verschiedene Arbeitsplätze in dieser Abteilung gibt, und dadurch viele Produkte gleichzeitig in der Fertigung vorhanden sind, geht leicht der Überblick über die aktuelle Position der unterschiedlichen Gussteile verloren. Diese fehlende Transparenz mündet im Suchen der Gussteile in der Produktion. Durch die Einführung des Systems kann die Transparenz verbessert, und dem Mitarbeiter am Erfassungsgerät zusätzlich die Teileposition angezeigt werden. Dadurch wird das Aufsuchen der Teile verringert, wodurch ein Potenzial von 480 Stunden generiert werden kann.

Wie bei den übrigen Fertigungsbereichen, bedarf es auch beim Gussbearbeitungsprozess der produktionsbedingten Kommunikation. Durch die Größe der Abteilung muss auch ein großer Teil der Kapazitäten für diese Kommunikation aufgewendet werden. Hinzu kommt die manuelle Zuteilung der Arbeitspakete auf die Arbeitsplätze, was weitere Kapazitäten bindet. Durch die verbesserte Transparenz, die automatische Zuweisung von Arbeitspaketen und die Bereitstellung der Informationen, kann dieser Kommunikationsaufwand reduziert werden. Da weiters die Lieferterminbesprechung wegfällt und der Zeitaufwand für die Produktionsbesprechungen reduziert wird, kommt es zu einer weiteren Verbesserung. Dadurch lässt sich ein Potenzial von 272 Stunden pro Jahr generieren.

Generierbare Potenziale im Prozess der Qualitätsprüfung

Der Qualitätsprüfprozess stellt jenen Bereich in der Fertigung dar, der die Qualität der gefertigten Produkte entsprechend den Vorgaben prüft. Dabei werden verschiedene Prüfarbeiten zur Prüfung der Produktqualität eingesetzt. Durch die MES-Systemeinführung können Potenziale in diesem Funktionsbereich generiert werden, die nachstehend dargestellt sind.

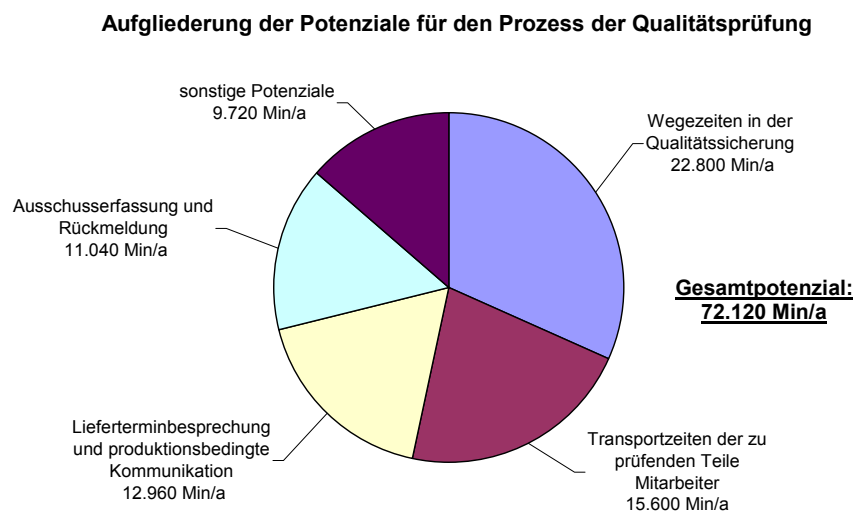


Abbildung 35: Potenziale Prozess der Qualitätsprüfung

Das wichtigste Potenzial, das die Einführung eines MES-Systems mit sich bringt, stellen die Reduktion der Wegezeiten und die Aufwendungen für das Aufsuchen der Teile in der Produktion dar. Dieser Sachverhalt ist auch in der Abbildung 35 dargestellt. Die Qualitätssicherung wird an mehreren Positionen im Werk durchgeführt, sodass oft weite Wege zurückgelegt werden müssen. Den ersten Beitrag zu den Wegezeiten liefert die Qualitätsprüfung von Roststäben, die in einer eigenen Fertigungshalle⁴⁴¹ durchgeführt wird, wodurch die bereichsverantwortlichen Personen laufend diesen Fertigungsbereich zur Kontrolle und

⁴⁴¹ Halle ist ungefähr 350 Meter von der übrigen Qualitätsstelle entfernt.

Übergabe von Information aufsuchen müssen. Den zweiten Beitrag liefert das Aufsuchen von Teilen im Produktionsprozess durch die beiden verantwortlichen Personen. Dieses Aufsuchen hat mehrere Gründe, wobei die wichtigsten Gründe die Kontrolle der Qualität von abgegossenen Teilen und die Ermittlung des Anarbeitungsgrades von Gussteilen darstellen. Dabei muss die Fertigung abgeschritten werden, um die zu prüfenden Gussteile zu suchen, damit ein aussagekräftiger Feinplan für diesen Funktionsbereich erstellt werden kann. Den letzten Beitrag liefern die Mitarbeiter selbst, die laufend Teile in der Fertigung suchen, wobei diese Zeiten nicht wie im Bearbeitungsprozess in den Verteilzeiten enthalten sind und somit direkt als Potenzial generiert werden können. Dies beinhaltet Teile, die sich direkt in der Fertigung befinden aber auch Teile, die an definierten Lagerplätzen zwischengelagert werden. Aus diesen Gründen kann durch die Reduzierung der Wegezeiten und der Suchzeiten ein Gesamtpotenzial von 380 Stunden generiert werden.

Gussteile werden in der Stahlgießerei im Bereich der Qualitätssicherung vorwiegend durch Handgabelhubwagen transportiert. Die Bedienung dieser Hubwagen erfolgt durch den Mitarbeiter am Arbeitsplatz. Hat ein Mitarbeiter seinen Arbeitsvorrat abgearbeitet, muss dieser sich die nächsten Teile selbstständig zu seinem Arbeitsplatz fördern. Durch die aktuell mangelnde Transparenz kommt es vor, dass ein großer Hallenbereich mit dem Handgabelhubwagen dafür abgefahren werden muss. Außerdem kommt es vor, dass der Mitarbeiter die Teile in kleinen Losen vom Vorgängerarbeitsplatz abholt. Diese Zwischenzeiten sind wiederum in den Vorgabezeiten für die Mitarbeiter nicht enthalten. Durch den verbesserten Überblick und die geringere Zahl der Transportvorgänge kann daher ein Potenzial von 260 Stunden generiert werden. Zusätzlich bedarf es wegen der geringen Transparenz auch laufender Besprechungen und interner Kommunikation für die Auftragsabwicklung. Die beiden verantwortlichen Personen müssen bei allen genannten Besprechungen⁴⁴² anwesend sein. Durch den Wegfall der Lieferterminbesprechung und der Reduktion der Zeitdauer der übrigen Besprechungen, kann ein hohes Potenzial generiert werden. Wichtig ist, dass auch die produktionsbedingte Kommunikation reduziert werden kann, da sämtliche qualitätsrelevante Informationen durch das MES-System bereitgestellt werden können. Dies führt zu einem Einsparungspotenzial von ungefähr 216 Stunden.

Ein weiterer Bestandteil der Qualitätssicherung stellt die komplette Ausschussverwaltung dar. Dafür werden aktuell mehrere Mitarbeiter eingesetzt, die entweder direkt in der Linie, oder während der Qualitätskontrolle den Ausschuss erfassen. Vor allem die Ausschusserfassung in der Linie bindet Kapazitäten, da ein Mitarbeiter alle auf einem Sammelplatz transportierten Gussstück erheben und dokumentieren muss. Hinzu kommt noch die laufende Korrektur der Ausschussdaten, was dann erfolgt, wenn die Gussteile systemtechnisch vorhanden sind, physisch aber nicht aufgefunden werden können. Diese Teile müssen gesucht, und wenn diese nicht aufgefunden werden, als Ausschuss gemeldet werden. Alleine für diese Prozesse ist ein Potenzial von 184 Stunden pro Jahr möglich.

Generierbare Potenziale im Prozess der Arbeitsvorbereitung

Im Prozess der Arbeitsvorbereitung können mehrere Potenziale durch die Einführung eines MES-Systems generiert werden, da die Planung genau das Hauptunterstützungsgebietes eines MES-Systems darstellt. Nachstehend sind diese Potenziale aufgelistet:

- Aufsuchen der Teile in der Fertigung
- Produktionsbedingte Kommunikation und Besprechungen
- Vorbereitende Aktivitäten Produktionsdurchführung

⁴⁴² Siehe Teilkapitel 4.5.3.

Ein großer Teil der Tätigkeiten in der Arbeitsvorbereitung stellt die Koordination der Fertigung dar, wobei für diese Koordination oftmals die Gussteile in der laufenden Fertigung aufgesucht werden müssen. Alleine für dieses Aufsuchen der Teile muss einer der Planer 5 Stunden täglich aufwenden. Dabei darf man sich das Teileaufsuchen nicht so vorstellen, dass in diesem Rahmen nur stur diese Teile gesucht werden, sondern es erfolgt dabei auch die Informationsbeschaffung hinsichtlich Produkt, Stückzahlen, Änderungen, Auftragsstatus, Liefertermin, Qualitätsprobleme oder Nacharbeit. Durch den Einsatz eines MES-Systems können diese Prozesszeiten deutlich verringert werden. Dies erfolgt dahingehend, dass alle Informationen zum Auftrag am Leitstand dargestellt werden, und alle am Prozess beteiligten Personen dieselbe Information haben. Dadurch wird das Aufsuchen der Teile reduziert, was zu einem Gesamteinsparungspotenzial von 600 Stunden pro Jahr führt.

Ein weiteres Potenzial stellt die Kommunikation zu den übrigen Funktionsbereichen dar, wobei in der Arbeitsvorbereitung die Kommunikation mit den operativen Bereichen und dem Vertrieb im Vordergrund steht. Mit dem Vertrieb werden aktuell mögliche Liefertermine für neue Aufträge und für bestehende Aufträge diskutiert. Dies ist deshalb notwendig, da der Vertrieb keinen Überblick über den Produktionsfortschritt der Gussteile hat. Oftmals kommt es auch vor, dass die Arbeitsvorbereitung gar keine Aussage zu einem Liefertermin machen kann, sodass dieser aufwendig erhoben werden muss. Dabei erfolgt erst die Abstimmung mit dem Meister des Fertigungsbereiches, oder das Aufsuchen der Teile im Produktionsprozess. Nach erfolgter Erhebung muss der Liefertermin errechnet und an den Vertrieb weitergeleitet werden. Der zweite Teil der Kommunikation besteht in der Abstimmung mit den operativen Funktionsbereichen, da die Fertigung laufenden Änderungen unterworfen ist und es der ständigen Abstimmung zwischen Arbeitsvorbereitung und Meisterbereichen bedarf. Durch den Einsatz eines MES-Systems können beide oben dargestellten Prozesse verbessert werden. Da immer der aktuelle Liefertermin im Leitstand angezeigt wird, fällt die Lieferterminabstimmung vollkommen weg, da alle Personen denselben Wissensstand haben. Weiters werden Änderungen oder neue Feinpläne direkt dem Meister am Leitstand angezeigt, sodass diese umgehend umgesetzt werden können. Durch diese Unterstützung lässt sich ein Potenzial von 340 Stunden pro Jahr generieren. Zusätzlich reduziert sich auch der Aufwand für das betriebliche Besprechungswesen. Durch diesen Umstand lässt sich ein Potenzial von 128 Stunden pro Jahr generieren.

Einen wichtigen Aspekt stellen die vorbereitenden Arbeiten, sowie die Verteilung von Arbeitspapieren in der Fertigung dar. Ziel der zukünftigen Produktion ist es, dass die Fertigung nahezu papierlos durchgeführt wird. Nach der Umsetzung der Fertigungsaufträge im SAP bedarf es vorbereitenden Arbeiten, wie dem Ausdrucken der Lohnscheine, die in weiterer Folge in der Fertigung verteilt werden müssen. Ohne diese Arbeitspapiere kann nicht gefertigt werden, da keine Leistungsverrechnungen möglich sind. Durch die Einführung des MES-Systems, und die damit verbundene direkte Rückmeldung auf die Aufträge, fallen diese Prozesse weg, was ein Einsparungspotenzial von 60 Stunden pro Jahr bringt.

Generierbare Potenziale im Prozess der Zeitwirtschaft

Da das eingesetzte SAP-System das Prämienlohnsystem nur mangelhaft unterstützt, bedarf es der manuellen Eingabe der Leistungsdaten in ein Excel-Datenblatt. Die beiden wesentlichen Verbesserungspotenziale, welche durch die MES unterstützte Prämienlohnverrechnung generiert werden können, sind nachstehend angeführt:

- Eintragen und Berechnung der Leistungsdaten
- Kontrolle der Schichtenblätter

In der Stahlgießerei der MFL sind aktuell ungefähr 200 Personen beschäftigt, wobei 167 Mitarbeiter als Arbeiter und 33 Mitarbeiter als Angestellte tätig sind. Wie aus dieser kurzen

Aufstellung ersichtlich ist, arbeitet der überwiegende Teil dieser Personen direkt in der Fertigung und unterliegen je nach Arbeitsplatz dem Prämienlohnsystem. Für die Verrechnung des Prämienlohns müssen alle manuell erfassten Leistungsdaten mit zusätzlichem Aufwand in ein Excel-Datenblatt eingegeben werden. Dabei erfolgt die Dateneingabe in das Excel-Datenblatt nur für die Mitarbeiter der Adjustage und der Formerei. Im Durchschnitt kann pro Mitarbeiter mit 2 bis 3 Einträge pro Tag gerechnet werden, was ungefähr 240 Einträge pro Tag bedeutet. Dabei muss unter anderem zwischen Hilfslohn und Fertigungslohn unterschieden werden. Fertigungslohnstunden werden dann als Prämienlohnstunden bezeichnet, wenn ein vorgegebener Zeitzielwert erreicht wird. Durch die beschriebene Situation ist auch klar, dass diese Eintragungen einen Teil der Gesamtkapazität des Mitarbeiters binden. Durch den Wegfall der Dateneingabe und der automatischen Berechnung des Prämienlohnes, kann alleine ein Potenzial von 700 Stunden im Jahr generiert werden.

Anzumerken ist jedoch, dass die Kontrolltätigkeiten durch die Implementierung des MES-Systems für den Mitarbeiter in der Zeitwirtschaft etwas zunehmen werden. Grundsätzlich werden die Kontrolltätigkeiten durch die standardmäßig zur Verfügung gestellten Berichte vereinfacht. Weiters kann durch die direkte Dateneingabe ins MES-System die Anzahl der unterschiedlichen Mitarbeiter, welche die Kontrolltätigkeiten ausführen reduziert werden, da alle Daten an einer Stelle zusammenlaufen, und diese dort auf Richtigkeit geprüft werden können. Diese zentrale Stelle stellt eben der Mitarbeiter der Zeitwirtschaft dar, sodass dieser Mitarbeiter klarerweise mehr Aufwand bei der Datenprüfung als bisher hat. Der Grund dafür liegt darin, dass die Meister oder auch die Vorarbeiter aufgetretene Fehler vor der Dateneingabe in das ERP-System oder in die Datenblätter korrigiert haben. Da die Mitarbeiter zukünftig die Leistungsdaten selbst melden wird dieser Vorgang der Datenprüfung nicht mehr durchgeführt, sodass die zentrale Stelle diese Fehler bereinigen muss. Dadurch entsteht in der zentralen Kontrollstelle ein Mehraufwand von 156 Stunden im Jahr.

Generierbare Potenziale organisatorische Prozesse

Durch die Einführung des MES-Systems ergeben sich auch bei den organisatorischen Prozessen einige Potenziale, die jedoch nur indirekt aus der Analyse abgeleitet werden können. Da diese aber teilweise einen beachtlichen Beitrag zum Gesamtpotenzial liefern, werden diese Potenziale hier diskutiert. Diese Potenziale betreffen vor allem den Bereich des Vertriebes, der Produktentwicklung und des Controllings. In der nachstehenden Abbildung sind die Potenziale graphisch dargestellt.



Abbildung 36: Potenziale organisatorische Prozesse

Wie aus der Abbildung 36 ersichtlich ist, kommt es in der Produktion vor, dass Aufträge zu spät ausgeliefert werden, sodass die vom Kunden geforderten Liefertermine nicht eingehalten werden können. Zur Vermeidung eines Auftragverzuges bedarf es der laufenden Abstimmung zwischen Vertrieb, Planer und Kunden. Die fehlende Transparenz in der Fertigung begünstigt zusätzlich die verzögerte Auslieferung von Gussteilen, wodurch noch mehr Abstimmungsaufwand notwendig wird. Durch die Einführung eines MES-Systems ist es möglich, den Liefertermin besser vorherzusagen, wodurch im Falle eines Verzugs früher reagiert werden kann. Durch den Einsatz des MES-Systems kann alleine der Kommunikations- und Abstimmungsaufwand derart reduziert werden, dass sich ein Einsparungspotenzial von ungefähr 480 Stunden pro Jahr ergibt. Dabei besteht das größte Einsparungspotenzial in der Reduktion des Abstimmungsaufwandes mit dem Kunden. Ein weiteres Potenzial, welches sich auf die Kapazität der Vertriebsabteilung besonders auswirkt, ist der Entfall der Lieferterminbesprechung. Bei dieser Besprechung nehmen drei Mitarbeiter aus dem Vertrieb teil, da jeder Mitarbeiter für eine andere Sparte zuständig ist. Durch die neu geschaffene Transparenz entfällt diese Besprechung, da alle Daten über den Fertigstellungstermin am Leitstand dargestellt werden. Durch den Entfall der Besprechung kann im Vertrieb ein Potenzial von 216 Stunden generiert werden.

Produktionsrelevante Besprechungen stellen auch für die übrigen Bereiche einen wichtigen Bestandteil des Tagesablaufs dar. Sowohl in der Vertriebsabteilung, als auch in der Abteilung der Produktentwicklung, bedarf es der laufenden Kommunikation und Abstimmung mit den übrigen Fertigungsbereichen. Durch den Einsatz des MES-Systems kann die Dauer der Besprechungen deutlich reduziert werden. Weiters hat auch die Abteilung der Produktentwicklung einen signifikanten Einfluss auf den Liefertermin eines Produktes, vor allem dann, wenn es sich um ein Neuprodukt, oder ein Produkt mit Änderungen handelt. Bei einer Änderung der Produktausführung bedarf es der Änderung der Modell- oder Kernkasteneinrichtung. Werden diese Einrichtungen nicht fristgerecht fertig, kann das Produkt nicht gefertigt werden, wodurch wieder eine Abstimmung erforderlich ist. Durch ein MES-System kann dabei ein Potenzial von 388 Stunden pro Jahr generiert werden.

Kennzahlen stellen ein wichtiges Hilfsmittel zur Verdichtung von Informationen dar, jedoch spielt dabei die Datenqualität, sowie die Qualität der Datenaufbereitung eine Rolle. Dies ist deshalb wichtig, da ohne hochwertige Daten keine aussagekräftigen Kennzahlen erstellt werden können und diese dann weiters nicht zur Fertigungssteuerung geeignet sind. Die Erstellung von qualitativen Kennzahlen ist aktuell mit hohem Aufwand verbunden und einige Kennzahlen können aufgrund dieses Aufwandes gar nicht erstellt werden. Die angebotenen MES-Systeme bieten die Möglichkeit der Kennzahlenerstellung aus den Dateneingaben an. Durch diese Option kann der Aufwand für die Kennzahlenerstellung deutlich reduziert werden, was ein Einsparungspotenzial von 72 Stunden pro Jahr bringen würde.

6.1.4 Ergebnisdiskussion

Im nachfolgenden Teilkapitel sollen die vorangestellten Potenziale kurz im Hinblick auf das generierbare Gesamtpotenzial zusammengeführt und weiterführende Betrachtungen diskutiert werden. Zum besseren Verständnis ist das generierbare Gesamtpotenzial der Kernprozesse in der nachstehenden Abbildung 37 in Form eines Säulendiagramms dargestellt. Die Ausprägung einer Säule im Diagramm basiert auf dem Einsparungspotenzial in Minuten pro Jahr und Kernprozess. Der Grund für die gewählte Darstellungsform liegt darin, dass auch bei der Potenzialbewertung wie beschrieben, der Faktor Zeit als Basiseinheit herangezogen worden ist. Der Gesamtzeitwert für den jeweiligen betrachteten Kernprozess ergibt sich direkt aus den Bewertungstabellen, die alle im Anhang beigefügt sind. Dabei werden in der Tabelle alle für den jeweiligen Kernprozess relevanten Zeiteinsparungspotenziale aufgelistet und in weiterer Folge zusammengezählt, was dem Zeitwert im

Säulendiagramm entspricht. Nachstehend ist das Diagramm mit dem Einsparungspotenzial in Minuten pro Jahr dargestellt.

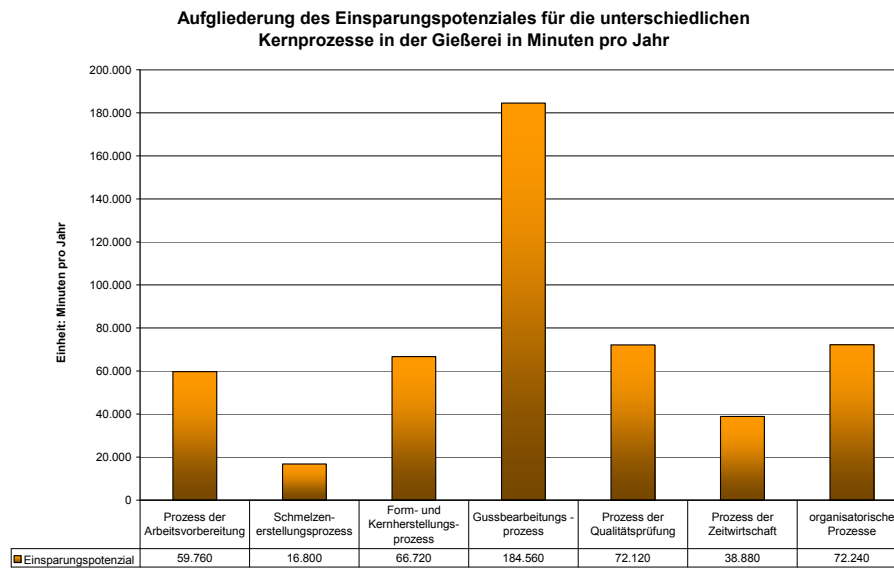


Abbildung 37: Ergebnisdarstellung bewertete Potenziale

Wie in der Abbildung 37 dargestellt ist, liegt das größte Einsparungspotenzial im Gussbearbeitungsprozess. Dies liegt daran, dass dieser Kernprozess den größten operativen Teilbereich in der Stahlgießerei darstellt, und eine geringe Zeiteinsparung bei dieser Mitarbeiterzahl bereits zu einer hohen Gesamtzeiteinsparung führt. Die sonstigen organisatorischen Prozesse liegen an zweiter Stelle, wobei dies vorwiegend durch das generierbare Potenzial im Vertrieb hinsichtlich der Lieferterminbesprechung und der produktionsrelevante Kommunikation zustande kommt. Die Qualitätssicherung trägt in der Gesamtbetrachtung auch einen wesentlichen Teil zum Gesamteinsparungspotenzial bei, da Prozesse wie die Ausschusserfassung oder Teilesuchvorgänge durch die Einführung eines MES-Systems teilweise wegfallen. Die Potenziale im Form- und Kernherstellungsprozess tragen aufgrund der Reduktion von Rüstvorgängen, sowie aufgrund der Reduktion von Wegezeiten und dem Entfall von Rückmeldeprozessen einen wichtigen Teil zum Gesamtpotenzial bei. Den geringsten Beitrag zum Gesamtpotenzial liefert der Schmelzprozess. Der Grund dafür liegt darin, dass die Reihenfolgeplanung durch den Formereimeister durchgeführt wird, und weiters wichtige Informationen durch die Qualitätsdatenbank auch jetzt bereits zur Verfügung gestellt werden.

Die in der Abbildung 37 dargestellten Werte entsprechen dem Einsparungspotenzial in Minuten pro Jahr für die einzelnen Kernprozesse. Führt man die Zeiteinsparung der Einzelprozesse zu einem Gesamtwert zusammen, so kann ein Gesamtpotenzial der bewerteten Potenziale für den Anwendungsfall der Stahlgießerei von 511.080 Minuten generiert werden, was einem Wert von 8.326 Stunden pro Jahr entspricht. Dieser Wert stellt schon eine beachtliche Verbesserung im Hinblick auf die verfügbaren Kapazitäten in der Gießerei dar, wenn man bedenkt, dass dies der Gesamtjahresarbeitsleistung von ungefähr 5,3 Mitarbeitern entspricht. Der Wert von 5,3 Mitarbeitern errechnet sich aus einer monatlichen Arbeitszeit von 130 Stunden pro Mitarbeiter und 12 Monaten pro Jahr. Die 130 Stunden wiederum stellen einen Durchschnittswert dar, der betriebsinterne Krankenstände, sowie auch den Urlaubsanspruch und andere Ansprüche⁴⁴³ von Mitarbeitern beinhaltet. Wichtig ist,

⁴⁴³ Zum Beispiel zusätzlicher Urlaubsanspruch nach 30 Dienstjahren oder unbezahlte Bildungsfreistellungen.

dass man sich die Einsparung nicht so vorstellen darf, dass in Summe 5,3 Mitarbeiter nicht mehr benötigt werden sondern vielmehr, dass die auf die einzelnen Abteilungen verteilt gewonnene Kapazität für andere wertschöpfende Tätigkeiten zur Verfügung stehen. Dies ist auch sehr gut aus den Bewertungstabellen⁴⁴⁴ ersichtlich die zeigen, dass nicht alle Prozessschritte komplett wegfallen, sondern beispielsweise durch die verbesserte Informationsbereitstellung mögliche Suchvorgänge deutlich reduziert werden können.

Neben der zeitlichen Betrachtung des Einsparungspotenzials lassen die Bewertungstabellen auch eine Aussage über die monetäre Bewertung des Einsparungspotenzials zu. Dabei ist aber grundsätzlich anzumerken, dass das in den Bewertungstabellen errechnete Einsparungspotenzial nicht vollständig ist, da es in diesem begrenzten Rahmen nicht möglich ist, alle Verbesserungspotenziale entsprechend zu bewerten. Der Grund dafür, dass nicht alle Potenziale bewertet werden können liegt darin, dass einerseits der Erhebungsaufwand für gewisse Potenziale wie beispielsweise eine Durchlaufzeitverkürzung bei ungefähr 6.000 verschiedenen Produkten äußerst aufwendig ist, und andererseits die Komplexität einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wiederum eigenen Modellen und anderer Systembetrachtungen bedarf. Dies ist in diesem begrenzten Rahmen nicht möglich, da die Anforderungsdefinition und die Potenzialerhebung, nicht aber die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Mittelpunkt der Arbeit steht. Hier besteht noch ein entsprechender Forschungsbedarf im Hinblick auf die Bewertung und dem Einsatz geeigneter Bewertungs- und Analysemodelle. Basierend auf den Bewertungstabellen kann somit festgehalten werden, dass neben der Zeiteinsparung basierend auf den internen Kostensätzen der Maschinenfabrik Liezen⁴⁴⁵, ein bewertetes Einsparungspotenzial von 236.000 Euro erreicht werden kann. Wie erwähnt, handelt es sich dabei nur um die bewerteten Potenziale, sodass aufgrund der Tatsache, dass es auch weitere nicht bewertete Verbesserungspotenziale gibt, das generierbare Potenzial noch weiter ansteigen kann. Der Wert von 236.000 Euro stellt ein beachtliches Einsparungspotenzial dar, wenn man berücksichtigt, dass dieser Einsparungswert 1,5 Prozent der Gesamtkosten der Abteilung der Stahlgießerei entsprechen.

Für eine aussagekräftige Bewertung des Einsparungspotenzials bedarf es aber weiters einer umfassenden Investitionsbetrachtung. Diese Betrachtung muss sowohl das gesamte Einsparungspotenzial, was die bewerteten und nicht bewerteten Potenziale beinhaltet, als auch alle Investitionskosten enthalten. Dabei ist die Bestimmung der Investitionskosten für Softwareprojekte oft eine schwierige Aufgabe, da neben den Investitionskosten für die Software, auch weitere Kosten berücksichtigt werden müssen. Dieser Sachverhalt ist in der nachstehenden Abbildung gemäß dem Konzept des Total Cost of Ownership dargestellt.

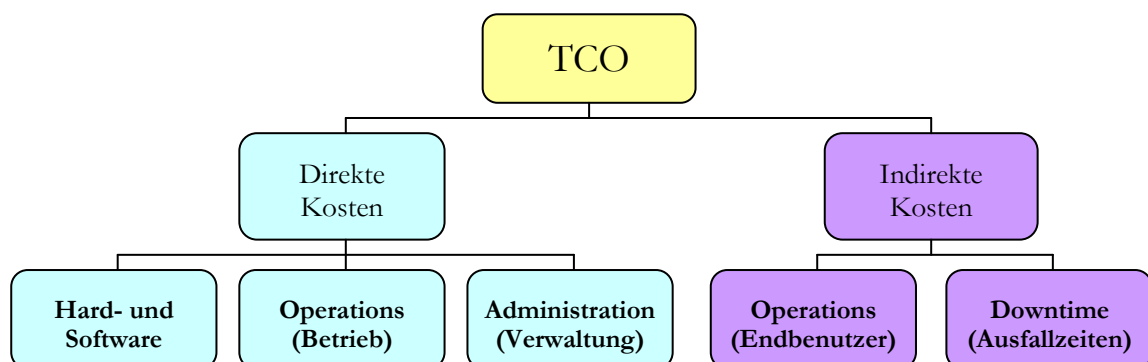


Abbildung 38: Kostenkategorien des Konzeptes Total Cost of Ownership⁴⁴⁶

⁴⁴⁴ Siehe Tabelle 4 und Anhang.

⁴⁴⁵ Siehe Teilkapitel 6.1.2.

⁴⁴⁶ In Anlehnung an Louis (2009), S. 170.

Bei dem in der Abbildung 38 dargestellten Modell handelt es sich um ein von der Gartner Group entwickeltes Modell zur Erhebung der Anschaffungskosten und der laufenden Kosten, die durch die Einführung einer Software in das betriebliche Umfeld entstehen können. Veröffentlicht wurde das Modell unter der Bezeichnung Total Cost of Ownership im Jahre 1987, wobei in der Abbildung die übergeordneten Kostenkategorien dargestellt sind. Wie aus der Abbildung ersichtlich ist, beschränken sich die Investitionskosten in eine Software nicht nur auf die Kosten für die Hard- und Softwareanschaffung, sondern umfassen auch weitere Kosten, die für die Systemerhaltung, die Administration und Systemverfügbarkeit erforderlich sind. So wird im Modell zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden. Die direkten Kosten umfassen unter anderem sämtliche Kosten für die Hard- und Softwarebereitstellung inklusive deren Beschaffung, sowie auch die Kosten für den laufenden Betrieb und die Administration der IT-Infrastruktur durch externe oder interne IT-Mitarbeiter. Die indirekten Kosten umfassen im Gegenteil jene Kosten, die aufgrund eines partiellen oder ganzen Ausfalls der IT-Infrastruktur angefallen sind, sowie die Kosten, die für Schulungen, die Datenverwaltung oder die Entwicklung von Software durch den Endbenutzer aufgewendet werden müssen.⁴⁴⁷ Diese und weitere im Modell definierte Kosten müssen bei einer umfassenden Darstellung der durch die Investition entstandenen Kosten erhoben und in den Investitionskosten berücksichtigt werden. Wie diese Diskussion zeigt, umfassen die Investitionskosten neben den reinen Softwarebeschaffungskosten und Implementierungskosten eine Vielzahl von weiteren Kosten, die für eine umfassende Investitionsbetrachtung mit entsprechendem Aufwand erhoben werden müssen, damit eine Berücksichtigung aller Kosten in der Investitionsrechnung ermöglicht wird. Zusätzlich zur Bestimmung der gesamten Investitionskosten bedarf es für die umfassende Investitionsbetrachtung weiters der Auswahl einer geeigneten Rechenmethode, welche die benötigte Darstellungsform der Investition ermöglicht, sowie der Fixierung der Parameter für die ausgewählte Rechenmethode. Mögliche derartige Rechen- und Bewertungsmethoden könnten beispielsweise eine Amortisationsdauerberechnung, eine Rentabilitätsberechnung, oder eine Kapitalwertberechnung sein.⁴⁴⁸ Zusätzlich wird immer häufiger die Betrachtung des Return on Investment in vielen Unternehmen zur Unterstützung der Investitionsentscheidung eingesetzt, sodass auch eine derartige Betrachtung der Investition bei Bedarf durchgeführt werden könnte. Wie diese Diskussion zeigt, gibt es auch hier bei der Investitionsbetrachtung hinsichtlich der Implementierung eines MES-Systems in eine Stahlgießerei noch entsprechenden Forschungsbedarf, der in diesem beschränkten Rahmen nicht vollständig diskutiert werden kann.⁴⁴⁹ Der Grund für die kurze Darstellung der Investitionsbetrachtung liegt darin, dass für eine Investition in ein Softwaresystem eine aussagekräftige Investitionsbetrachtung unbedingt notwendig ist, deren Erstellung aber wie dargestellt, nicht einfach und meist nur mit erheblichen Aufwand durchzuführen ist.

Neben der Investitionsentscheidung stellt auch die Darstellung und Messung der erwarteten Ziele oder des Einsparungspotenzials eine wichtige Rolle bei der Umsetzung des MES-Projektes dar. Zur Messung dieser Zielwerte bieten sich meist auf den Anwendungsfall abgestimmte Kenngrößen an. Unter einer Kenngröße oder Kennzahl versteht man die „Zusammenfassung von quantitativen, d.h. in Zahlen ausdrückbaren Information für den innerbetrieblichen (betriebsindividuelle Kennzahlen) und zwischenbetrieblichen (Branchenkennzahlen) Vergleich (etwa Betriebsvergleich, Benchmarking).“⁴⁵⁰ Auch hier ist wie-

⁴⁴⁷ Vgl. Louis (2009), S. 169 ff.; Weiterführende Literatur zu TCO siehe Kletti (2007), S. 185 ff., Thiel et al. (2010), S. 163 ff.,

⁴⁴⁸ Vgl. Thommen/Archleitner (2003), S. 595 ff.

⁴⁴⁹ Weiterführende Literatur für Investitionsrechnung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung in IT-Systemen siehe Thommen/Archleitner (2003), S. 595 ff., Kletti (2007), S. 177 ff.; Louis (2009), S. 168 ff.; Thiel et al. (2010), S. 161 ff.

⁴⁵⁰ Springer Fachmedien Wiesbaden (Zugriff: 06.01.2011).

derum anzumerken, dass die Kennzahlen spezifiziert, Zielwerte festgelegt und anschließend die Messung sowohl vor der Einführung, als auch nach der Einführung erfolgen muss, damit die Zielerreichung überprüft werden kann. Beispielfall können für den Anwendungsfall der Stahlgießerei Kennzahlen wie der Prozessgrad, Personalproduktivität, Liefertermintreue oder Verzögerungsgrad herangezogen werden. Auch ERP-Systeme bieten viele verschiedene Kennzahlen an, die sich jedoch aufgrund der engen Bindung zwischen MES-System und ERP-System oftmals nicht oder nur bedingt trennen lassen. So wurde bereits die Wechselwirkung zwischen ERP-Kennzahlen und MES-Kennzahlen untersucht, mit dem Ergebnis, das eine eindeutige Trennung der Kennzahlen nicht möglich ist. Vielmehr erlaubt diese Kombination der Sichtweisen auf die Produktion eine verbesserte Aussagekraft der Kennzahlen im ERP-System durch die MES-Kennzahlen. Dadurch können zusätzliche Verbesserungen erzielt werden.⁴⁵¹ Die genannten Kennzahlen stellen aber nur einen kleinen Bereich aus den in der Fachliteratur angegebenen Kennzahlen dar.⁴⁵² Der Grund für die Erwähnung liegt darin, dass aufgezeigt werden soll, dass es zur Erfolgskontrolle repräsentativer Messgrößen bedarf, auf Basis derer jeweils vor und nach der Implementierung die Messwerte verglichen werden können. Dadurch ist es möglich, eine Aussage über die Zielerreichung zu treffen. Für ein Investitionsprojekt eines MES-Systems stellen die oben genannten Kennzahlen mögliche Messgrößen dar, die nach Festlegung von Zielgrößen für die Beurteilung der Investitionsziele herangezogen werden können.⁴⁵³

6.2 Nicht bewertete Verbesserungspotenziale

Im nachstehenden Teilkapitel soll ein Überblick über die wichtigsten Potenziale gegeben werden, welche zu einer signifikanten Verbesserung führen können, jedoch deren Beitrag nicht bewertet werden kann. Dies bedeutet, dass zusätzlich zu den oben angeführten Potenzialen sich weitere Verbesserungen aus den nachstehend angeführten Potenzialen generieren lassen. Der Grund dafür, dass diese Potenziale nicht bewertet werden liegt darin, dass die Erhebung und Messung der Potenziale nicht trivial und aufwendig ist und somit den Rahmen dieser Arbeit deutlich übersteigen würden. Der Aufwand für die qualitative und quantitative Erfassung und Bewertung der nachstehend angeführten Potenziale für Stahlgießereien würde alleine eine eigene Forschungsarbeit darstellen, sodass auch hier noch ein entsprechender Forschungsbedarf bestehen würde. Da aber das Ziel dieser Arbeit das Auffinden der Verbesserungspotenziale für die Einführung eines MES-Systems für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei darstellt, müssen diese Potenziale der Vollständigkeit halber aufgezeigt und erläutert werden. Nachstehend sind die wichtigsten nicht bewerteten Potenziale angeführt:

- Reduktion der Durchlaufzeit
- Reduktion der Umlaufbestände und Reduktion der Kapitalbindung
- Mehrwert durch Simulationsmöglichkeit
- Mehrwert durch Informationsbereitstellung
- Verbesserung der Reaktion bei Störungen
- Kundenzufriedenheitssteigerung durch haltbare Liefertermine

⁴⁵¹ Kirsch (2011), S. 64 ff.

⁴⁵² Vgl. Kletti (2007), S. 99 ff.; Kirsch (2011), S. 64 ff.

⁴⁵³ Weiterführende Literatur zu Kennzahlen siehe Kletti (2007), S. 199 ff.; Thommen/Archleitner (2003), S. 99 ff.

Reduktion der Durchlaufzeit

Die Einführung eines MES-Systems wird zu einer Reduzierung der Durchlaufzeit einzelner Kundenaufträge führen. Der Grund liegt darin, dass durch die verbesserte Transparenz, sowie durch die genauere Chargenverfolgung, die Durchlaufzeit wesentlich positiv, als auch negativ beeinflusst werden kann. Weiters ermöglicht die Simulation von Fertigungsszenarien eine verbesserte Zuordnung der Aufträge auf die Arbeitsplätze gemäß den eingestellten Simulationsparametern. Solche Simulationsparameter können beispielsweise festgelegte Prioritätsregeln, oder eine Rüstzeitoptimierung sein. Dabei ist anzumerken, dass die Reduktion der Durchlaufzeit von Auftrag zu Auftrag verschieden sein wird, wobei dies jeweils vom Auftragsstatus abhängig ist. Zusätzlich wird es auch zukünftig Aufträge geben, die eine längere Durchlaufzeit aufweisen, da Störungen oder Probleme bei der Abarbeitung des Arbeitsvorrates auftreten können. Betrachtet man aber die durchschnittliche Durchlaufzeit, inklusive den effizienteren Einsatz der Personalkapazitäten und der Einsatzstoffe, den genaueren Feinplan und die geringeren Liegezeiten, kann die Durchlaufzeit der Aufträge in Summe reduziert werden. Einen Hinweis darauf, dass der Einsatz eines MES-Systems auch zu einer Verbesserung der Durchlaufzeit im Produktionsprozess führen kann, ist auch in der VDI 5600 Richtlinie zu finden.⁴⁵⁴ Weiters wird bei mehreren Anbietern auf deren Homepages von einer Durchlaufzeitreduktion von bis zu 55 Prozent gesprochen.⁴⁵⁵ Die Festlegung auf einen Wert ist wegen der hohen Unsicherheiten in diesem Rahmen nicht zulässig, aber eine Durchlaufzeitreduktion um wenige Prozentpunkte kann bereits ein erhebliches Einsparungspotenzial bedeuten.

Reduktion der Umlaufbestände und Reduktion der Kapitalbindung

Durch die genaueren Planungsmöglichkeiten und die geschaffene Transparenz wird es zukünftig möglich sein, den Umlaufbestand zu reduzieren. Die Transparenz und die Echtzeitrückmeldung ermöglichen eine verbesserte Planung des Auftragsvorrates auf den jeweiligen Arbeitsplätzen. In weiterer Folge kann durch die Erhöhung der Transparenz eine bessere Abstimmung zwischen den Beständen in den Fertigungslagern und dem Arbeitsvorrat der Arbeitsplätze erfolgen. Dadurch wird die Bestandssituation in der Fertigung besser überblickt, was sich aufgrund geringerer Bestände wiederum auf die Durchlaufzeit auswirkt. Die Reduktion der Umlaufbestände führt weiters dazu, dass die Kapitalbindungskosten reduziert werden, da der Umlaufbestand entsprechend der Kostenrechnung mit Kapitalbindungszinsen verrechnet wird. Dadurch würde es zu einer weiteren Kostenreduktion kommen, wobei die Höhe der Kostenreduktion nicht eindeutig bestimmt werden kann. Dass der Einsatz eines MES-Systems zu einer Verringerung der Lager- und Umlaufbestände im Produktionsprozess führen kann, ist wiederum in der VDI 5600 Richtlinie angeführt.⁴⁵⁶

Mehrwert durch Simulationsmöglichkeit

Die Möglichkeit der Simulation von Fertigungszuständen und deren Wert für die Planung kann nach heutigem Wissensstand nicht abgeschätzt werden. Weiters ist es auch extrem schwierig die Verbesserung oder den Mehrwert, der durch die Simulationsmöglichkeit von verschiedenen Systemzuständen generiert werden kann, vor der eigentlichen Investition zu berechnen. Dass die Simulation gemäß vorgegebenen Prioritäten zu einer Verbesserung der Auftragsabwicklung führt ist unumstritten, da sämtliche Einflussfaktoren durch die Simulation in machbare und auf die Kapazität abgestimmte Pläne umgesetzt werden können. Dies führt in weiterer Folge zu einer Verbesserung des Materialflusses in der Fertigung, was sich wiederum positiv auf die Durchlaufzeit auswirkt. Durch die verbesserte

⁴⁵⁴ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 11.

⁴⁵⁵ Vgl. coscom (Zugriff: 22.02.2011).

⁴⁵⁶ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 11.

Kapazitätsplanung können unnötige Mehrkosten vermieden und dadurch Kosteneinsparungen erzielt werden. Hinzu kommt noch die Tatsache, dass nur optimale Simulationsläufe übernommen werden können, sodass so lange Simulationsläufe gestartet werden können, bis ein akzeptables und wirtschaftlich sinnvolles Ergebnis⁴⁵⁷ erreicht wird.

Mehrwert durch Informationsbereitstellung

Die durch das MES-System bereitgestellte Information ermöglicht es dem Mitarbeiter rasch und effizient Informationen, die für die Bearbeitung eines Gussteils auf dem Arbeitsplatz benötigt werden, zu erhalten. Durch diese Informationsbereitstellung werden neben der Reduktion von Wegzeiten auch Fehler, die durch fehlende Information entstehen, vermieden. Zusätzlich zu dieser Fehlervermeidung erlaubt die verbesserte Informationsbereitstellung die Anzeige von Arbeitsplatzzuständen im Leitstand, wodurch rasche Umplanungen durch den Planer eingeleitet werden können. In weiterer Folge können am Leitstand eine Vielzahl von Informationen, unter anderem hinsichtlich des Auftragsstatus Stückzahlen, Termine, Auftragsvorrat, oder Auslastungssituation dargestellt werden, die allesamt dazu eingesetzt werden können, um eine verbesserte Feinplanung zu ermöglichen. Weiters wird durch diese Daten ein effizienterer Einsatz der Mitarbeiterressourcen erreicht, sowie auch die Qualität der Gussteile aufgrund der vorhandenen Informationen erhöht. Alle diese und noch viele weitere Daten stehen jedem Mitarbeiter gemäß seines Aufgabefeldes in Echtzeit zur Verfügung, sodass die Information zu jeder Zeit am jeweiligen Ort in der benötigten Menge und Qualität zur Verfügung steht. Diese hohe Verfügbarkeit der benötigten Information führt zwangsläufig zu einer Verbesserung der Kosten und Leistungssituation in der Produktion, deren Höhe sich aber nur schwer abschätzen lässt. Zusätzlich ist es dem Mitarbeiter nicht mehr möglich, sich bei qualitativen Fehlern durch die Bearbeitung auf die fehlende Information zu berufen. Dadurch kann die Qualität der gefertigten Gussstücke weiter gesteigert werden und der Prozessoutput verbessert werden, was sich wiederum auf die Kundenzufriedenheit auswirkt.

Verbesserung der Reaktion bei Störungen

Störungen stellen einen wesentlichen Faktor zur Verringerung des Leistungsoutputs eines Produktionsprozesses dar. Die Informationsweitergabe, dass eine Störung auf einem Arbeitsplatz in der Fertigung aufgetreten ist, stellt aktuell in der Stahlgießerei ein großes Problem dar, welches durch ein MES-System verbessert werden kann. Durch die Visualisierung der aktuellen Fertigungssituation im Leitstand kann dem Planer eine Störung oder ein Anlagenausfall direkt angezeigt und mit Alarmmeldungen darauf hingewiesen werden. Diese Visualisierung bietet dem Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung die Möglichkeit, umgehend in die Fertigung einzugreifen, sodass im Falle einer Störung oder eines Anlagenausfalls der auf der Maschine bearbeitete Auftrag auf einen anderen Arbeitsplatz eingeplant werden kann. Dies führt weiters dazu, dass ein Auftrag trotz Störung einer Anlage weiterbearbeitet werden kann, wodurch Liefertermine leichter eingehalten werden können, und die festgelegte Zahlung von Pönalen vermieden wird. Dass beim Einsatz eines MES-Systems die angeführten Aspekte zu einer Verbesserung im Produktionsprozess führen können, kann wiederum aus der VDI 5600 Richtlinie abgeleitet werden.⁴⁵⁸

Kundenzufriedenheitssteigerung durch eingehaltene Liefertermine

Die Kundenzufriedenheit stellt einen zentralen Punkt für die Überlebensfähigkeit eines Unternehmens dar. Diese hängt aber direkt mit der Einhaltung der Liefertermine zusammen, da sich nicht nur die Qualität der Produkte, sondern auch die Zuverlässigkeit des Un-

⁴⁵⁷ Im Hinblick auf die gesetzte Priorität des Simulationslaufes.

⁴⁵⁸ Vgl. VDI 5600 (2007), S. 11.

ternehmens auf die Zufriedenheit auswirkt. Ist ein Kunde sowohl mit dem Produkt, als auch mit der Zuverlässigkeit des Partners zufrieden, wird dieser Kunde wiederum bei demselben Unternehmen die benötigten Produkte beschaffen. Bei Nichteinhaltung von Terminen ergibt sich der gegenteilige Effekt, sodass der Kunde die Produkte eher bei einem anderen Partner beschaffen wird. Durch die Einführung des MES-Systems werden die Transparenz, und auch die Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten verbessert. Dies bedeutet, dass bei Bedarf deutlich früher in den Prozess eingegriffen werden kann, was sich positiv auf die Einhaltung von Terminen auswirkt. Durch diese Eingriffsmöglichkeiten wird die Verfehlung von Terminen reduziert, und die Kundenzufriedenheit gesteigert.

Zusammenfassend kann am Ende dieses Teilkapitels angemerkt werden, dass in der Stahlgießerei viele Potenziale durch die Einführung eines MES-Systems generiert werden können. Dabei konnten in jedem Fertigungsbereich Verbesserungspotenziale abgeleitet werden. Aus der durchgeführten Potenzialanalyse in diesem Teilkapitel ist zu erkennen, dass die größten Verbesserungspotenziale in den organisatorischen Prozessen liegen, da durch die Einführung dieses Systems redundante Tätigkeiten vermieden, und diese Prozesse effizienter gestaltet werden können. Durch die Systemimplementierung kann in der Stahlgießerei ein erhebliches Gesamtpotenzial generiert werden, was im Rahmen der Ergebnisdiskussion dargestellt worden ist. Es ist auch nicht immer möglich alle Potenziale mit vertretbarem Aufwand zu bewerten obwohl klar ist, dass diese Potenziale eine positive Auswirkung auf die Kostensituation haben. Diese Potenziale sind für den Anwendungsfall der Stahlgießerei der MFL kurz dargestellt und erläutert worden. Somit kann festgehalten werden, dass die Einführung eines MES viele Verbesserungspotenziale für die MFL bringen würde.

7 Ausblick und Zusammenfassung

Betrachtet man zum Abschluss der vorliegenden Arbeit den gesamten Inhalt, so kann festgehalten werden, dass die softwaregestützte Fertigung eine zunehmend wichtigere Bedeutung auch für Stahlgießereien einnimmt. Manufacturing Execution Systeme zielen genau auf diese softwaregestützte Produkterstellung und Fertigungssteuerung ab. Die Ausgangsbasis dafür liegt sowohl in der mangelnden Unterstützung der klassischen ERP-Systeme, als auch im geänderten Anforderungsprofil, das die Kunden an die Unternehmen stellen. Dabei haben sich in der Vergangenheit getrennte Softwarelösungen zur Unterstützung der Fertigungssteuerung entwickelt, wobei diese Struktur den Nachteil aufwies, dass keine vollständige horizontale und vertikale Integration aufgrund der getrennten Systeme möglich war.⁴⁵⁹ Diese vertikale und horizontale Integration aller im Unternehmen vorhandenen Systeme kann über ein MES-System bei optimaler Abstimmung auf den jeweiligen Anwendungsfall erreicht werden. Nachstehend soll zum Abschluss auf die aktuellen Trends eingegangen, sowie am Ende eine kurze Zusammenfassung gegeben werden.

7.1 Aktuelle Trends und Ausblick

Aufgrund der ständig steigenden Verkaufszahlen der MES-Anbieter und der damit verbundenen Nachfragesteigerungen gibt es bereits einen breiten Markt für MES-Systeme. Dabei ist zunehmend der Trend zu erkennen, dass sich die Softwarelösungen, vor allem der führenden Systemanbieter, hinsichtlich der möglichen Funktionalitäten einander annähern.⁴⁶⁰ Aufgrund dieser Tatsache, wird aktuell die Entwicklung der MES-Systeme mit dem Fokus der Releasefähigkeit der eingesetzten Softwaresysteme vorangetrieben, um wiederum Alleinstellungsmerkmale zu entwickeln. Die Anbieter garantieren dabei, dass die einmal beschaffte Software laufenden Releasewechslern unterzogen wird. Dafür muss jedoch sichergestellt werden, dass es keine Individuallösungen für einen einzelnen Kunden gibt, sondern vielmehr, dass das gesamte System laufend und umfassend weiterentwickelt wird. Durch die Konzentration auf die Releasefähigkeit erfolgt die Weiterentwicklung der Systeme dahingehend, als dass Neukunden Anforderungen an das MES-System stellen, und diese Anforderungen durch zusätzliche Programmierung in das bestehende MES-System integriert werden. Dadurch wird es aber möglich, dass Synergien zwischen Branchen gefunden werden können, die nicht im direkten Wettbewerb miteinander stehen, deren Abläufe aber eine ähnliche Struktur aufweisen. Besonders bei Unternehmen in traditionellen Branchen⁴⁶¹ kann diese Synergie mitunter zu einem erheblichen Verbesserungspotenzial führen, da bereits fertige Lösungen am Markt vorhanden sind. Anzumerken ist, dass diese Releases und die damit verbundenen Verbesserungen vom jeweiligen Systemanbieter abhängig sind, da die Weiterentwicklung ja ausschließlich in Richtung der neuen Problemstellungen vorangetrieben wird. Ist beispielsweise ein Systemanbieter in einer Branche nicht tätig oder erhält keine Aufträge aus diesem Bereich, so werden die anderen Anbieter gegenüber diesem Anbieter deutliche Vorteile aufweisen. Dies ist bei der Einführung eines MES-Systems auf jeden Fall zu berücksichtigen.

Der zweite Trend, der aktuell zu beobachten ist, stellt die Verarbeitung von Daten und die sich daraus ergebenden Messgrößen dar. Diese Messgrößen oder auch Kennzahlen werden zunehmend als Entscheidungsgrundlage und zur Kontrolle der innerbetrieblichen Leistung

⁴⁵⁹ Vgl. Kletti (2007), S. 8 ff.

⁴⁶⁰ Vgl. Kipp et al. (2011), S. 41 und Funck (2011), S. 31.

⁴⁶¹ Zum Beispiel Bergbau oder aber auch Gießereien und Stahlwerke.

herangezogen. Diese Kennzahlen werden bereits bei vielen Anbietern in standardisierten Berichten abgebildet und für weiterführende Auswertungen oder Berechnungen herangezogen, auf deren Basis Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Wie dabei aus der Modulbeschreibung im Kapitel 3 hervorgeht, wird das Alarmmanagement, sowie das Berichtswesen mit Kennzahlen zunehmend forciert. Dabei sind führende MES-Anbieter in der Lage, kundenindividuelle Berichte zu generieren, die durch das Bedienpersonal frei konfiguriert werden können. Dies führt dazu, dass eine Willkür an verschiedenen Berichten und Kennzahlen vorherrscht, was wiederum die Definitionen von Kennzahlen verschwimmen lässt. Diese Tatsache haben auch die Normierungsinstitute zur Kenntnis genommen und die VDMA hat bereits mit einem ersten Entwurf einer neuen Richtlinie darauf reagiert. In diesem Entwurf geht es ausschließlich um Kennzahlen für MES-Systeme und deren exakten Definition. Die einheitliche Definition von Kenngrößen ist deshalb auch ein wichtiger Schritt, da ein MES-System in mehreren Branchen eingesetzt wird, die wiederum individuelle Definition für ein und dieselbe Kennzahl aufweisen.

Nicht nur die VDMA hat sich weiterführend mit dem Thema MES-Systeme beschäftigt, sondern auch der Verein Deutscher Ingenieure hat seine 2007 veröffentlichte Richtlinie bezüglich Fertigungsmanagementsysteme um drei so genannte Blätter erweitert. Diese Ergänzungen betreffen die Wirtschaftlichkeit von MES-Systemen (VDI 5600 Blatt 2), die logischen Schnittstellen zur Maschinen- und Anlagensteuerung (VDI 5600 Blatt 3) und die Unterstützung von Unternehmens-/ Produktionsstrategien (VDI 5600 Blatt 4).⁴⁶² Wie aus dieser Aufstellung ersichtlich ist, ist die rasante Entwicklung von MES-Systemen und die damit notwendige Normierungstätigkeiten noch nicht abgeschlossen. Interessant ist vor allem der Aspekt, dass der Verein Deutscher Ingenieure exakt zum selben Schluss kommt, wie dieser bei der Ergebnisbetrachtung, bei den Verbesserungspotenzialen dargestellt worden ist, und zwar dahingehend, dass ein weiterer Forschungsbedarf im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit von MES-Systemen besteht. Durch diese neue Richtlinie wurde das Grundgerüst für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung geliefert, aber auch diese Betrachtung muss wiederum auf den jeweiligen Anwendungsfall spezifiziert werden.

Den letzten Punkt stellen die Entwicklungen im Hinblick auf das Aufbrechen der Systemgrenzen der Leitebenen im Betrieb dar. Im Kapitel 3 erfolgte, basierend auf den Normen, eine Abgrenzung zwischen der Unternehmensleitebene und der Fertigungsleitebene. Bereits in der Frühzeit der MES-Systeme wurde zunächst durch die ERP-Anbieter versucht, die Mängel in der Unterstützung der Fertigungssteuerung zu beseitigen. Ein Beispiel dafür bildet das APO⁴⁶³-Modul von SAP. In diesem Modul werden weiterführende Planungsoperationen angeboten, jedoch erreicht auch dieses Modul keine umfassende Unterstützung aller Bereiche, sodass sich trotzdem MES-Systeme durchsetzen konnten. Auch heute gibt es noch Anbieter, die diesen integrierten Ansatz verfolgen. Dabei muss angemerkt werden, dass diese Integration nur dann zielführend ist, wenn entweder kein ERP-System vorhanden ist, oder ein Systemwechsel angestrebt wird. Da viele Unternehmen bereits ein funktionierendes ERP-System einsetzen, sind diese Systemanbieter vorwiegend in Wachstumsbranchen, oder bei klein- und mittelständischen Betrieben im Einsatz. Auch der gegenteilige Trend ist zu erkennen und zwar, dass MES-Systemanbieter ERP-Funktionalitäten übernehmen. Dies betrifft vor allem Entwicklungsunternehmen, die aus dem Bereich der Automation ihre MES-Systementwicklung begonnen haben. Auch in diesem Fall erfolgt keine optimale Unterstützung aller Bereiche, sowie auch die Anbindung an bestehende ERP-System ist oft schwierig. Wie aus dieser Diskussion zu entnehmen ist gibt es mehrere An-

⁴⁶² Vgl. Nowak (2011), S. 31.

⁴⁶³ Advanced Planning & Organisation; Vgl. Schäfer et al. (2009), S. 47; Pischke (2005), S. 25.

sätze für die Entwicklung, die die MES-Systemanbieter aufgegriffen haben. Dabei wird es immer wieder zu neuen Entwicklungen kommen, und zwar alleine schon aus dem Grund, da sich vor allem kleinere MES-Systemanbieter von den großen Anbietern unterscheiden müssen. Somit gehört auch die Entwicklung von Alleinstellungsmerkmalen zur zukünftigen Entwicklung von MES-Systemen. Die Basistechnologie für die Unterstützung der wichtigen Fertigungsprozesse ist aber bereits vorhanden.

7.2 Zusammenfassung

Zum Abschluss der vorliegenden Arbeit kann somit festgehalten werden, dass das Einsatzgebiet von MES-Systemen äußerst vielfältig ist, und auf den jeweiligen Anwendungsfall abgestimmt werden muss. Dabei bilden die vorhandenen Normen im Hinblick auf die Funktionalität eine gute Basis, wobei die gegebenen Definitionen für MES-Systeme eher allgemein gehalten sind, und es nur teilweise spezifische Branchendefinitionen gibt. Aus diesem Grund wurde eine einheitliche Begriffsdefinition für MES-Systeme in Stahlgießereien entwickelt. MES-Systeme stellen weiters modular aufgebaute Softwaresysteme dar, wobei die Module gemäß den in den Normen definierten Funktionalitäten aufgebaut sind. Diese Module können individuell auf den Anwendungsfall abgestimmt werden, sodass für das jeweilige Unternehmen nur jene Module eingesetzt werden, die auch tatsächlich zur Unterstützung der Informationsprozesse benötigt werden. Für die Definition von Anforderungen und der Ableitung von Verbesserungspotenzialen bedarf es einer grundlegenden Analyse aller Prozesse, welche für die Informationsbereitstellung und die Informationsverarbeitung im Unternehmen eingesetzt werden. Diese Prozesse sind von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich, was durch das betriebsinterne Informationssystem bedingt ist. Diese Informationsprozesse weisen Schwachstellen auf, welche bei der Analyse erhoben werden müssen, und in weiterer Folge zur Ableitung von Anforderungen an ein MES-System im betrachteten Umfeld führen. Aus den Schwachstellen lassen sich weiters Potenziale ableiten, die jedoch nicht immer leicht zu erheben sind. Im Falle der Stahlgießerei der MFL lässt sich ein Potenzial von ungefähr 236.000 Euro aus den bewerteten Verbesserungspotenzialen erzielen. Wie angemerkt, konnten nicht alle Verbesserungspotenziale in diesem begrenzten Rahmen bewertet werden, sodass auch diese Potenziale das Verbesserungspotenzial noch positiv beeinflussen können. Somit kann abschließend festgehalten werden, dass sich basierend auf der Systemanalyse, der Anforderungsdefinition und der Potenzialanalyse Einsparungspotenziale für den Anwendungsfall einer Stahlgießerei generieren lassen, wobei auch aufgezeigt worden ist, dass noch weiterführender Forschungsbedarf in diesem Untersuchungsbereich vorhanden ist.

Literaturverzeichnis

- Ambos, E. (1990): Urformtechnik metallischer Werkstoffe. 3. Auflage, Leipzig: Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. ISBN: 3-342-00379-0.
- Becker, J.; Kugeler, M.; Rosemann, M. (Hrsg.) (2003): Prozessmanagement – Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung. 4. Auflage, Münster / Brisbane: Springer - Verlag. ISBN 3-540-00107-7.
- Berndt, H. (1981): Formstoffe und Technologie des Maskenformverfahrens. Düsseldorf: Gießerei - Verlag G.m.b.H. ISBN 3-87260-039-7.
- Biedermann, H. (2008): Anlagenmanagement – Managementinstrumente zur Wertsteigerung. 2. Auflage, Köln: TÜV Media GmbH, TÜV Rheinland Group. ISBN 978-3-8249-1080-9.
- Braun, H.; Dobler, H.-D.; Doll, W.; Fischer, U.; Günter, W.; Heinzler, W.; Höll, H.; Ignatowitz, E.; Röhrer, T.; Röhrer, W.; Schilling, K.; Stecker, D. (1996): Fachkunde Metall. 52. Auflage, Haan-Gruiten: Verlag Europa – Lehrmittel.
- Coscom (Hrsg.): Coscom. URL: <http://www.coscom.de/at/> (Zugriff: 22.02.2011).
- Denger, M.; Fandrich, R.; Endemann, G.; Ghenda, T.; Lungen, B.; Steller, I.; Wieland, H. - J.; Winkhold, A. (2007): Stahlfibel. Düsseldorf: Verlag Stahleisen GmbH. ISBN 978-3-514-00741-3.
- DIN 9000 (2005): Norm DIN EN ISO 9000:2005: Qualitätsmanagementsystem – Grundlagen und Begriffe.
- Doppler, K.; Lauterburg, C. (2005): Change Management – Den Unternehmenswandel gestalten. 11. Auflage, Frankfurt / Main: Campus Verlag GmbH. ISBN 3-593-37808-6.
- Dudenredaktion (Hrsg.): Duden. URL: <http://www.duden.de/suchen> (Zugriff: 02.07.2011).
- Eichelseder, W; Gordor, I (2006): Maschinenelemente 1 – Skriptum zur Vorlesung Maschinenelemente 1, Montanuniversität Leoben.
- Fandel, G.; Fistek, A.; Stütz, S. (2009): Produktionsmanagement. Berlin / Heidelberg: Springer - Verlag. ISBN 978-3-540-37217-2.
- Fritz, A. H.; Schulze, G. (Hrsg.) (2008): Fertigungstechnik. 8. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 987-3-540-76695-7.
- Füeremann, T.; Dammasch, C. (2008): Prozessmanagement – Anleitung zur ständigen Prozessverbesserung. 3. Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN 987-3-446-41571-3.
- Funck, T. (2011): MES-Markt. In: QZ - Qualität und Zuverlässigkeit – Qualitätsmanagement in Industrie und Dienstleistungsunternehmen, Vol. 56, Nr. 4, S. 30-33.
- Gamweger, J.; Jöbstl, O. (Hrsg.) (2006): Six Sigma Belt Training. München / Wien: Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-40311-6.
- Gronau, N. (2010): Enterprise Resource Planning – Architektur, Funktionen und Management von ERP - Systemen. 2. Auflage, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. ISBN 978-3-486-59050-0.
- Grote, K.-H.; Feldhusen, J. (Hrsg.) (2007): Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau. 22. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 978-3-540-49714-1.

- Hall, K.; Klügl, F.; Staber, S. (2005): Moderations- und Problemlösungstechniken – integrierte Lehrveranstaltung, Skriptum zur Vorlesung Moderations- und Problemlösungstechniken, Montanuniversität Leoben.
- Hesseler, M.; Görtz, M (2008): Basiswissen ERP-Systeme – Auswahl, Einführung& Einsatz betriebswirtschaftlicher Standardsoftware. 1. Auflage, Herdecke / Witten: W3L GmbH. ISBN 987-3-937137-38-4.
- Hödl, K. (2009): Festschrift 1939-2009 – Maschinenfabrik Liezen und Giesserei Ges. m. b. H.. 1. Auflage. Liezen.
- Holtbrügge, D. (2004): Personalmanagement. Berlin / Heidelberg: Springer - Verlag. ISBN 3-540-20404-0.
- Industrieinformatik (Hrsg.): Industrieinformatik. URL: www.industrieinformatik.at (Zugriff: 22.02.2011).
- ISA S 95 (2000): ANSI/ISA – 95.00.01-2010: Enterprise-Control System Integration – Part 1: Models and Terminology. ISBN: 978-1-936007-47-9.
- ISG (Hrsg.): ISG – zusammen etwas bewegen. URL: www.isg.at (Zugriff: 22.02.2011).
- Kahr, R. (2009): Anforderungen, methodisches Vorgehen und Methodenvergleich zur Analyse von Förderprozessen und Förderanlagen in Elektrostahlwerken bei der Herstellung von Gussstücken nach dem Maskenformverfahren. Bakkalaureatsarbeit, Montanuniversität Leoben.
- Kipp, R.; Mussbach-Winter, U.; Wochinger, T. (2011): Produktionsdaten in Echtzeit – Was MES-Lösungen bieten und können sollten. In: QZ - Qualität und Zuverlässigkeit – Qualitätsmanagement in Industrie und Dienstleistungsunternehmen, Vol. 56, Nr. 4, S. 38-41.
- Kirsch, A. (2011): Sensible Stellschrauben – Wechselwirkung von ERP- und MES-Kennzahlen. In: QZ - Qualität und Zuverlässigkeit – Qualitätsmanagement in Industrie und Dienstleistungsunternehmen, Vol. 56, Nr. 5, S. 64-65.
- Kletti, J. (Hrsg.) (2006): MES Manufacturing Execution System – Moderne Informationstechnologie zur Prozessfähigkeit der Wertschöpfung. Berlin / Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 13 978-3-540-28010-1.
- Kletti, J. (2007): Konzeption und Einführung von MES-Systemen – Zielorientierte Einführungsstrategie mit Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Fallbeispielen und Checklisten. Berlin / Heidelberg: Springer Verlag. ISBN 978-3-540-34309-7.
- Koether, R. (Hrsg.) (2011): Taschenbuch der Logistik. 4. Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN: 978-3-446-42512-5.
- Krallmann, H.; Schönherr, M.; Trier, M. (Hrsg.) (2007): Systemanalyse im Unternehmen – Prozessorientierte Methoden der Wirtschaftsinformatik. 5. Auflage, München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag GmbH. ISBN 978-3-486-58446-2.
- Lindemann, M. (2005): Manufacturing Execution Systems. In: PPS - Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik, 2005, Nr. 3, S. 12.
- Louis, P. (2009): Manufacturing Execution Systems – Grundlagen und Auswahl. 1. Auflage, Wiesbaden: Gabler | GWV Fachverlage GmbH. ISBN 978-3-8349-1018-9.
- Maschinenfabrik Liezen (Hrsg.) (2011a): MFL - Maschinenfabrik Liezen und Gießerei. URL: www.mfl.at (Zugriff: 29.04.2011).

- Maschinenfabrik Liezen (Hrsg.) (2011b): Besucherpräsentation Gießerei: Eine Führung durch die Gießerei - eine echt heiße Sache, Liezen.
- Maschinenfabrik Liezen (Hrsg.) (2010): Archivierungsmappe Wochenprogramme – Von Jänner bis Dezember 2010, Liezen.
- MPDV (Hrsg.) (2011): Aufbereitete Vertriebspräsentation für MFL – Leitstand und Screenshots aus MOC August 2011.
- Nowak, A. (2011): MES können mehr. In: QZ - Qualität und Zuverlässigkeit – Qualitätsmanagement in Industrie und Dienstleistungsunternehmen, Vol. 56, Nr. 5, S. 31.
- ÖNORM 9001 (2008): Norm ÖNORM EN ISO 9001:2008: Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen.
- Pawellek, G. (2007): Produktionslogistik – Planung - Steuerung - Controlling. München: Carl Hanser Verlag. ISBN 978-3-446-41057-2.
- Pfohl, H. C. (2010): Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8. Auflage, Berlin / Heidelberg: Springer-Verlag ISBN 978-3-642-04162-4.
- Pichler, R. (2010): Kennzahlen und Controlling. In: Meine Firma Lebt – Firmenzeitschrift Maschinenfabrik Liezen. Ausgabe 2, S. 1-5.
- Pischke, L. (2005): MES: Optimierung auf allen Ebenen. In: PPS - Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik, 2005, Vol 10, Nr. 3, S 25-28.
- Plöckinger, E.; Etterich, O. (1979): Elektrostahlerzeugung. 3. Auflage, Düsseldorf: Verlag Stahleisen m.b.H. ISBN 3-514-00230-4.
- Schäfer, M.; Reimann, J.; Schmidtbauer, C.; Schoner, P. (2009): MES – Anforderungen, Architektur und Design mit Java, Spring & Co. Frankfurt am Main: Software&Support Verlag GmbH, entwickler.press. ISBN 978-3-86802-002-1.
- Scheer, A.-W. (2001): ARIS – Modellierungsmethoden, Metamodelle, Anwendungen. 4. Auflage, Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg. ISBN: 3-540-41601-3.
- Springer Fachmedien Wiesbaden (Hrsg.): Gabler Wirtschaftslexikon- Das Wissen der Experten. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/kennzahlen.html>. (Zugriff: 06.01.2011).
- Syska, A. (2006): Produktionsmanagement – Das A - Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler GWV Fachverlage GmbH. ISBN 13 978-3-8349-0235-1.
- Thiel, K.; Meyer, H.; Fuchs, F. (2010): MES – Grundlage der Produktion von morgen. 2. Auflage, München: Oldenbourg Industrieverlag GmbH. ISBN 978-3-8356-3183-0.
- Thommen, J.-P.; Achleitner, A.-K. (2003): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht. 4. Auflage., Wiesbaden: Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. Th. Gabler/GWV Fachverlage GmbH. ISBN 3-409-43016-4.
- VDI 5600 (2007): Richtlinie 5600: Fertigungsmanagementsysteme – Manufacturing Execution Systems (MES). Düsseldorf: Beuth Verlag GmbH.
- Wahring, G. (Hrsg.) (1977): Fremdwörter- Lexikon. Gütersloh: Verlagsgruppe Bertelsmann GmbH / Bertelsmann Lexikon Verlag.
- Weiss, R (1984): Formgrundstoffe – Vorkommen - Eigenschaften - Prüfung - Einsatzmöglichkeiten. Düsseldorf: Giesserei - Verlag GmbH. ISBN 3-87260-049-4.

Wermke, M.; Kunkel-Razum, K.; Scholze-Stubenrecht, W. (Hrsg.) (2010): Duden – Das Fremdwörterlexikon. 10. Auflage, Mannheim: Bibliographisches Institut GmbH. ISBN 978-3-411-04060-5.

Wiendahl, H.-H.; Mussbach - Winter, U.; Klipp, R. (2005): ERP und MES – Widerspruch oder sinnvolle Ergänzung? In: PPS - Management – Zeitschrift für Produktion und Logistik, 2005, Nr. 3, S. 13-16.

Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.) (2010): Arbeiterkollektivvertrag für die eisen- und metallverarbeitende Industrie. Wien: Service GmbH der Wirtschaftskammer Österreich.

Anhang

a Wochenprogramm Stahlgießerei

Wochenprogramm, KW 21/10

 von: 24.05.2010
 bis: 30.05.2010

Ch.	Stk.	Modellnr.	Bezeichnung	Bemerkung	Msk	Werkstoff	LT
EO I							
1		1291	Raupenglied AM 105 li		HO	GS42CrMo4	22
4		1292	Gußrohling 60 mm HE84LD		HoB	SG50.2	22
2		1636	Zahn Z13 LO 4428B	28	HoB	GS28CrSiMo865	19
1		1715	Spitz Zahn Z13P LO 4352A		SH	GS28CrSiMo865	22
2		1718	Zahn Z13CL LO 6207A	aus KW.20	SH	GS28CrSiMo865	20
4		1813	Bügel		Sh	GS45.3	24
1		1962	CH-Automat-einteilig	aus KW.20	Ho	GS24Mn6	20
1		6102	Deckel - "Delle"		Sh	AldurS52	21
1	122	6149	Raupenglied MB610 straight pads		HoB	GS42CrMo4	22
2	115	6150	Raupenglied MB610 without pads		HoB	GS42CrMo4	22
2		6074	Adapterplatte Motor		Ho	AldurS52	22
	5	6221	Konsole für Drehdämpfer wgz. RT	Probelaufkarte	HoB	AldurS52	
	5	6222	Konsole für Drehdämpfer spg. RT	Probelaufkarte	HoB	AldurS52	
3		37757 A	Zungenstütze B-II	lt. Plan	SH	AldurS45	22
	20	6200 -1	Lenkhebel	Probelaufkarte	Sh	AldurS48	23
1	139	1737	Zugöse dm 50 (Flansch 130x130)	und 6230B	SH	GS42CrMo4	20
	20	6230 B	Zugöse DM 50 Kuhn	Probelaufkarte	Sh	GS42CrMo4	
1	25	6064 A	Gabelkopf 94002317		HOH	GS18CrMo4	23
	25	6063	Kopf 9635820		HOH	GS18CrMo4	23
1		6044	Konsole für Querpuffer RT	aus KW.20	HoB	AldurS52	21
	5	6215	Bock für Schlingerdämpfer wg. RT	Probelaufkarte	Sh	AldurS52	
	5	6216	Bock für Schlingerdämpfer spg. RT	Probelaufkarte	Sh	AldurS52	
Chargen: 27							

EO II							
2	440	6226	Rostglied AGO A1		Sh	GX40CrSi29	23
	40	1951	Seitenplatte		Sh	GX40CrSi29	
3	400	29159	Roststab, B=128 mm	Fisia Riihimäki	HoH	GX130CrSi29	24
0	400	29160	Roststab, B=120 mm	Fisia Riihimäki	HoH	GX130CrSi29	24
4	260	1878	Mittlerer Roststab 212	Fisia Riihimäki	HOE	GX40CrNiSi274	24
	20	1652 D	wgk. Roststab M520 voll		HoB	GX40CrNiSi274	28
1	80	1230	Rotorschutzplatte		Sh	AC25	25
0	20	1666	Schnecke		Sh	AC25	
Chargen: 10							

Chargen gesamt: 37

Formmaschinen

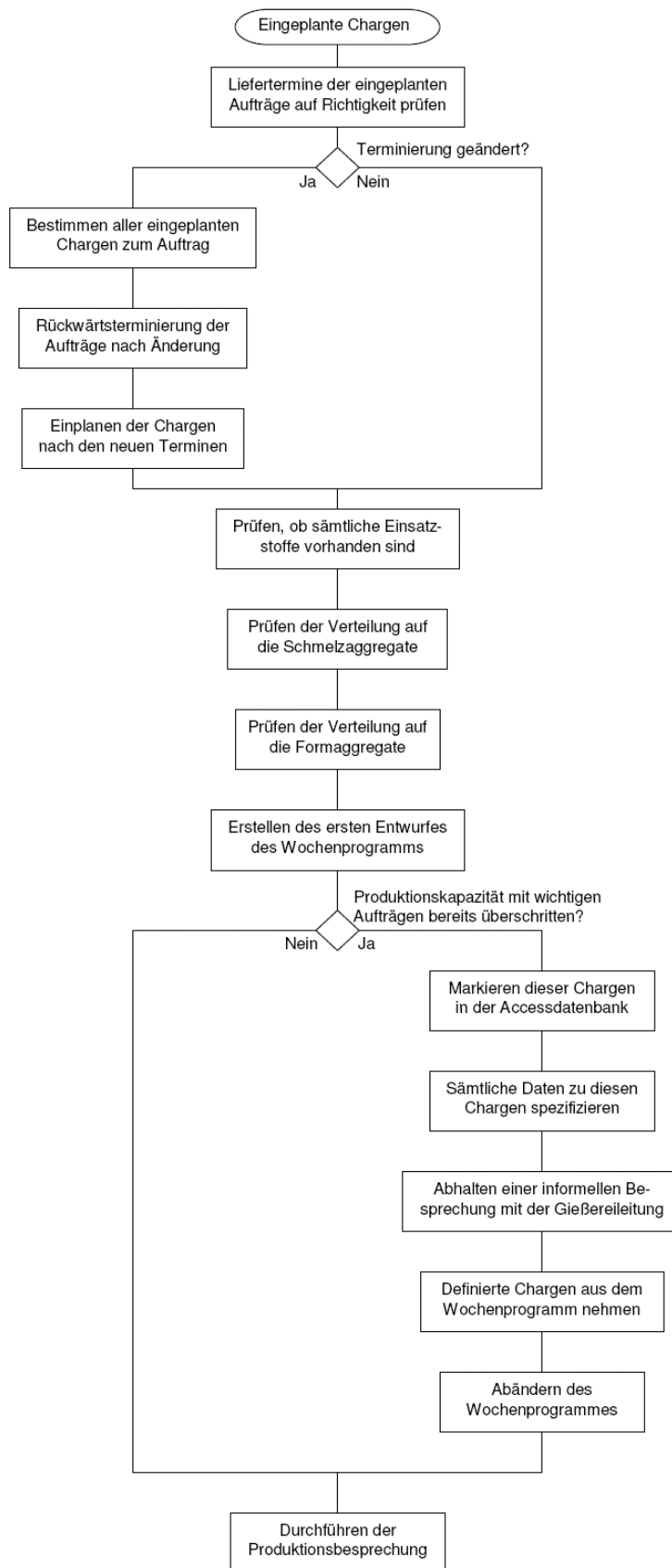
Maskenformmaschine Chargen

Hottinger 22

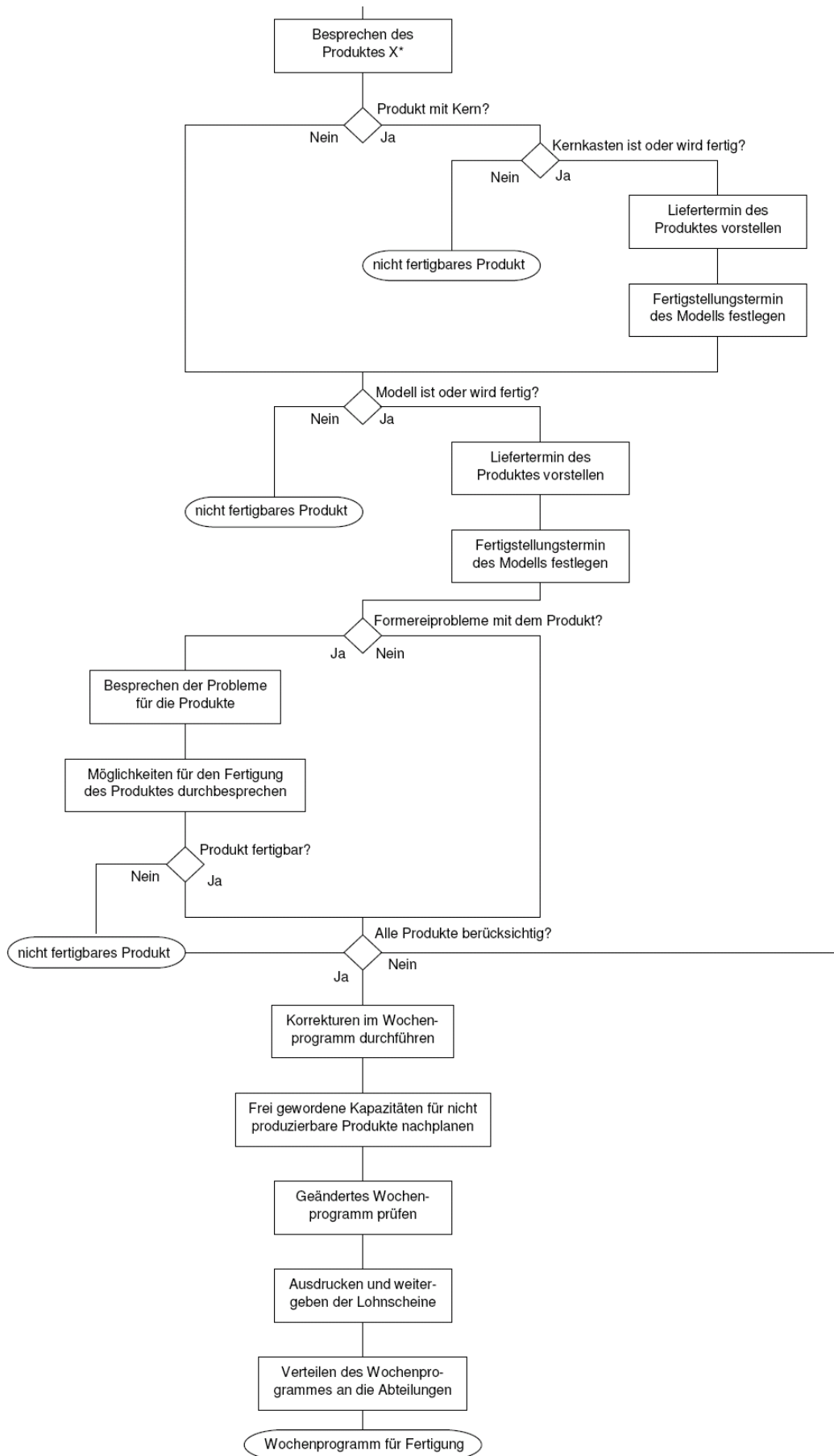
Shalco 15

Mögliche Chargen: 37

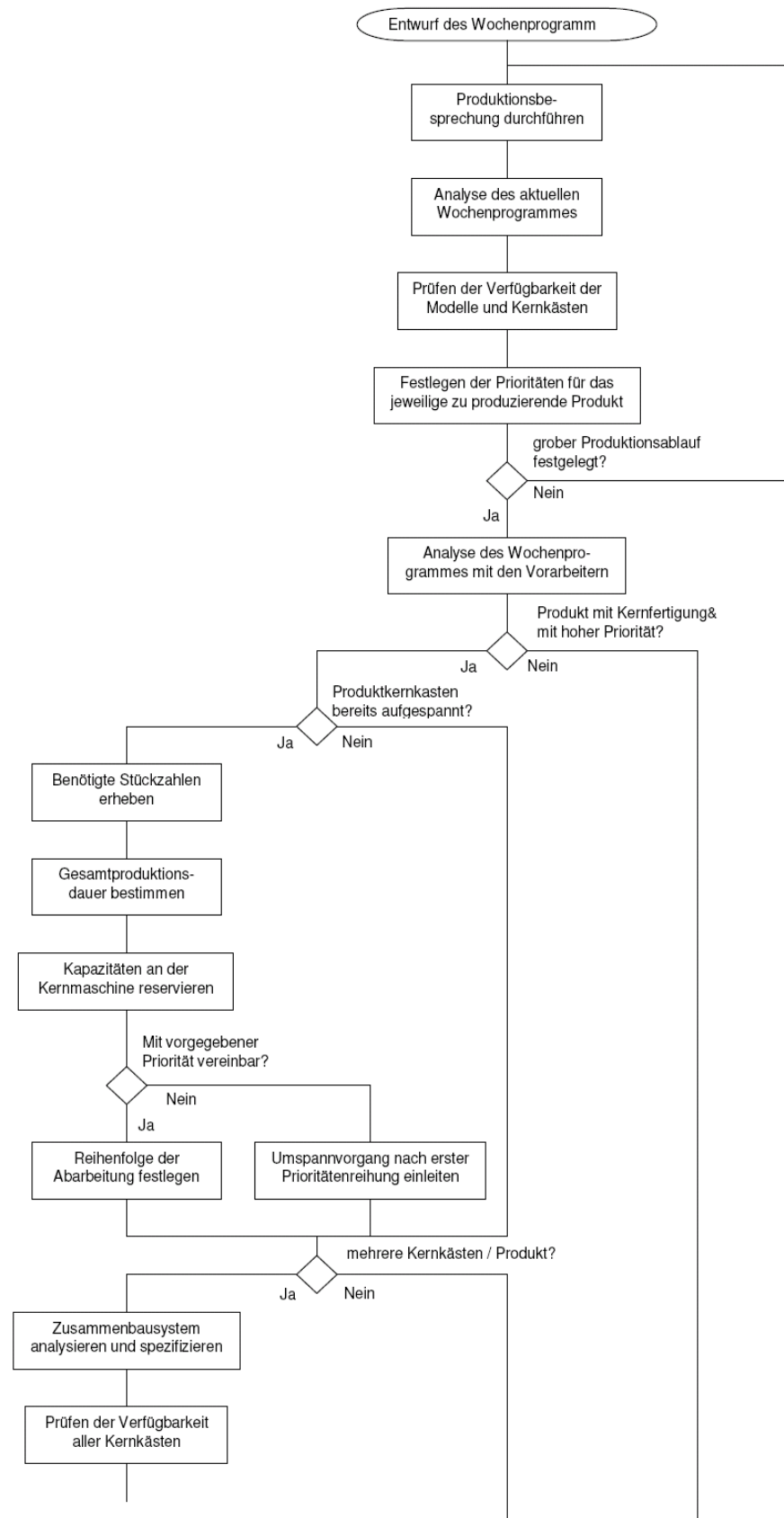
Montag, 31. Mai 2010 11:59

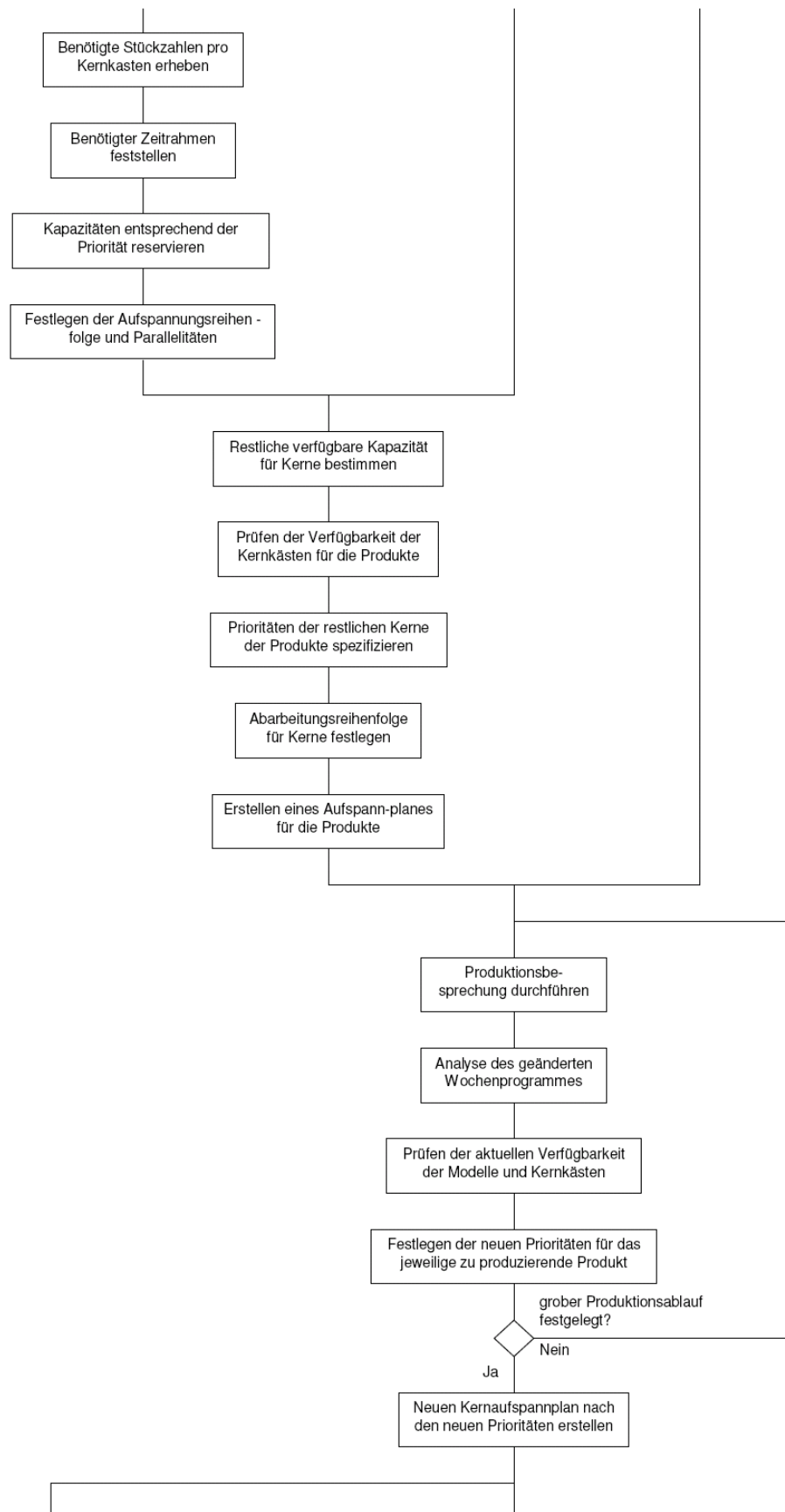
b Prozess der Wochenprogrammerstellung

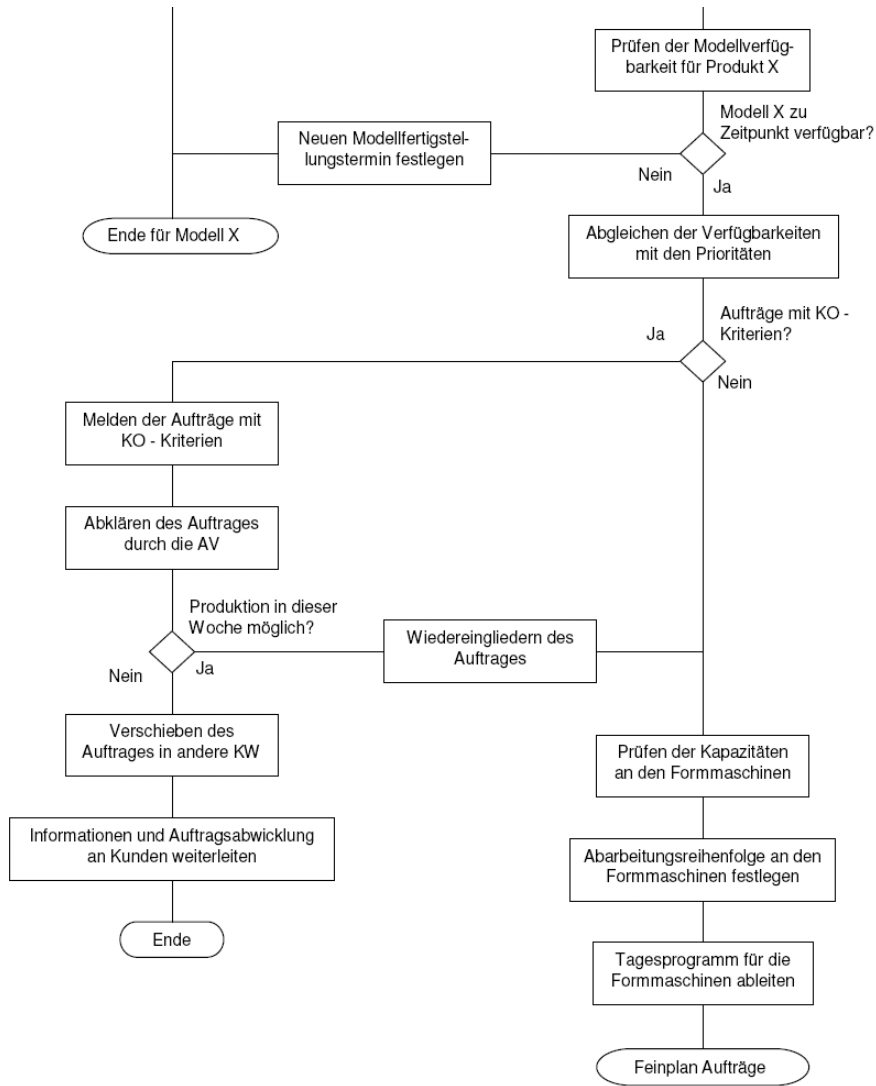
* X - steht für ein einzelnes beliebiges Produkt

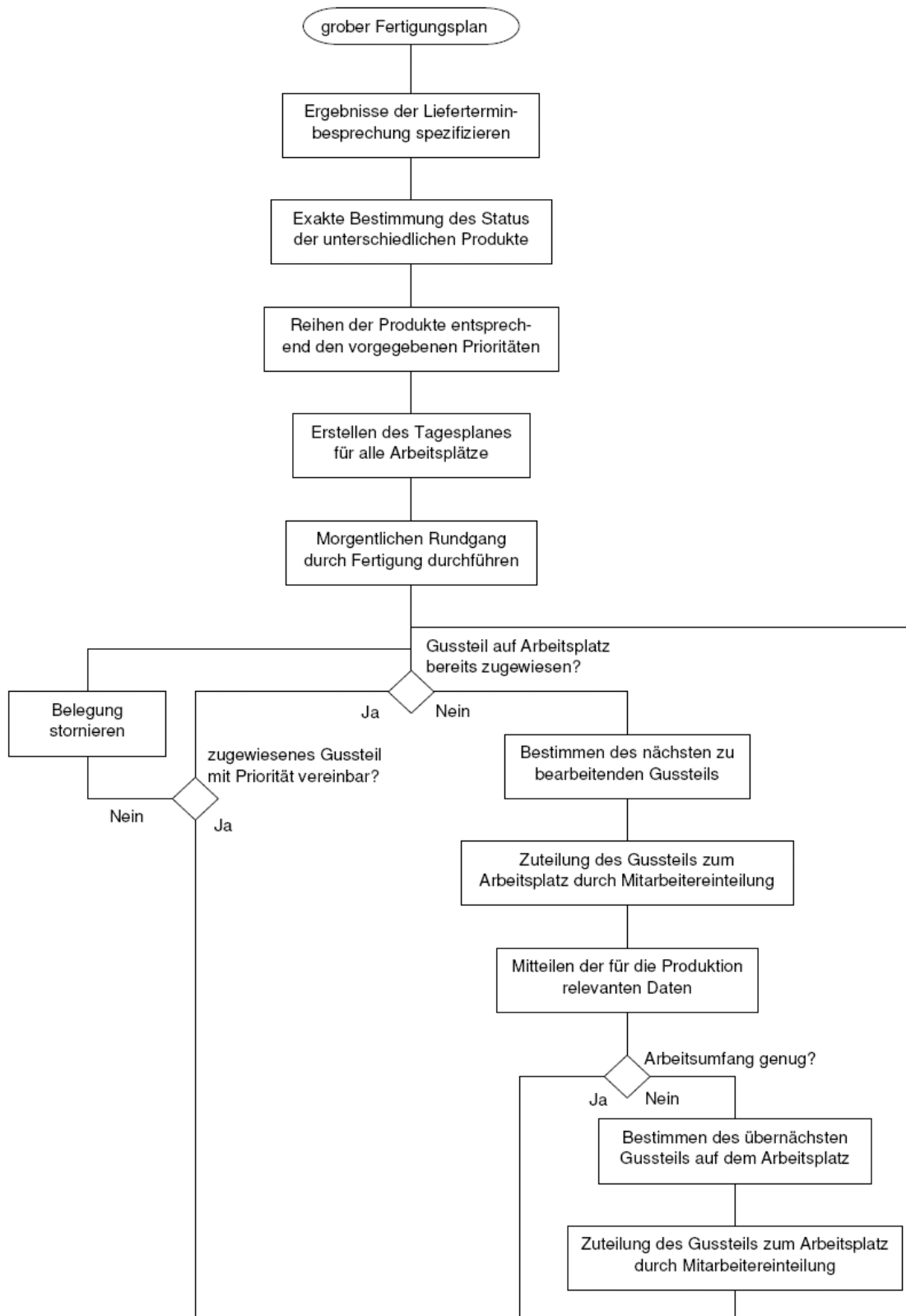


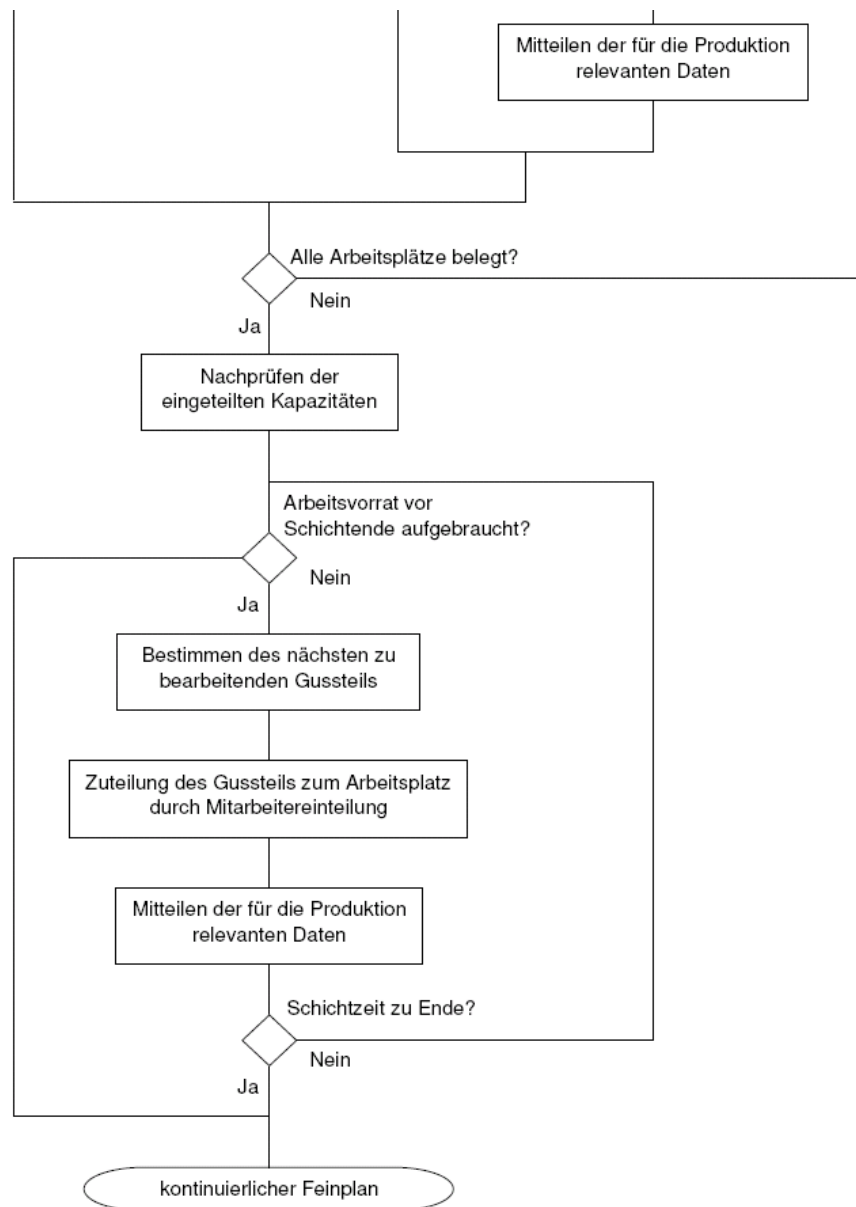
c Feinplanung Schmelzenerstellungs- und Form- und Kernherstellungsprozess



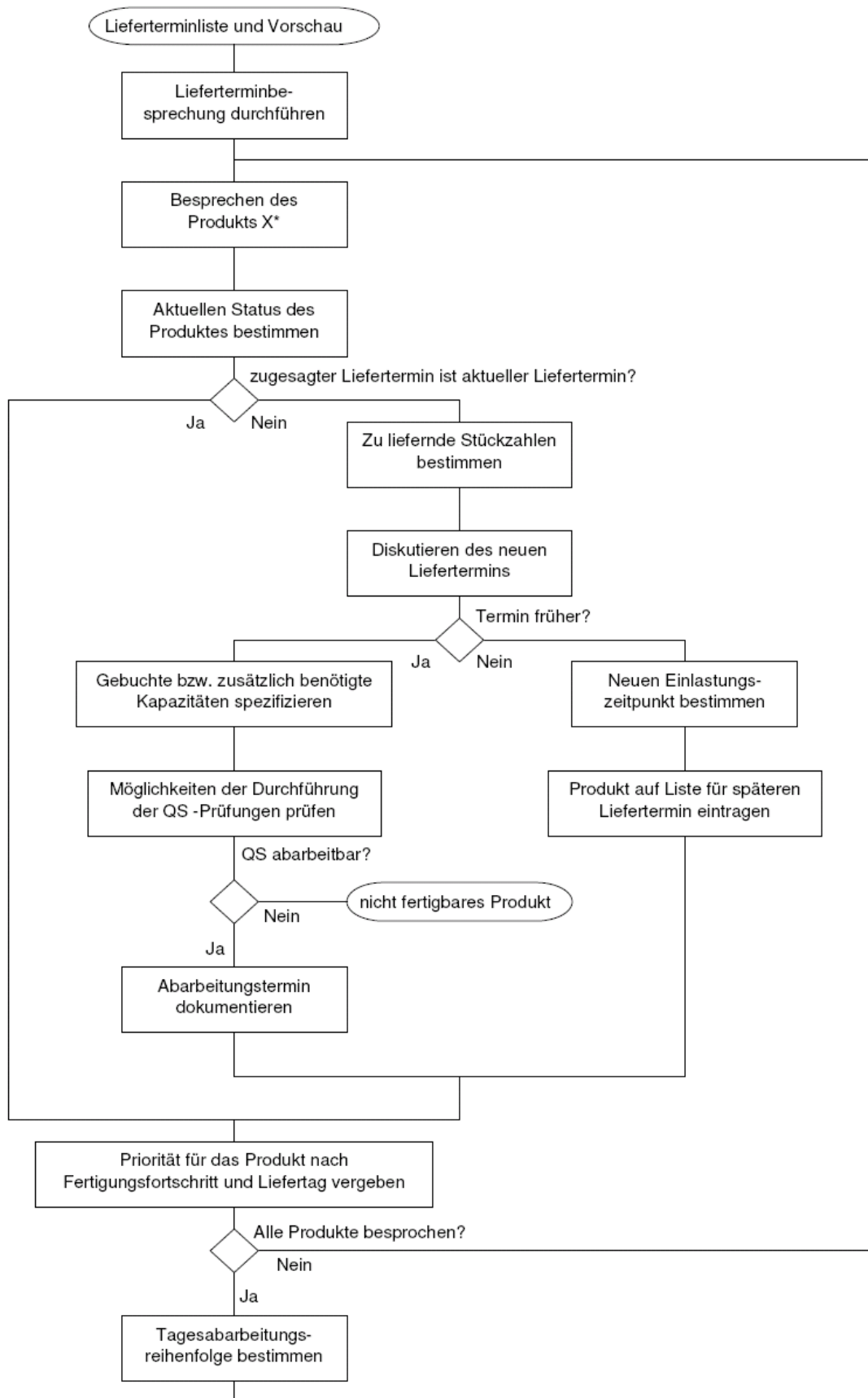


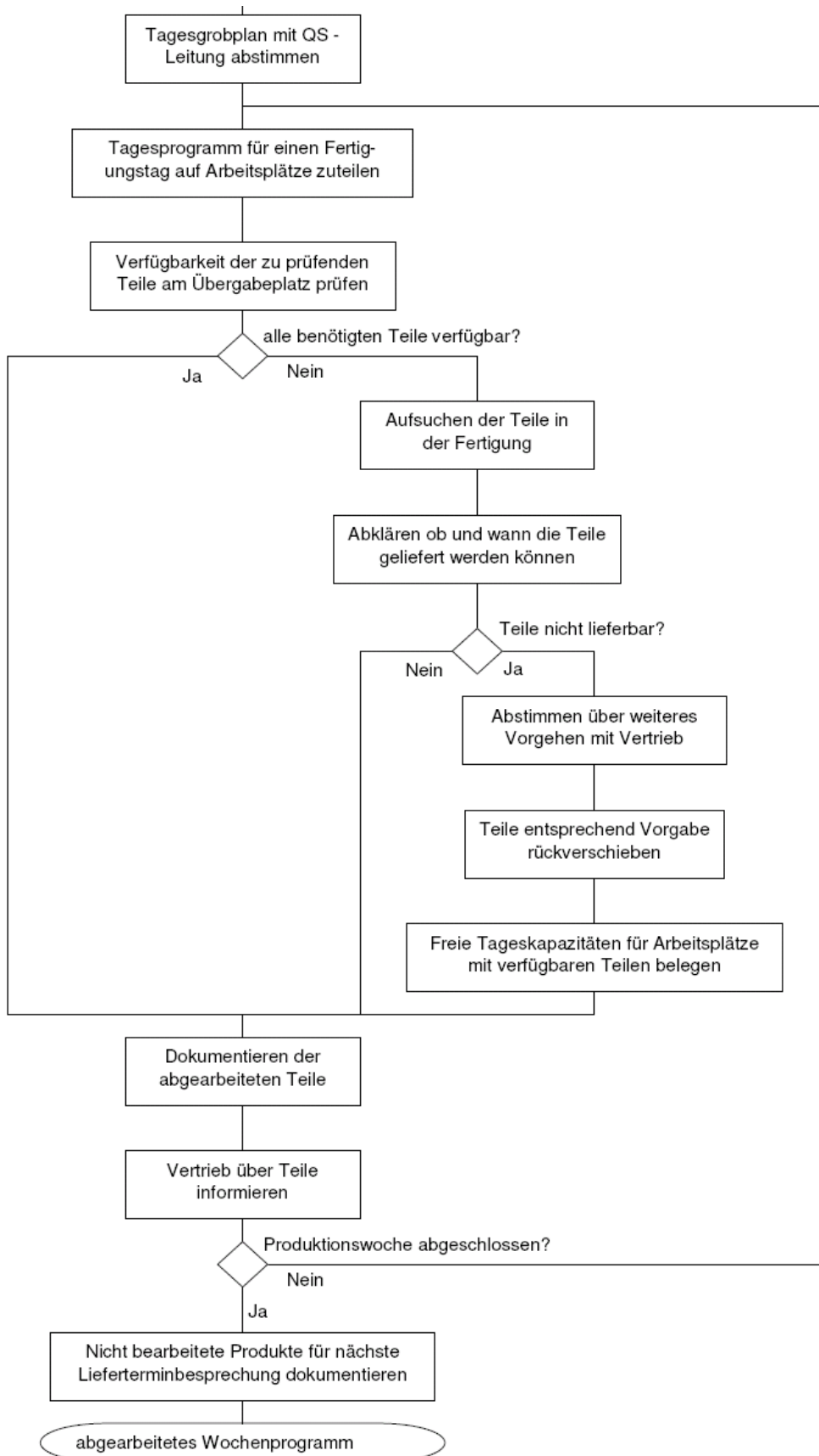


d Feinplanung Gussbearbeitungsprozess



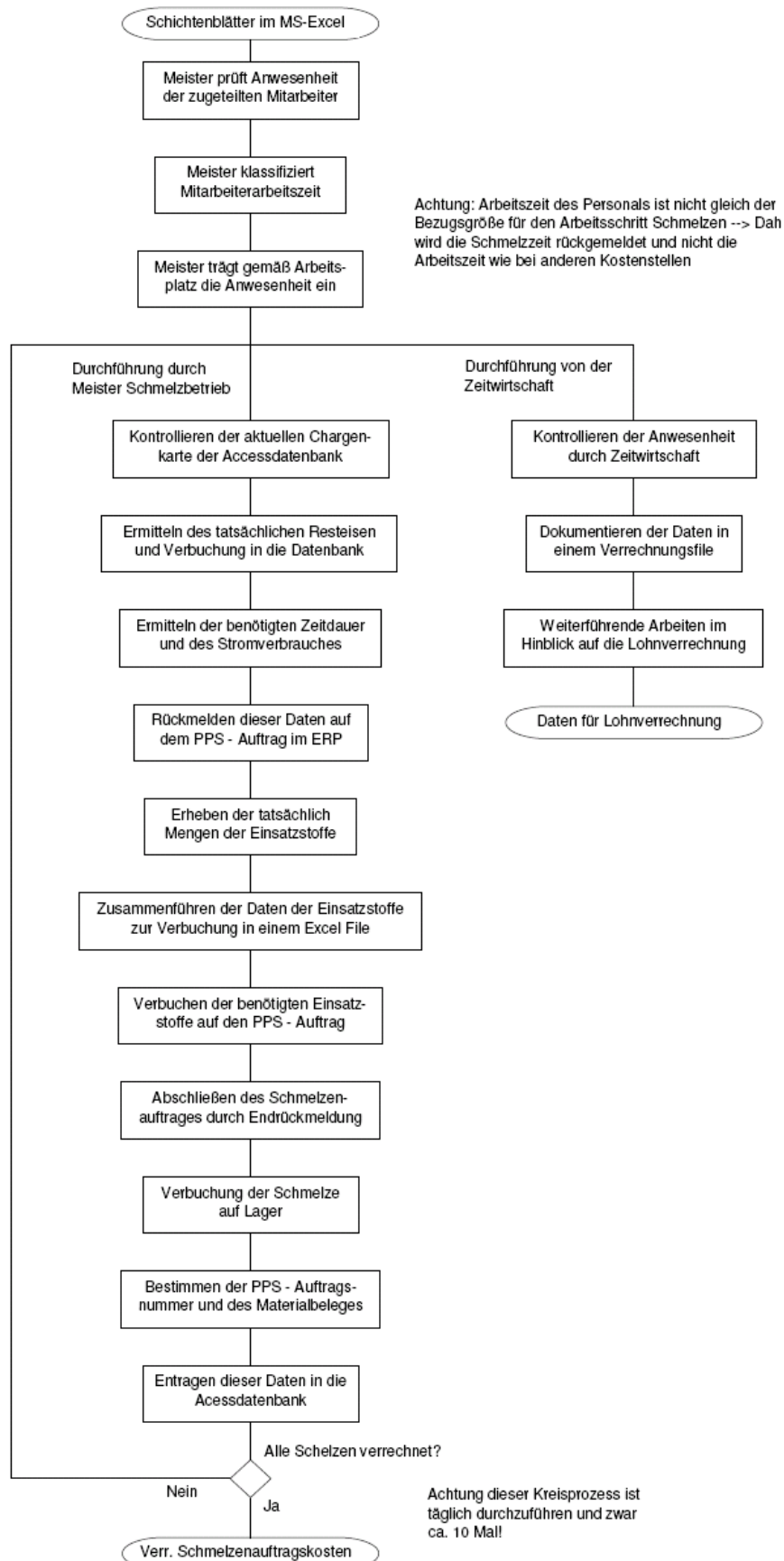
e Prozess Grob- und Feinplanung Prozess der Qualitätssicherung



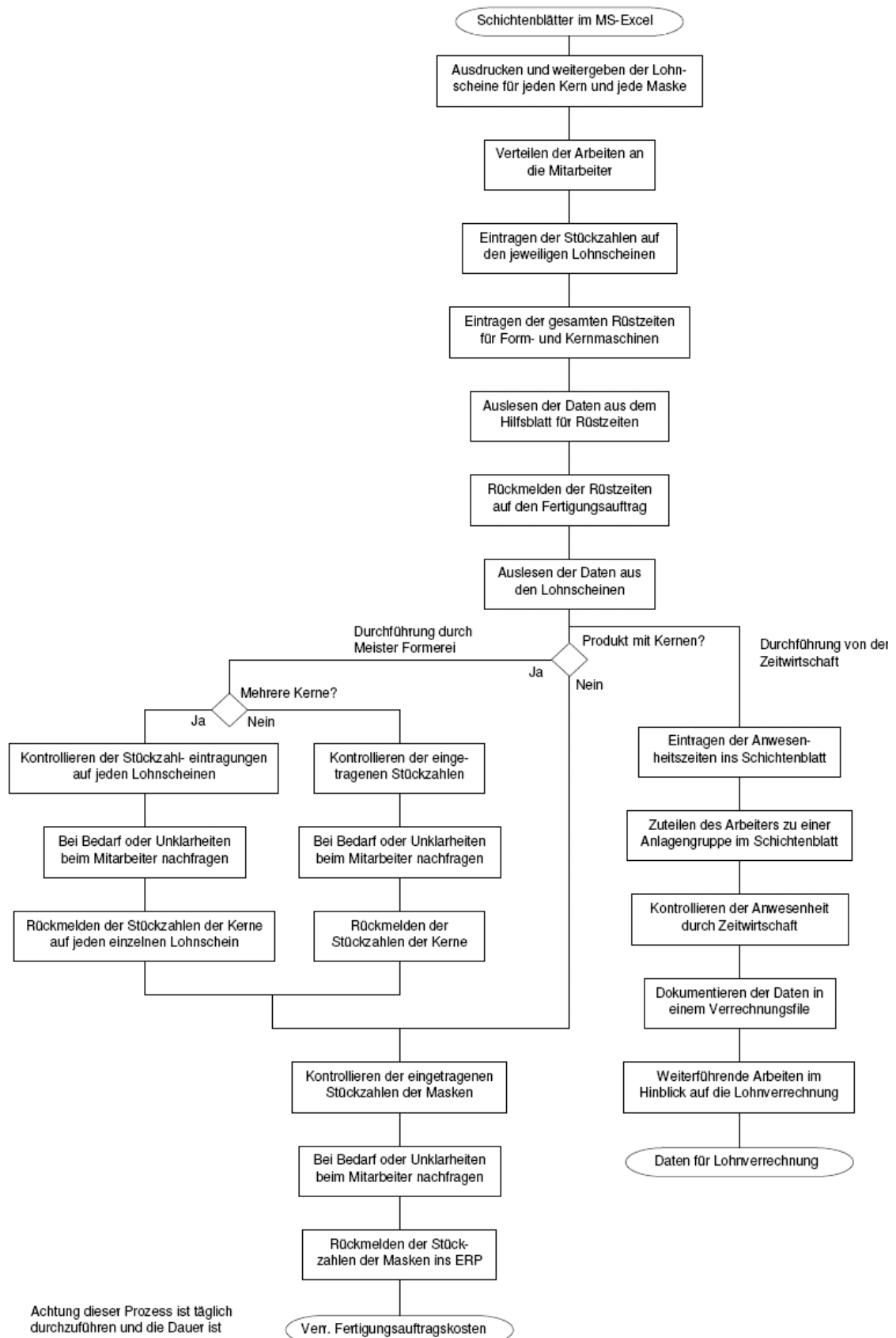


f Rückmeldeprozesse der operativen Kernprozesse in der Gießerei

GP 1: Schmelzbetrieb

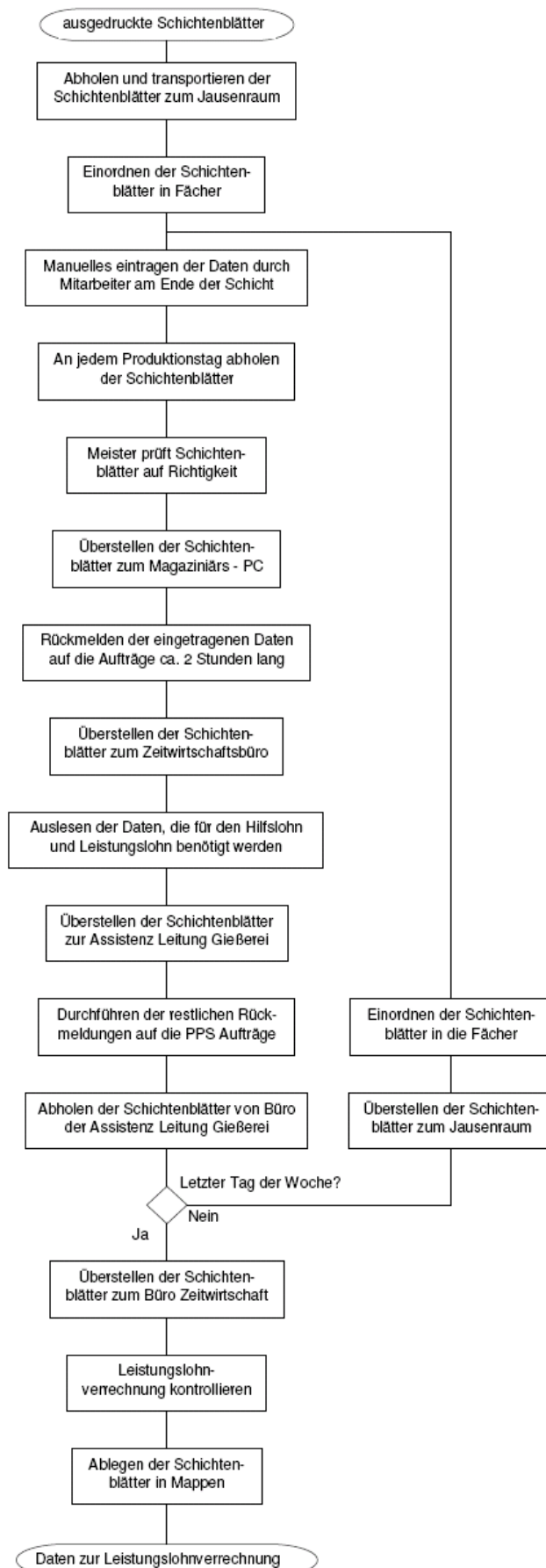


GP 2: Formbereibetrieb



Achtung dieser Prozess ist täglich durchzuführen und die Dauer ist abhängig von der Erfassungsmenge

GP 3: Adjustage



g Kalkulationstabelle Potenziale Prozess der Arbeitsvorbereitung

Prozessschritte	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potential EH	Gesamt EH
Aufsuchen der Teile in der Fertigung Hr. Bei.	180 Min/Tag	120 Min/Tag	60 Min/Tag	14.400 Min/Jahr
Aufsuchen der Teile in der Fertigung Hr. Va.	60 Min/Tag	0 Min/Tag	60 Min/Tag	14.400 Min/Jahr
Aufsuchen der Teile in der Fertigung Hr. Eberfh.	60 Min/Tag	30 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Einplanung von Aufträgen für unlegierte Werkstoffe	180 Min/Wo	240 Min/Wo	-60 Min/Wo	-2.880 Min/Jahr
Einplanung von Aufträgen für legierte Werkstoffe	120 Min/Wo	180 Min/Wo	-60 Min/Wo	-2.880 Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen	140 Min/Wo	100 Min/Wo	40 Min/Wo	1.920 Min/Jahr
Lieferterminbesprechung	90 Min/Wo	0 Min/Wo	90 Min/Wo	4.320 Min/Jahr
Feinplanung von Fertigungsaufträgen	120 Min/Wo	240 Min/Wo	-120 Min/Wo	-5.760 Min/Jahr
Informelle Besprechung Arbeitsvorbereitung Vertrieb	30 Min/Wo	0 Min/Wo	30 Min/Wo	1.440 Min/Jahr
Erstellen und Ausdrucken der Lohnscheine	60 Min/Wo	0 Min/Wo	60 Min/Wo	2.880 Min/Jahr
Wegzeiten zur Verteilung der Lohnscheine	15 Min/Wo	0 Min/Wo	15 Min/Wo	720 Min/Jahr
Vertriebsrelevante Kommunikation	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Abstimmung Wärmebehandlungsablauf	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Produktionsrelevante Kommunikation Hr. Bei.	70 Min/Tag	30 Min/Tag	40 Min/Tag	9.600 Min/Jahr
Produktionsrelevante Kommunikation Hr. Va.	70 Min/Tag	40 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
		Gesamteinsparungspotential in Minuten		59.760 Min/Jahr
		Gesamteinsparungspotential in Stunden		996 H/Jahr
		Kosteneinsparungspotential Kapazität		29.880 Euro/Jahr

sonstige Einsparung

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potential	EH	KS	EH	Gesamt	EH
Kosteneinsparung Papier	50 Blatt/Wo	50 Blatt/Wo	2400 Blatt/Jahr	0,02 Euro/Blatt		48	48	Euro/Jahr
Kosteneinsparung Druckerkosten	50 Blatt/Wo	50 Blatt/Wo	2400 Blatt/Jahr	0,05 Euro/Blatt		120	120	Euro/Jahr
sonstige Kosten	-	-	-	-	-	100	100	Euro/Jahr
			Kosteneinsparungspotential Ressourcen			268	268	Euro/Jahr

Gesamt 30.148

h Kalkulationstabelle Potenziale Prozess der Zeitwirtschaft

Bezeichnung / Prozessschritt	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potential EH	Gesamt EH
Kontrolle der Schichtenblätter GP 1 und GP 2	60 Min/Wo	80 Min/Wo	-20 Min/Wo	-960 Min/Jahr
Kontrolle der Schichtenblätter in der Adjustage	45 Min/Tag	80 Min/Tag	-35 Min/Tag	-8.400 Min/Jahr
Eintragen der Leistungsdaten in der Formerei	70 Min/Tag	20 Min/Tag	50 Min/Tag	12.000 Min/Jahr
Eintragen der Leistungsdaten in der Adjustage	150 Min/Tag	25 Min/Tag	125 Min/Tag	30.000 Min/Jahr
Leistungsabrechnungsbedingte Kommunikation	15 Min/Tag	8 Min/Tag	7 Min/Tag	1.680 Min/Jahr
Eintragen von geänderten Vorgabezeiten	15 Min/Wo	25 Min/Wo	-10 Min/Wo	-480 Min/Jahr
Kommunikation der Zeitzuschläge bei MA	25 Min/Wo	15 Min/Wo	10 Min/Wo	480 Min/Jahr
Kommunikation der Zeiterhebung bei Neuteilen	20 Min/Wo	0 Min/Wo	20 Min/Wo	960 Min/Jahr
Kontrolle eingetragenen Daten im Excel - File	60 Min/Mon	0 Min/Mon	60 Min/Mon	720 Min/Jahr
Erstellen der Abrechnung aus den Excel - File	180 Min/Mon	60 Min/Mon	120 Min/Mon	1.440 Min/Jahr
Vorbereitung und Erstellung von Vorgabeblätter	60 Min/Mon	0 Min/Mon	60 Min/Mon	720 Min/Jahr
Dokumentationsarbeiten für Schichtenblätter	60 Min/Mon	0 Min/Mon	60 Min/Mon	720 Min/Jahr
			Gesamteinsparungspotential in Minuten	38.880 Min/Jahr
			Gesamteinsparungspotential in Stunden	648 H/Jahr
			Kosteneinsparungspotential Kapazität	19.440 Euro/Jahr

sonstige Einsparung

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potential	EH	KS	EH	Gesamt	EH
Kosteneinsparung Papier	220 Blatt/Wo		10560 Blatt/Jahr		0,02 Euro/Blatt		211	Euro/Jahr
Kosteneinsparung Druckerkosten	220 Blatt/Wo		10560 Blatt/Jahr		0,08 Euro/Blatt		845	Euro/Jahr
Sonstige Büromaterialien	-	-	-	-	-	-	400	Euro/Jahr
Sonstige Kosten	-	-	-	-	-	-	50	Euro/Jahr
			Kosteneinsparungspotential	Ressourcen			1.506	Euro/Jahr

Gesamt 20.946

i Kalkulationstabelle Potenziale Form- und Kernherstellungsprozess

Bezeichnung / Prozessschritt	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potenzial EH	Gesamt EH
Erstellung des Feinplanes	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen	140 Min/Wo	90 Min/Wo	50 Min/Wo	2.400 Min/Jahr
Produktionsbedingte Kommunikation	60 Min/Tag	30 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Mitarbeiter-einteilung und Informationsweitergabe	60 Min/Tag	50 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Durchschnittliche Mitarbeiterzeit pro Tag	125 Min/Tag	75 Min/Tag	50 Min/Tag	12.000 Min/Jahr
Eintragen der Leistungsdaten durch Mitarbeiter	375 Min/Tag	325 Min/Tag	50 Min/Tag	12.000 Min/Jahr
Auslesen der Daten aus den Lohnscheinen	30 Min/Tag	0 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Kontrollieren der eingetragenen Daten	10 Min/Tag	20 Min/Tag	-10 Min/Tag	-2.400 Min/Jahr
Unklarheiten bei Einträgen bereinigen	10 Min/Tag	5 Min/Tag	5 Min/Tag	1.200 Min/Jahr
Rückmeldungen auf die Aufträge durchführen	30 Min/Tag	0 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Eintragen der Anwesenheitszeit ins Schichtenblatt	10 Min/Tag	0 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Eintragen der Leistung ins Schichtenblatt	30 Min/Tag	0 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Gesamteintragungspotential in Min				62.400 Min/Jahr
Gesamteintragungspotential in St.				1.040 H/Jahr
Kosteneinsparungspotential Kapa				21.840 Euro/Jahr

--> 5 Minuten für 25 Mitarbeiter
 --> 15 Minuten für 25 Mitarbeiter

Einsparung bei Maschinenzeit

Bezeichnung / Prozessschritt	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potenzial EH	Gesamt EH
Rüstzeitoptimierung Kernkasterösten	480 Min/Tag	475 Min/Tag	5 Min/Tag	1.200 Min/Jahr
Rüstzeitoptimierung Hottinger Formmaschine	600 Min/Tag	590 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Rüstzeitoptimierung Shalco Formmaschine	120 Min/Tag	105 Min/Tag	15 Min/Tag	720 Min/Jahr
Gesamteintragungspotential in Minuten				4.320 Min/Jahr
Gesamteintragungspotential in Stunden				72 H/Jahr
Kosteneinsparungspotential Maschinen				9.720 Euro/Jahr

--> 4 Kernkästen à 2 H pro Tag
 --> 2 Rüstvorgänge à 5 H pro Tag
 --> 1 Rüstvorgang à 2 H pro Tag

sonstige Einsparung

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potenzial EH	KS	EH	Gesamt EH
Kosteneinsparung Papier	100 Blatt/Wo	100 Blatt/Wo	4800 Blatt/Jahr	0,02 Euro/Blatt	96 Euro/Jahr	96 Euro/Jahr
Kosteneinsparung Druckerkosten	100 Blatt/Wo	100 Blatt/Wo	4800 Blatt/Jahr	0,04 Euro/Blatt	192 Euro/Jahr	192 Euro/Jahr
Kosteneinsparung Sichthüllen	100 Hüll/Jahr	100 Hüll/Jahr	100 Hüll/Jahr	1,10 Euro/Hüll	110 Euro/Jahr	110 Euro/Jahr
Schmelzenbestellungsblok	10 Blo/Jahr	10 Blo/Jahr	10 Blo/Jahr	12,00 Blo/Jahr	120 Euro/Jahr	120 Euro/Jahr
Kosteneinsparung 1 PC Arbeitsplatz	1 Arp/Jahr	1 Arp/Jahr	1 Arp/Jahr	3400,00 Euro/Arp	3.400 Euro/Jahr	3.400 Euro/Jahr
Sonstige Kosten	-	-	-	-	100 Euro/Jahr	100 Euro/Jahr
Kosteneinsparungspotential Ressourcen						4.018 Euro/Jahr

Gesamt 35.578

i Kalkulationstabelle Potenziale Gussbearbeitungsprozess

Prozessschritte	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potential EH	Gesamt EH
Erstellung des Schichtenplanes	60 Min/Wo	40 Min/Wo	20 Min/Wo	960 Min/Jahr
Feinplanung der Produktion	25 Min/Tag	20 Min/Tag	5 Min/Tag	1.200 Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen	140 Min/Wo	90 Min/Wo	50 Min/Wo	2.400 Min/Jahr
Lieferterminbesprechung	90 Min/Wo	0 Min/Wo	90 Min/Wo	4.320 Min/Jahr
Produktionsbedingte Kommunikation	90 Min/Tag	50 Min/Tag	40 Min/Tag	9.600 Min/Jahr
Kommunikation der Zeitaufnahme	15 Min/Wo	0 Min/Wo	15 Min/Wo	720 Min/Jahr
Kontrolle der eingetragenen Leistungsdaten	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Suchen der Teile durch Adjustagemeister	10 Min/Tag	0 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Abstimmung Produktionsreihenfolge WBH	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Suchen der Teile durch Fertigungsmitarbeiter	300 Min/Tag	180 Min/Tag	120 Min/Tag	28.800 Min/Jahr
Weg- und Wartezeiten für Informationsbeschaffung	300 Min/Tag	0 Min/Tag	300 Min/Tag	72.000 Min/Jahr
Transportzeitoptimierung d. fixe Reihenfolge	960 Min/Tag	950 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Ändern und ausdrucken der Schichtenblätter	20 Min/Wo	0 Min/Wo	20 Min/Wo	960 Min/Jahr
Direkte Rückmeld. auf Aufträge durch Adjustage	120 Min/Tag	0 Min/Tag	120 Min/Tag	28.800 Min/Jahr
Akt. Wartezeiten zur Überstellung der Schichtenblätter	15 Min/Tag	0 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Eineochnen und Entnahme der pap. Schichtenblätter	30 Min/Tag	0 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Direkte Rückmeld. auf Aufträge durch Angestellte	50 Min/Tag	0 Min/Tag	50 Min/Tag	12.000 Min/Jahr
Gesamteinsparungspotential in Minuten				184.560 Min/Jahr
Gesamteinsparungspotential in Stunden				3.076 H/Jahr
Kosteneinsparungspotential Kapazität				64.596 Euro/Jahr

-> 3 Min à 60 Mitarbeiter
-> 0 Min à 60 Mitarbeiter
-> Staplerfahrer

sonstige Einsparung

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potential EH	KS	EH	Gesamt EH
Kosteneinsparung Papier	300	Blatt/Wo	14400 Blatt/Jahr	0,02	Euro/Blatt	288 Euro/Jahr
Kosteneinsparung Druckerkosten	300	Blatt/Wo	14400 Blatt/Jahr	0,06	Euro/Blatt	864 Euro/Jahr
Kosteneinsparung 1 PC Arbeitsplatz	1	Arp/Jahr	1 Arp/Jahr	3400,00	Euro/Arp	3.400 Euro/Jahr
Telekommunikationskosten	1	Ap/Jahr	1 Ap/Jahr	100,00	Euro/Arp	100 Euro/Jahr
Sonstige Büromaterialien	-	-	-	-	-	250 Euro/Jahr
Sonstige Kosten	-	-	-	-	-	100 Euro/Jahr
Kosteneinsparungspotential Ressourcen						5002 Euro/Jahr

Gesamt	69.598
---------------	---------------

k Kalkulationstabelle Potenziale Prozess der Qualitätsprüfung

Prozessschritte	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potential EH	Gesamt EH
Erstellung des Feinplanes	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen	200 Min/Wo	120 Min/Wo	80 Min/Wo	3.840 Min/Jahr
Lieferterminbesprechung	90 Min/Wo	0 Min/Wo	90 Min/Wo	4.320 Min/Jahr
Kontrolle der Leistungsdaten	20 Min/Wo	40 Min/Wo	-20 Min/Wo	-960 Min/Jahr
Kommunikation zur Produktionsabwicklung	60 Min/Tag	40 Min/Tag	20 Min/Tag	4.800 Min/Jahr
Wegezeiten zum Aufsuchen der zu prüfenden Teile	50 Min/Tag	20 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Wegezeiten Einteilung Mitarbeiter L - Halle	40 Min/Tag	30 Min/Tag	10 Min/Tag	2.400 Min/Jahr
Wegezeiten Suchen der Teile Mitarbeiter	130 Min/Tag	75 Min/Tag	55 Min/Tag	13.200 Min/Jahr
Transportzeiten der zu Prüfenden Teile Mitarbeiter	195 Min/Tag	130 Min/Tag	65 Min/Tag	15.600 Min/Jahr
Eintragen der Leistungsdaten in Erfassungssystem	130 Min/Tag	130 Min/Tag	0 Min/Tag	0 Min/Jahr
Eintragen der manuellen Daten ins ERP - System	90 Min/Mon	0 Min/Mon	90 Min/Mon	1.080 Min/Jahr
Wegezeiten Informationsbeschaffung	65 Min/Tag	40 Min/Tag	25 Min/Tag	6.000 Min/Jahr
Ausschusserfassung Mitarbeiter Qualitätssicherung	200 Min/Wo	0 Min/Wo	200 Min/Wo	9.600 Min/Jahr
Ausschussrückmeldung Angestellter QS	30 Min/Wo	0 Min/Wo	30 Min/Wo	1.440 Min/Jahr
			Gesamteinsparungspotential in Minuten	72.120 Min/Jahr
			Gesamteinsparungspotential in Stunden	1.202 h/Jahr
			Kosteneinsparungspotential Kapazität	25.242 Euro/Jahr

--> 25 Min à 2 Angestellte
 --> 20 Min à 2 Angestellte
 --> 10 Min à 13 Mitarbeiter
 --> 15 Min à 13 Mitarbeiter
 --> 10 Min à 13 Mitarbeiter
 --> Leistungsdaten
 --> 5 Min à 13 Mitarbeiter
 --> 30 Min à 1 Angestellte

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potential	EH	KS	EH	Gesamt	EH
Kosteneinsparung Papier	250 Blatt/Wo	12000 Blatt/Jahr	12000 Blatt/Jahr	0,02 Euro/Blatt	0,02 Euro/Blatt	240 Euro/Jahr	240 Euro/Jahr	
Kosteneinsparung Druckerkosten	250 Blatt/Wo	12000 Blatt/Jahr	12000 Blatt/Jahr	0,06 Euro/Blatt	0,06 Euro/Blatt	720 Euro/Jahr	720 Euro/Jahr	
Kosteneinsparung 2 PC Arbeitsplatz	2 Arp/Jahr	2 Arp/Jahr	2 Arp/Jahr	3400,00 Euro/Arp	3400,00 Euro/Arp	6.800 Euro/Jahr	6.800 Euro/Jahr	
Sonstige Büromaterialien	-	-	-	-	-	500 Euro/Jahr	500 Euro/Jahr	
Sonstige Kosten	-	-	-	-	-	100 Euro/Jahr	100 Euro/Jahr	
			Kosteneinsparungspotential Ressourcen			8.360 Euro/Jahr	8.360 Euro/Jahr	

--> dafür 2 Erfassungsgeräte

Gesamt 33.602

sonstige Einsparung

I Kalkulationstabelle Potenziale organisatorische Prozesse

Prozessschritte	akt. Zeitd. EH	zuk. Zeitd. EH	Potential EH	Gesamt EH
Lieferterminbesprechung	270 Min/Wo	0 Min/Wo	270 Min/Wo	12.960 Min/Jahr
Produktionsrelevante Kommunikation Vertrieb	200 Min/Tag	160 Min/Tag	40 Min/Tag	9.600 Min/Jahr
Lieferterminnachfrage bei Produktentwicklung	40 Min/Tag	10 Min/Tag	30 Min/Tag	7.200 Min/Jahr
Auftragsverschiebungen und Kommunikation	2040 Min/Wo	1440 Min/Wo	600 Min/Wo	28.800 Min/Jahr
Durchführung der Teileinventur im Gussversand	120 Min/Wo	50 Min/Wo	70 Min/Wo	3.360 Min/Jahr
Produktionsrelevante Besprechungen PE	140 Min/Wo	90 Min/Wo	50 Min/Wo	2.400 Min/Jahr
Produktionsrelevante Kommunikation PE	30 Min/Tag	15 Min/Tag	15 Min/Tag	3.600 Min/Jahr
Kennzahlengenerierung	120 Min/Wo	60 Min/Wo	60 Min/Wo	2.880 Min/Jahr
Kennzahlenabstimmungsgespräche	90 Min/Wo	60 Min/Wo	30 Min/Wo	1.440 Min/Jahr
			Gesamteinparungspotential in Minuten	72.240 Min/Jahr
			Gesamteinparungspotential in Stunden	1.204 H/Jahr
			Kosteneinsparungspotential Kapazität	36.120 Euro/Jahr

sonstige Einsparung

Bezeichnung / Prozessschritt	Menge	EH	Potential	EH	KS	EH	Gesamt	EH
Kosteneinsparung Papier	400 Blatt/Wo	400 Blatt/Wo	19200 Blatt/Jahr	0,02 Euro/Blatt			384	Euro/Jahr
Kosteneinsparung Druckerkosten	400 Blatt/Wo	400 Blatt/Wo	19200 Blatt/Jahr	0,05 Euro/Blatt			960	Euro/Jahr
Telekommunikation	2 Ap/Jahr	2 Ap/Jahr	100 Euro/Ap				200	Euro/Jahr
Sonstige Büromaterialien	-	-	-	-			500	Euro/Jahr
Sonstige Kosten	-	-	-	-			100	Euro/Jahr
			Kosteneinsparungspotential Ressourcen				2.144	Euro/Jahr

Gesamt	38.264
---------------	---------------

--> 0 Min à 3 Angestellte
 --> 40 Min à 4 Angestellte
 --> 360 Min à 4 Angestellte