



Martin Führer

Kapazitätsplanung und Simulation von Engpassmaschinen in der Gleitlagervormaterial Produktion

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieur

Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

Produktionstechnik

Technische Universität Graz

Fakultät für Maschinenbau und Wirtschaftswissenschaften

Institut für Industriebetriebslehre und Innovationsforschung

o.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Josef W. Wohinz

Graz, 2011

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, am

.....

(Unterschrift)

Danksagung

Speziellen Dank gebührt Herrn Dr.-Ing. Robert Mergen, der mir die Möglichkeit gab diese Diplomarbeit bei der Firma Miba Gleitlager GmbH durchzuführen. Ich möchte mich auch besonders bei meinen firmenseitigen Betreuer, Herrn Dipl.-Ing. Heinrich Jodlbauer für die kompetente Unterstützung während der Erstellung der Arbeit bedanken.

Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Nikolaus Mitterer danke ich für sein Engagement bei der Betreuung von Seite der Universität. Genauso Herrn Dipl.-Ing. Hans Peter Schnöll für Hilfestellungen und Korrekturen.

Besonderer Dank gilt meiner Familie: Meinen Eltern, Karl und Anna, die mir die Ausbildung an der TU Graz ermöglichten. Meinem Bruder Bernhard, der mich in der Anfangsphase des Studiums begleitete und mir auch danach immer helfend zur Seite stand. Und meiner Schwester Elisabeth, die mich mit ihrer Genauigkeit immer hilfsbereit unterstützt.

Spezieller Dank gilt meiner Freundin Daniela, die mir Rückhalt gibt, mich in jeder Beziehung unterstützt und für mich da ist.

Vielen Dank auch an meine Freunde Christoph und Robert, die mich das ganze Studium begleitet und motiviert haben.

Kurzfassung

Wachstum, steigender Umsatz und Gewinnmaximierung sind Ziele jeder wettbewerbsorientierten Unternehmung. Konjunkturaufschwung und hohe Marktnachfrage unterstützen das Streben nach diesen Zielen. Ein hoher Bedarf an Produkten ist die Grundlage für eine ausgelastete und wirtschaftliche Produktion von Gütern. Übersteigt jedoch der Auftragstand das verfügbare Produktionsvolumen, begrenzen Engpassmaschinen die Ausbringungsmenge und gefährden zugesagte Liefertermine. Das rechtzeitige Erkennen produktionslimitierender Einflüsse ist notwendig, um gegensteuernde Maßnahmen zu setzen.

Die Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Miba Gleitlager GmbH erstellt, zu deren Kernkompetenz die Entwicklung, Produktion und Beschichtung von Gleitlagern für Hochleistungsdiesel- und Gasmotoren zählt.

In der Diplomarbeit wurde die Fertigung von Verbundstreifen für die Gleitlagerherstellung hinsichtlich produktionsbegrenzender Einflüsse analysiert. Eine Untersuchung der vergangenen Geschäftsjahre ermöglichte es, die Einflussfaktoren zu bestimmen und Engpassmaschinen in der Produktion zu erkennen. Mit diesem Ergebnis konnten Vorschläge zur Kapazitäts- und Effizienzsteigerung ausgewählter, hoch ausgelasteter Maschinen erarbeitet werden. Die Potentialabschätzung und Vergabe von Prioritäten dienen als Grundlage für umzusetzende Maßnahmen.

Die variantenreiche Verbundstreifenproduktion stellt hohe Flexibilitätsanforderungen an die Fertigung. Schwankender Marktbedarf führt zu Veränderungen im Produktionsprogramm und zu unterschiedlicher Maschinenauslastung. Die Planung und Steuerung der Produktion gestaltet sich dadurch sehr schwierig.

Das Wissen aus der Produktionsanalyse ermöglichte es die Fertigung zu abstrahieren und ein Simulationsmodell zu entwickeln. Durch Eingabe des gewünschten Produktmix wird der Kapazitätsbedarf an ausgewählten Maschinen berechnet. Ein überarbeiteter Produktionsplan stellt Plandaten für das Simulationsmodell bereit und ermöglicht die zukünftige Kapazitätsplanung einzelner Maschinen.

Das Ergebnis des Simulationsmodells wird mit festgelegten Engpassgrenzen verglichen und kann somit als Werkzeug zur Kapazitätsplanungs- und Engpassberechnung verwendet werden.

Abstract

The diploma thesis was created in cooperation with the Miba Bearing Group, a specialist in development, production and coating of bearings for high-performance diesel and gas engines.

The aim of this thesis is to analyze the production of bonded strips for slide bearing applications regarding output-limiting influences. A research based on data of the last financial years found factors of influence and with this data a calculation of production bottle necks was done. The results of the analysis are recommendations for actions to be taken to increase the capacity and the efficiency of the most loaded machines.

The production of the bonded strips requires a flexible process chain to meet the demands of a high variety of products. A changing demand of slide bearings results in a deviation of the production program and causes different workloads on the machines. Planning and control is very difficult due to a complex process chain.

The abstraction of the manufacturing process helped to develop a simulation model for capacity planning. By the input of the production volume, the model calculates the expected workload of selected machines. An updated production plan for the next four years provides data to the model to determine the future needs of capacities.

The calculated result of the simulation model can be compared with the given bottle neck constraints. As a consequence, overloaded machines can be detected very early and further actions can be taken. So the simulation model is a tool for capacity planning and bottle neck identification ahead of time.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Vorstellung der Unternehmung.....	1
1.1.1	Miba AG.....	1
1.1.2	Miba Gleitlager GmbH.....	3
1.2	Aufgabenstellung und Zielsetzung.....	4
2	Theoretische Grundlagen der Produktion	6
2.1	Produktionsprozess.....	6
2.2	Produktionsfaktoren.....	7
2.3	Produktionsmanagement.....	7
2.3.1	Produktionsplanung.....	7
2.3.2	Produktionssteuerung.....	9
2.3.3	Produktionskontrolle.....	9
2.4	Organisationsformen der Produktion.....	10
2.4.1	Werkbankfertigung.....	10
2.4.2	Werkstattfertigung.....	10
2.4.3	Reihen- und Linienfertigung.....	11
2.4.4	Fließfertigung.....	12
2.4.5	Zentrenfertigung.....	13
2.4.6	Baustellenfertigung.....	13
2.5	Ziele der Produktion.....	14
2.5.1	Basisziele der Produktion.....	14
2.5.2	Leistungskennzahlen.....	16
2.6	Polylemma der Produktionsablaufplanung.....	18
2.6.1	Ablaufplanungspolylemma.....	18
2.6.2	Zielpolylemma der Produktion.....	19
2.7	Kapazitätsplanung.....	23
2.7.1	Grundbegriffe der Kapazitätsplanung.....	23
2.7.2	Engpasserkennung.....	27

2.7.3	Engpassanalyse.....	28
2.8	Kapazitätssteigerung	29
2.8.1	Kapazitätsflexibilität	29
2.8.2	Make or Buy.....	31
2.8.3	Freigabe von Sicherheitsbeständen.....	31
2.8.4	Effizienzsteigerung.....	31
2.9	Gesamtanlageneffektivität	33
3	Produktionsbeschreibung.....	35
3.1	Gleitlagerherstellung.....	35
3.2	Gleitlagervormaterial Produktion	38
3.2.1	Produkte in der Gleitlagervormaterial Produktion.....	39
3.2.2	Prozessabläufe	40
3.2.3	Produktionsmaschinen.....	43
4	Produktionsanalyse	50
4.1	Abstraktion der Fertigung	50
4.1.1	Ausgangssituation.....	50
4.1.2	Praktische Umsetzung	50
4.2	Analyse der Gleitlagervormaterial Produktion.....	52
4.2.1	Analyse der Warengruppen	52
4.2.2	Analyse des Vormaterialflusses	53
4.2.3	Rückenanalyse der Verbundstreifen	54
4.2.4	Gewichtsanalyse der Verbundstreifen	55
4.2.5	Analyse der Ausbringungsmengen	56
4.3	Einflussfaktoren	57
4.3.1	Planbare Einflussfaktoren	57
4.3.2	Nicht planbare Einflussfaktoren	62
4.4	Engpassbestimmung	62
4.4.1	Vorgehensweise	63
4.4.2	Untersuchung.....	63
4.4.3	Ergebnisse der Engpassbestimmung	65

5	Modell zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung	66
5.1	Struktur des Planungsmodells	66
5.2	Randbedingungen	67
5.3	Modellbeschreibung	67
5.3.1	Voraussetzungen	67
5.3.2	Überarbeitung der Produktionsplanung bis 2014	70
5.3.3	Simulation	73
5.4	Ergebnisse des Simulationsmodells	88
6	Erarbeitung und Umsetzung von Kapazitätssteigerungsvorschlägen	91
6.1	Sammlung von Ansätzen und Ideen	91
6.1.1	Brainstorming	91
6.1.2	Vergabe von Prioritäten	96
6.2	Potentialabschätzung	98
6.3	Umgesetzte Maßnahmen	98
7	Zusammenfassung	100
8	Ausblick	102
9	Literaturverzeichnis	103
10	Abbildungsverzeichnis	106
11	Tabellenverzeichnis	109
12	Abkürzungsverzeichnis	111
13	Formelverzeichnis	112
14	Anhang	i
14.1	Prozessabläufe	i
14.2	Gesamtanlageneffektivität	iv

1 Einleitung

Im ersten Kapitel wird die Unternehmung vorgestellt, in der die Diplomarbeit erstellt wurde - zu Beginn der Konzern und anschließend die auftraggebende Tochtergesellschaft. Die Punkte Aufgabenstellung und Zielsetzung schließen das Einleitungskapitel ab.

1.1 Vorstellung der Unternehmung

Die Miba AG ist ein internationaler Automobilzulieferer. Die Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Miba Gleitlager GmbH erstellt, deren Tätigkeiten hier beschrieben werden.

1.1.1 Miba AG

Die Miba AG, mit Hauptsitz in Laakirchen, Oberösterreich, wurde 1927 als Reparatur- und Produktionswerkstätte für Motorenteile von Franz Mitterbauer gegründet. Heute beschäftigt die Unternehmung mehr als 3.600 MitarbeiterInnen an 20 Standorten in sieben Ländern. Zum Produktionsportfolio zählen Gleitlager, Reibbeläge, Sinterteile, Beschichtungen, Sondermaschinenbau und seit kurzem auch Leistungselektronik.¹

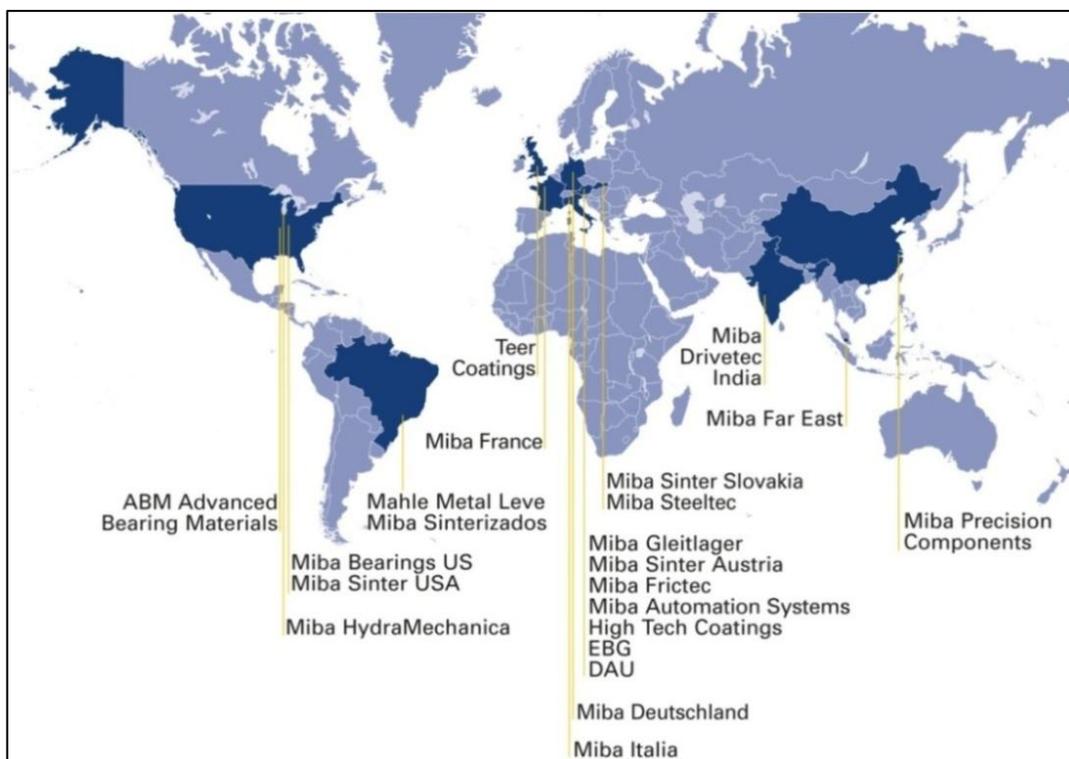


Abbildung 1-1: Unternehmensstandorte²

¹ MIBA (2011a)

² MIBA (2011b)

Der Konzern gliedert sich in fünf Geschäftsbereiche:

- **Miba Bearing Group**
Kernkompetenz der Miba Bearing Group ist die Entwicklung und Herstellung von Gleitlagern. Diese sind funktions- und lebensdauerbestimmende Komponenten in Verbrennungsmotoren und werden in Lastkraftwagen, Schiffen, Lokomotiven und Kraftwerken eingesetzt. Insgesamt 900 MitarbeiterInnen produzieren an den Standorten Laakirchen und Ohio (USA) Halbschalen, Anlaufringe und Büchsen.³
- **Miba Sinter Group**
Dieser Geschäftsbereich stellt Sinterformteile her. Beim Sintern wird Metallpulver in Formen gepresst und anschließend bei hohen Temperaturen, knapp unter dem Schmelzpunkt, verfestigt⁴. Der Werkstoff kann dadurch optimal ausgenutzt werden. Sinterformteile befinden sich in Motoren und Getrieben für den Automobilbau. Die Sinter Group beschäftigt 560 MitarbeiterInnen.⁵
- **Miba Friction Group**
Hochleistungsreibbeläge, welche die Miba Friction Group herstellt, werden für Kupplungen und Bremsen verwendet. In Österreich, der USA und der Slowakei werden Reibbeläge für nass- und trockenlaufende Anwendungen entwickelt und gefertigt.⁶
- **New Technologies Group**
In diesem Bereich konzentriert sich die Miba AG auf Zukunftsmärkte. Dazu zählen Leistungselektronik-Komponenten und der Sondermaschinenbau. Mit der Herstellung von Widerständen für Hochspannungselektronik und medizinischen Geräten sowie von stationären und mobilen Sondermaschinen kann sich Miba AG auch außerhalb des Sektors Automobilbau profilieren.⁷
- **Coating Group**
Kerntechnologien im Bereich Beschichtungen sind Polymer- und Gleitlackbeschichtungen sowie galvanische Überzüge und PVD-Beschichtungen.⁸

Im Geschäftsjahr (GJ) 2010/11 (1. Februar 2010 bis 31. Jänner 2011) betrug der Umsatz der Miba AG über 437 Millionen Euro (siehe Tabelle 1). Die umsatzstärksten Bereiche sind die Gleitlager- und Sinterteilherstellung. Jährlich werden fünf Prozent des Umsatzes in Forschung und Entwicklung investiert.⁹ Die Vision der Unternehmung bis 2015 lautet: „Kein Antrieb ohne Miba Technologie“.

³ Vgl. MIBA (2011a)

⁴ Vgl. Grote/Feldhusen (2004), S. 19f.

⁵ Vgl. MIBA (2011a)

⁶ ebda.

⁷ ebda.

⁸ ebda.

⁹ Vgl. MIBA (2011c), S. 1

	2010/11	2009/10
Umsatz in Mio. €	437,2	311,8
Gleitlager	159,7	125,3
Sinterformteile	173,4	125,2
Reibbeläge	74,9	50,5
Leistungselektronik / Sondermaschinenbau	20,6	6,9
Beschichtungen	8,6	3,9
Ergebnis vor Zinsen und Steuern in Mio. €	54,5	16,4
Eigenkapitalquote in Prozent	54,9	60,1

Tabelle 1: MIBA AG - Unternehmenskennzahlen¹⁰

1.1.2 Miba Gleitlager GmbH

Die Miba Gleitlager GmbH ist spezialisiert auf Gleitlagerherstellung für Diesel- und Gasmotoren. An weltweit fünf Standorten werden die Gleitlager entwickelt, produziert und an namhafte Automobil- und Motorenhersteller geliefert. Seit 1949 wird kontinuierlich an neuen Bauarten geforscht, um die hohen Anforderung, die an Gleitlager gestellt werden, erfüllen zu können.

Gefertigt werden Halbschalen (siehe Abbildung 1-2), Anlaufringe (siehe Abbildung 1-3) und Büchsen (siehe Abbildung 1-4), welche hauptsächlich zur Lagerung von Kurbel- und Nockenwellen eingesetzt werden. Motoren mit diesen Komponenten befinden sich in Lastkraftwagen, Schiffen, Lokomotiven und Kompressoren.



Abbildung 1-2: Halbschale¹¹



Abbildung 1-3: Anlaufring¹²



Abbildung 1-4: Büchse¹³

Eine weitere Kernkompetenz der Unternehmung ist die Entwicklung von Werkstoffen auf Aluminium- und Kupferbasis. Gleitlager werden für spezielle Anwendungen ausgelegt, simuliert und an Motorprüfständen getestet. Moderne Beschichtungs-technologien wie Sputter, Galvanik und SYNTEC[®] zählen ebenfalls zum Produktportfolio.¹⁴

¹⁰ MIBA (2011c), S. 1

¹¹ MIBA (2011b)

¹² ebda.

¹³ ebda.

¹⁴ Vgl. MIBA (2011a)

1.2 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Während in Zeiten der größten Wirtschaftskrise seit dem zweiten Weltkrieg, die Firma Miba Gleitlager GmbH Anstrengungen unternahm, um die Produktion auszulasten, wächst seit Anfang 2010 die Wirtschaft wieder und die Nachfrage nach Gleitlagern steigt stetig.

Die interne Produktion für das Gleitlagervormaterial (GVP), die alle übrigen Produktionslinien beliefert, stößt aufgrund der hohen Nachfrage an ihre Leistungsgrenze. Unbekannte Engpassmaschinen limitieren die maximale Ausbringung und erhöhen den Druck auf die Fertigung. Aus diesem Grund wurde im Mai 2010 ein Vier-Schicht System eingeführt. Mehrarbeit und Überstunden sind notwendig, um Liefertermine einzuhalten.

GleitlagerkundInnen steht eine variantenreiche Produktpalette zur Verfügung. Individuelle KundInnenwünsche werden in Zusammenarbeit mit der Entwicklungsabteilung konkretisiert und umgesetzt. Der Variantenreichtum der Gleitlagerprodukte erfordert in der Produktion eine hohe Flexibilität und erschwert die Planung und Steuerung.

Eine Untersuchung der Gleitlagervormaterialproduktion soll Einflussfaktoren bestimmen, mögliche Engpässe erkennen und Vorschläge zur Effizienzsteigerung hervorbringen. Ziel ist es, eine ausreichende Kapazität an den hoch belasteten Maschinen zu schaffen.

Das breit gefächerte Produktionsprogramm beinhaltet Artikel mit unterschiedlichen Herstellabläufen und -verfahren. Resultierend ergeben sich für die Produktklassen variierende Durchlaufzeiten. Veränderungen im Produktionsmix bewirken eine längere oder kürzere Maschinenbelegung und beeinflussen die Ausstoßmenge. Ein Simulationsmodell soll den Einfluss des Produktmix abbilden und daraus die zukünftige, erwartete Maschinenauslastung errechnen.

Gleichzeitig gibt es in der GV-Abteilung Überlegungen, zusätzliche Maschinen anzuschaffen und ausgewählte Bauarten von Streifen auf eine externe, kontinuierliche Fertigung umzustellen. Diese Maßnahmen sollen den Bedarf nach zukünftigen, steigenden Produktionsmengen abdecken und die interne Produktion entlasten. Wird eine neue Maschine gekauft, stellt sich die Frage: Wenn der derzeit höchst belastete Prozessschritt durch zusätzliche Kapazitäten entlastet wird, welche Maschine begrenzt anschließend die Produktion? Im Fall der Auslagerung ausgewählter Bauarten ist hingegen die Frage nach Substitutionsprodukten vorrangig. Die Relevanz dieser Fragestellungen soll im Aufbau des Modells berücksichtigt werden.

Um den bevorstehenden Kapazitätsbedarf der Produktion abschätzen zu können, soll der Materialbedarf der nächsten vier Jahre ermittelt werden. Die Übernahme der Plandaten in das zu erstellende Modell soll die Ausgangsbasis für die zukünftige Kapazitätsplanung einzelner Maschinen bilden. Das Resultat kann als Entscheidungsgrundlage für die Anschaffung neuer Maschinen verwendet werden.

Die Ziele der Diplomarbeit sind:

- Bestimmung der Einflussfaktoren auf die Produktion
- Ermittlung der Engpassmaschinen
- Erstellung eines Modells zur Bestimmung der Auslastung von ausgewählten Bearbeitungsmaschinen unter Berücksichtigung eines vorgegebenen Produktmix
- Ausarbeitung von Vorschlägen mit Potentialabschätzung zur Kapazitätssteigerung an den Engpassmaschinen

2 Theoretische Grundlagen der Produktion

Alle Bereiche in einer Unternehmung, die an der Wertschöpfung von Gütern beteiligt sind, werden der Produktion zugeordnet. An den Eingangsgütern wird durch Entwicklung, Beschaffung, Fertigung und Qualitätswesen eine Wertsteigerung vollzogen.¹⁵

2.1 Produktionsprozess

In der Produktion eines Industrieunternehmens werden aus materiellen oder immateriellen Produktionsfaktoren mithilfe technischer Verfahren Sachgüter erzeugt. Ausgangspunkt sind bei der Herstellung von materiellen Gütern real existierende Einsatzfaktoren (Input). Dabei konzentrieren sich die Unternehmungen bei der Herstellung meist auf jene materiellen Produktkomponenten, bei denen sie ihre Kernkompetenzen besitzen. Die übrigen Vorprodukte werden von externen Zulieferern bezogen, ebenso immaterielle Güter, wie Patente, Lizenzen und Software. Durch den Einsatz der Produktionsfaktoren Arbeitskräfte, Maschinen, Transporteinrichtungen und Energien wird das Ausgangsprodukt transformiert (Throughput) und es entsteht ein wertgesteigertes Erzeugnis (Output).¹⁶ Der Ablauf des Produktionsprozesses wird in Abbildung 2-1 dargestellt.

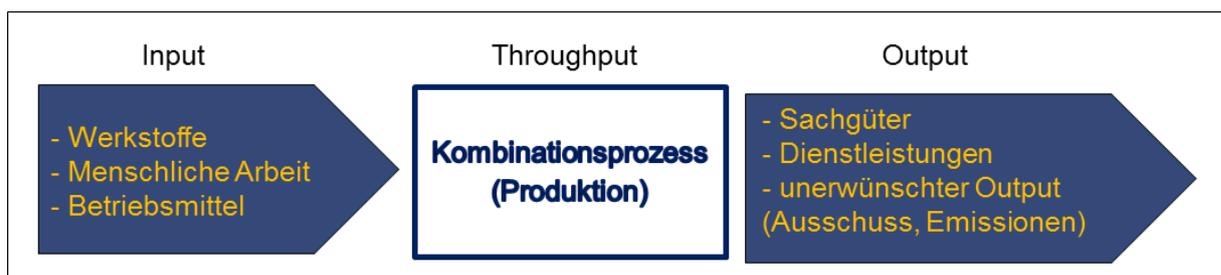


Abbildung 2-1: Produktionsprozess¹⁷

¹⁵ Vgl. Refa (2003), S. 19

¹⁶ Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 2ff.

¹⁷ In Anlehnung an: Bloech et al. (2004), S. 4

2.2 Produktionsfaktoren

Produktionsfaktoren, die längerfristig zur Leistungserstellung benutzt werden, sind Potential- oder Nutzungsfaktoren (siehe Abbildung 2-2). Dazu zählen Betriebsmittel, wie Maschinen und Einrichtungen sowie Gebäude und Grundstücke. Nichtmaterielle Faktoren, wie Patente und Lizenzen, können zwar zeitlich begrenzt sein, stehen jedoch ebenfalls längerfristig zur Verfügung. Zu den Repetier- oder Verbrauchsfaktoren zählen Werkstoffe, wie Rohstoffe, Vorprodukte (Halbzeuge und Fremtteile), Hilfsstoffe und Betriebsstoffe, sowie Energiequellen, wie Strom, Wasser und Gas. Diese Faktoren werden bei ihrer Verwendung verbraucht und stehen nicht mehr zur Verfügung. Fremde Dienstleistungen, beispielsweise von Banken und Versicherungen, Infrastruktur- und Umweltbeanspruchung werden als Zusatzfaktoren bezeichnet und können nur schwer in Mengeneinheiten gemessen werden.¹⁸

Produktionsfaktoren				
Potential- oder Nutzungsfaktoren		Repetier- oder Verbrauchsfaktoren		
Arbeit(skräfte)	Betriebsmittel - Grundstücke - Gebäude - Maschinen - Patente - Lizenzen	Zusatzfaktoren - Fremde Dienstleistungen - Infrastruktur - Umwelt	Werkstoffe: - Rohstoffe - Vorprodukte - Hilfsstoffe - Betriebsstoffe	Energie: - Strom - Wasser - Gas

Abbildung 2-2: Produktionsfaktoren¹⁹

2.3 Produktionsmanagement

Das Produktionsmanagement soll einen wirtschaftlichen Ablauf der Produktion durch Erfüllung von festgelegten Aufgaben gewährleisten.²⁰ Zu den Aufgaben zählen die Produktionsplanung, Produktionssteuerung und Produktionskontrolle.

2.3.1 Produktionsplanung

Die Produktionsplanung umfasst die Definition der zu erreichenden Ziele und die Umsetzung der Ziele für den Produktionsbereich, den Willensbildungsprozess. Dazu zählt die Planung des Produktionsprogramms, der Produktionsprozesse und der Produktionsfaktoren.²¹

¹⁸ Vgl. Neumann (1996), S. 2; Vgl. Zäpfel (1982), S. 2ff.

¹⁹ In Anlehnung an: Neumann (1996), S. 2

²⁰ Vgl. Hachtl/Holzbaaur (2010), S. 67f.

²¹ Vgl. Neumann (1996), S. 3; Vgl. Zäpfel (1982), S. 31f.

Im Produktionsprogramm wird der zu erwartende Absatz der fertigen Erzeugnisse für einen bestimmten Planungszeitraum festgestellt (Output). Die Anzahl der Vor- und Zwischenprodukte, sowie das optimale Verfahren werden von der Prozessplanung festgelegt. Die dafür notwendigen Mengen zur richtigen Zeit am richtigen Ort bereitzustellen, ist die Aufgabe der Produktions-Faktorplanung.²²

In der Prozessplanung werden nach dem Wiederholungsgrad folgende Fertigungstypen unterschieden:

- **Einzelfertigung**

Jede produzierte Mengeneinheit benötigt einen eigenen Auftragseingang und pro Planungsperiode werden nur einige wenige Objekte gefertigt. Es kann zu einer Wiederholung kommen, jedoch müssen die Betriebsmittel wieder neu eingerichtet werden.²³ Kennzeichnend sind meist zahlreiche Stücklistenpositionen, viele Strukturstufen und eine geringe konstruktive Ähnlichkeit²⁴. Diese Form ist im Sondermaschinenbau, in der Schiffsfertigung und im Brückenbau üblich.²⁵

- **Serienfertigung**

Eine Produktart wird gleichzeitig oder unmittelbar aufeinanderfolgend auf festgelegten Betriebsmitteln produziert. Nach Fertigstellung des Auftrags wird die Maschine umgerüstet und eine neue Produktart wird in einer bestimmten Losgröße oder Serie gefertigt. Je nach Größe der Serien handelt es sich um eine Klein-, Mittel- oder Großserienfertigung. Die Kleinserie weist dabei Ähnlichkeiten zur Einzelfertigung auf und ist u.a. im Anlagenbau und Schwermaschinenbau zu finden. Die Großserienfertigung ist mit der Massenfertigung vergleichbar.²⁶ Charakterisierend für die Serienfertigung sind eine typenbezogene konstruktive Ähnlichkeit, zahlreiche Stücklistenpositionen und Strukturstufen.²⁷ Die KundInnen haben meist noch einen begrenzten Einfluss auf die Produkteigenschaften. Die Fertigung erfolgt überwiegend auf Lager. Anwendungsgebiete sind die Automobilindustrie, der Motoren- und Maschinenbau, bei denen mehrere Produkte, in festgelegten Losgrößen, ununterbrochen gefertigt werden.²⁸

- **Sortenfertigung**

Hier werden mehrere Varianten eines Grundproduktes hergestellt, die in Art, Größe und Qualität verwandt sind. Anwendungsgebiete sind die Textilindustrie, Flaschenfertigung und Brauereien.²⁹

²² Vgl. Neumann (1996), S. 3

²³ Vgl. Refa (2003), S. 58

²⁴ Vgl. Kautz (1996), S. 64

²⁵ Vgl. Neumann (1996), S. 4; Vgl. Refa (2003), S. 58

²⁶ Vgl. Arnold et al. (2008), S. 271; Vgl. Neumann (1996), S. 4; Vgl. Refa (2003), S. 58f.

²⁷ Vgl. Kautz (1996), S. 64

²⁸ Vgl. Neumann (1996), S. 4; Vgl. Refa (2003), S. 58f.

²⁹ Vgl. Refa (2003), S. 58

- Massenfertigung

Ein Produkt oder eine Produktart wird kontinuierlich auf einer Anlage hergestellt. Die Betriebsmittel sind hoch automatisiert, um wirtschaftlich und kostengünstig zu produzieren. Merkmalsausprägungen der Massenfertigung sind wenige Stücklistenpositionen und Strukturstufen, aber eine hohe konstruktive Ähnlichkeit. Gefertigt werden Massenkonsumartikel und Normteile, wie Schrauben, Muttern und Glühbirnen.³⁰

2.3.2 Produktionssteuerung

Die Produktionssteuerung veranlasst alle notwendigen Maßnahmen, um die Aufgaben erwartungsgemäß zu erledigen. Die Tätigkeiten umfassen das Veranlassen, Überwachen und Sichern von Produktionsaufgaben.³¹

2.3.3 Produktionskontrolle

Die Aufgabe der Produktionskontrolle ist die Überwachung des Ist-Verlaufes. Bei Abweichung zum Soll-Verlauf wird auf Divergenzen hingewiesen und ein korrigierender Eingriff in die Produktionssteuerung veranlasst. Nicht erwartungsgemäß erfüllte Aufgaben können zu Produktionsplanänderungen führen.³²

³⁰ Vgl. Refa (2003), S. 58; Vgl. Kautz (1996), S. 65

³¹ Vgl. Neumann (1996), S. 4; Vgl. Dangelmaier (2003), S. 58

³² Vgl. Neumann (1996), S. 4

2.4 Organisationsformen der Produktion

Die Produktion kann nach ihrer räumlichen Struktur in die Werkbankfertigung, Werkstattfertigung, Reihen- und Linienfertigung, Fließfertigung, Zentrenfertigung und Baustellenfertigung unterteilt werden.

2.4.1 Werkbankfertigung

Die Werkbankfertigung ist eine Organisationsform, die aus dem Ein-Mann-Handwerksbetrieb entstanden ist. In Einzel- oder Gruppenarbeitsplätzen erfolgt eine Zentralisierung der Arbeitskräfte, die keinen Übergang zu anderen Arbeitssystemen benötigen.³³ Um ein ortsfestes Betriebsmittel sind Menschen und bewegliche Arbeitsgegenstände, wie Werkzeuge und Werkstoffe, gruppiert. Da keine Arbeitsteilung mit anderen Systemen besteht, sind relativ hohe Durchlaufzeiten die Folge. Typische Anwendungsgebiete sind die Werkzeugherstellung, die Anfertigung eines Modells oder Reparaturen an Werkzeugen und Betriebsmitteln.³⁴

2.4.2 Werkstattfertigung

Bei der Werkstattfertigung sind gleiche oder gleichartige Produktionsmaschinen nach dem Verrichtungsprinzip räumlich zusammengefasst (siehe Abbildung 2-3). Sie ist eine Weiterentwicklung der Werkbankfertigung, bei der eine Arbeitsteilung zur Erstellung der Produkte stattfindet. Es entstehen Werkstätten mit ortsfesten Arbeitskräften und Betriebsmitteln und beweglichen Arbeitsgegenständen. Die flexible Fertigung erlaubt die Berücksichtigung individueller KundInnenwünsche, wie Lieferzeitpunkt und Fertigungsmenge. Aufgrund der komplizierten, meist überschneidenden Materialflüsse können ablaufbedingte Wartezeiten auf die Bearbeitung an der Maschine oder den Transport auftreten. Bei der Einzelteilerfertigung führt der Variantenreichtum an Arbeitsgegenständen zu einer starken Streuung der Liegezeiten. In der Kleinserienfertigung werden ähnliche Arbeitsgegenstände in Serien zusammengefasst, um Rüstzeiten bei einem Wechsel der Lose zu reduzieren. Diese Losfertigung und losweise Teileweitergabe führt an den Arbeitsplätzen zur Bildung von Beständen. Die Forderung nach kurzen Durchlaufzeiten und hoher Kapazitätsauslastung resultiert in einer aufwendigen Planungs- und Steuerungslogik. Abbildung 2-3 zeigt eine Werkstattfertigung nach dem Verrichtungsprinzip, wie sie im Maschinenbau üblich ist.³⁵

³³ Vgl. Wildemann (2004), S. 1183

³⁴ Vgl. Refa (2003), S. 74

³⁵ Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 14f.; Vgl. Refa (2003), S. 75ff.; Vgl. Wildemann (2004), S. 1183

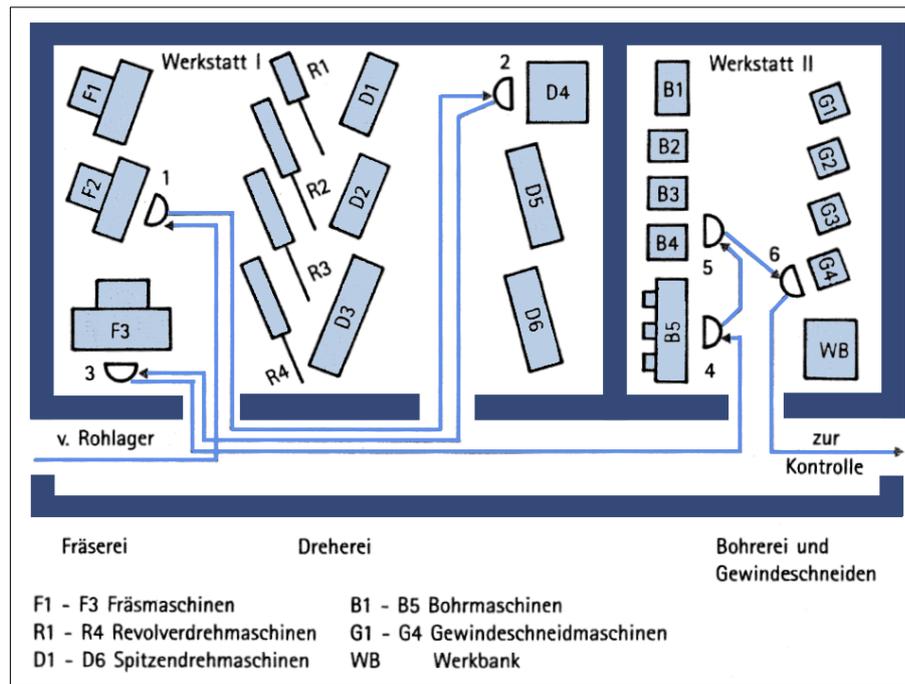


Abbildung 2-3: Werkstattfertigung³⁶

2.4.3 Reihen- und Linienfertigung

Dieser Organisationstyp ist nach dem Flussprinzip, ohne zeitliche Bindung der Arbeitsgänge strukturiert. Im Gegensatz zur Werkstattfertigung werden, aufgrund der hohen Anzahl an ähnlichen Fertigungsteilen die Betriebsmittel nach ihrer Reihenfolge im Arbeitsplan angeordnet. Puffer zwischen den einzelnen Arbeitssystemen dienen zur Speicherung vorgegebener Stückzahlen, um etwaige Schwankungen abzuschwächen. Die Produkte besitzen einen weitgehend gleichartigen Materialfluss, wobei einzelne Prozessschritte übersprungen werden können.³⁷ Obwohl keine zeitliche Bindung besteht, kann es bei gleichen Tages- oder Wochenmengen zu einer Interdependenz kommen. Einsatzgebiete der Reihenfertigung sind die Reifenherstellung und der Maschinenbau.³⁸ Abbildung 2-4 zeigt eine Reihenfertigung mit Pufferplätzen zwischen den Arbeitsplätzen.

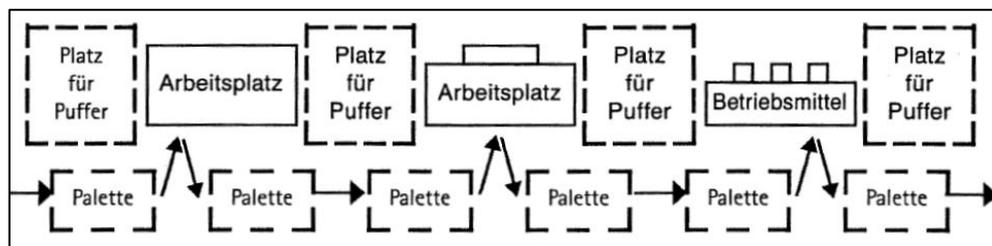


Abbildung 2-4: Reihenfertigung³⁹

³⁶ Refa (2003), S. 76

³⁷ Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 15f.; Vgl. Refa (2003), S. 84

³⁸ Vgl. Neumann (1996), S. 5; Vgl. Refa (2003), S. 84

³⁹ Refa (2003), S. 84

2.4.4 Fließfertigung

Der Unterschied zwischen Fließfertigung und Reihen- und Linienfertigung besteht in der zeitlichen Bindung aufeinanderfolgender Prozessschritte. Diese zeitliche Bindung, die sogenannte Taktzeit, ist die Zeit, die für die Bearbeitung einer Mengeneinheit zur Verfügung steht und sie wird abgestimmt, um ein ablaufbedingtes Liegen der Produkte zu vermeiden. Das Transportmittel zwischen den Arbeitsplätzen (Förderband, Fließband) wird kontinuierlich oder getaktet bewegt (siehe Abbildung 2-5). Sind die einzelnen Arbeitsgegenstände unabhängig voneinander bewegbar, wird der asynchrone Materialfluss als Fließbandfertigung bezeichnet (Spraydosenabfüllung, Automobilbau). In einer starren Verkettung oder Transferstraße sind die Werkstücke fest mit dem Fördermittel verbunden. Dieser synchrone Materialfluss erweist sich vor allem in der Motorenfertigung und im Apparatebau als vorteilhaft.⁴⁰ Die räumliche und zeitliche Hintereinanderschaltung der Arbeitsabläufe ergibt kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Transparenz für die Überwachung und Steuerung. Störungen im geplanten Ablauf werden sofort erkannt und müssen rasch beseitigt werden. Ansonsten entsteht, infolge der starren Verkettung und der Taktzeit, eine Unterbrechung der gesamten Fertigungs- oder Montagelinie. Bei einer losen Verkettung kann dieser Effekt durch vorgesehene Puffer abgeschwächt werden.⁴¹ Weitere Vorteile der Fließfertigung sind minimale Förderwege und –kosten, bei aufeinander abgestimmten Kapazitäten eine hohe Auslastung und aufgrund der geringen Durchlaufzeit eine Reduzierung der Kapitalbindungskosten. Dadurch ist die Fließfertigung der kostengünstigste Fertigungsprozess.⁴² Nachteilig sind die geringe Flexibilität und die hohen Investitionskosten für Spezialmaschinen, Transport- und Handhabungseinrichtungen. Bei einem Wechsel der Produktart entstehen hohe Rüst- und Änderungskosten, wodurch die Fließfertigung hauptsächlich in der Serien- und Massenfertigung eingesetzt wird.⁴³

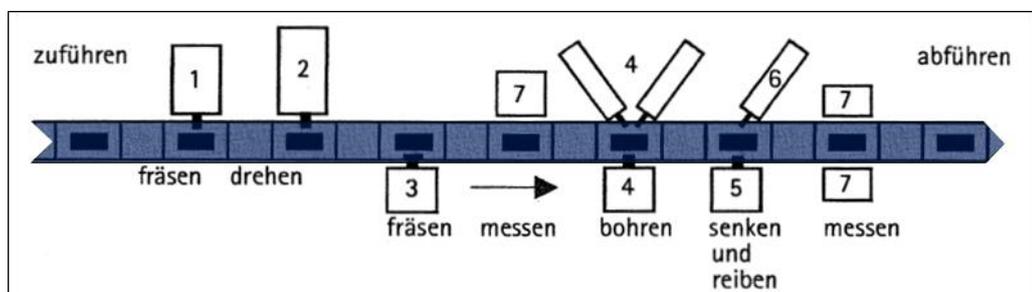


Abbildung 2-5: Fließarbeit⁴⁴

⁴⁰ Vgl. Neumann (1996), S. 5; Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 16f.

⁴¹ Vgl. Refa (2003), S. 100

⁴² Vgl. Wildemann (2004), S. 1183

⁴³ Vgl. Refa (2003), S. 100

⁴⁴ Refa (2003), S. 86

2.4.5 Zentrenfertigung

Im Konzept der Zentrenfertigung werden die einzelnen Maschinen räumlich nach dem Objektprinzip zusammengefasst. Im Gegensatz zur Reihen- und Linienfertigung sowie der Fließfertigung ist ein beliebiger Materialfluss umsetzbar. Es werden Produkte hergestellt, die möglichst vollständig gefertigt werden können und Ähnlichkeiten aufweisen. Eine Variante der Zentrenfertigung ist die flexible Fertigungszelle, bei der die Produktion und der Materialfluss automatisiert sind. Mehrere numerisch gesteuerte Betriebsmittel werden von einem automatisierten Transportsystem versorgt. Bei der Fertigungsinsel wird ein komplettes Produkt ohne Arbeitsteilung zwischen Fertigung und Planung von den GruppenmitarbeiterInnen produziert. Alle für die Bearbeitung von ähnlichen Teilefamilien notwendigen Maschinen werden räumlich in der Fertigungsinsel angeordnet, wodurch ein einfacher Materialfluss mit kurzen Transportzeiten möglich wird.⁴⁵

2.4.6 Baustellenfertigung

Bei der Baustellenfertigung werden zu einem ortsfesten Fertigungsgegenstand bewegliche Produktionsfaktoren gebracht. Diese Organisationsform ist im Anlagenbau, Schiffs- und Flugzeugbau und in der Bauindustrie weit verbreitet⁴⁶. Vorteilhaft ist die hohe Flexibilität bei Störungen durch den Austausch von Prozessschritten und dass üblicherweise kein Transport notwendig ist. Falls doch, entstehen durch Sonder- und Schwertransporte sehr hohe Kosten. Nachteil der Baustellenfertigung ist der hohe Transportaufwand zur Bereitstellung aller Betriebsmittel und Materialien am Produktionsort.⁴⁷

⁴⁵ Vgl. Neumann (1996), S. 5; Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 17ff.; Vgl. Refa (2003), S. 94ff.

⁴⁶ Vgl. Neumann (1996), S. 4f.; Vgl. Wildemann (2004), S. 1183

⁴⁷ Vgl. Refa (2003), S. 102f.

2.5 Ziele der Produktion

Bei den Unternehmungszielen wird differenziert zwischen monetären und nicht-monetären Zielen. Zu den monetären Zielen zählen Gewinnmaximierung, Umsatzstreben, Liquidität, Kapitalerhaltung und Kostenminimierung. Man spricht auch von messbaren, quantitativen Zielen. Nicht-Monetäre Ziele können sowohl quantitative (Erhöhung des Marktanteils, Wachstum) als auch qualitative Ziele, wie KundInnenzufriedenheit, MitarbeiterInnenzufriedenheit, Unabhängigkeit und Flexibilität sein. Die qualitativen Ziele lassen sich nur bedingt messen.⁴⁸

Im Produktionsbereich überwiegen die monetären Ziele mit Schwerpunkt auf eine hohe Ausbringung bei hoher Kapazitätsauslastung. Um wirtschaftlich zu fertigen, wird des Weiteren eine Kostenminimierung angestrebt. Geplante Produktionsmengen sollen möglichst kostengünstig hergestellt werden. Weitere typische Ziele sind geringer Faktoreinsatz, kurze Durchlaufzeiten und hohe Termintreue.⁴⁹

2.5.1 Basisziele der Produktion

Ziele in der Produktion sind sehr mannigfaltig und erfordern eine individuelle Anpassung an die Unternehmung. Dabei spielen Kosten, Qualität und Zeit meist eine übergeordnete Rolle. Im weiteren Verlauf sollen die Ziele der Produktion auf vier Basisziele zurückgeführt werden (siehe Abbildung 2-6).⁵⁰

Variabilität	Qualität	Geschwindigkeit	Wirtschaftlichkeit
z.B: - Variantenbreite - Kundenspezifik - Maschinenflexibilität - Wandlungsfähigkeit	z.B: - Gutasbeute - Nacharbeitsquote - Ergonomie - Arbeitssicherheit - Termintreue	z.B: - Produktions-Durchlaufzeit - Bearbeitungszeit - Rüstzeit	z.B: - Produktivität - Verfügbarkeit - Materialausnutzung - Auslastung

Abbildung 2-6: Vier Basisziele einer Produktion⁵¹

⁴⁸ Vgl. Bloech et al. (2004), S. 9ff.; Vgl. Eversheim (1981), S. 12

⁴⁹ Vgl. Bloech et al. (2004), S. 9ff.

⁵⁰ Vgl. Erlach (2007), S. 13

⁵¹ In Anlehnung an: Erlach (2007), S. 14

Das Basisziel Variabilität beschreibt die Flexibilität, die Fähigkeit auf kurzfristige Nachfrageschwankungen am Markt zu reagieren, und die Wandlungsfähigkeit einer Unternehmung. Die Wandlungsfähigkeit ist das strukturelle Reaktionsvermögen, sich an kurz- und mittelfristige Änderungen anzupassen.⁵² Die bewältigbare Breite der Produktpalette wird ebenfalls durch die Variabilität beschrieben. Ein breites Produktionsspektrum besitzt eine hohe Anzahl an Grundprodukten und Varianten jedes Grundproduktes. Grundprodukte haben keine oder nur wenige Gemeinsamkeiten, während Varianten von Grundprodukten in Art, Form, Qualität und Größe ähnlich sind. Jede Unternehmung entscheidet wie viele Ausführungsformen eines Grundproduktes gefertigt werden und bestimmt damit die Variabilität der Produktion.⁵³

Die Qualität einer Fertigung ist geprägt von der Ausschussrate bzw. Gutasbeute des Produktionsprozesses. Die Anzahl der Abweichungen von der Toleranzgrenze beeinflusst die Nacharbeitsquote und ist ebenfalls der Qualität zuzuordnen. Diese beiden Messgrößen beschreiben die Stabilität und Genauigkeit des Produktionsprozesses. Die Lieferfähigkeit bzw. Termintreue gibt an, wie exakt Liefertermine eingehalten werden.⁵⁴

Die Geschwindigkeit einer Produktion beschreibt die Dauer der Haupt- und Nebentätigkeiten. Jene Zeit, die zwischen dem Herstellungsbeginn eines Auftrags und der Fertigstellung des Produktes verstreicht, ist die Durchlaufzeit⁵⁵. Sie wird auch als Wiederbeschaffungszeit bezeichnet⁵⁶. Die Lieferzeit, ist die marktseitige Durchlaufzeit und erweitert die Produktionsdurchlaufzeit um administrative Auftragsabwicklung. Als ein Teil des Basisziels Geschwindigkeit ist auch die Dauer der Rüstzeiten einzuordnen. Nicht nur die wertschöpfenden Prozessabläufe wirken auf die Geschwindigkeit, auch die Nebentätigkeiten geben an, wie zeitaufwändig ein Prozessschritt ist. Die Anzahl und Dauer von Betriebs- bzw. Maschinenstörungen ist ausschlaggebend für die Effizienz einer Produktion.⁵⁷

Die Wirtschaftlichkeit ist die Leistung im Verhältnis zu den Kosten⁵⁸. Sie umfasst die Produktivität der Fertigung, die Personalproduktivität und Materialausnutzung. Die Kosten stehen im Zusammenhang mit den Anforderungen der anderen Basisziele (Variabilität, Qualität und Geschwindigkeit). Denn oftmals ist die Höhe der Kosten Grund für wechselseitige Konflikte bei der Zielerreichung. Ebenso ist die Auslastung der Kapazitäten ein Ziel der Wirtschaftlichkeit.⁵⁹

⁵² Vgl. Erlach (2007), S. 14

⁵³ Vgl. Zäpfel (1982), S. 50

⁵⁴ Vgl. Erlach (2007), S. 14

⁵⁵ Vgl. Pawellek (2007), S. 33ff.

⁵⁶ Vgl. Kernler (1993), S. 19

⁵⁷ Vgl. Erlach (2007), S. 14ff.

⁵⁸ Vgl. Zäpfel (1982), S. 25

⁵⁹ Vgl. Erlach (2007), S. 15

2.5.2 Leistungskennzahlen

Als Leistungskennzahlen sind häufig Einsatz-Ausbringungs-Beziehungen in Verwendung. Die Beziehungen der Produktivität, Wirtschaftlichkeit und Rentabilität werden im Folgenden näher erläutert.

Produktivität

Die Produktivität ist das Verhältnis zwischen Output (Ausbringungsmenge) und Input (Faktoreinsatzmenge) und beschreibt die mengenmäßige Ergiebigkeit (siehe Formel 1).⁶⁰

$$\text{Produktivität} = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{Faktoreinsatzmenge}}$$

Formel 1: Produktivität⁶¹

Unterschiedliche Maßstäbe bei den Mengen und Produktionsfaktoren führen oft zu Problemen bei der Berechnung der Gesamtproduktivität. Daher wird die Bildung von Teilproduktivitäten empfohlen. Diese sind beispielhaft die Arbeits-, Maschinen- und Materialproduktivität (siehe Formel 2 bis 4).⁶²

$$\text{Arbeitsproduktivität [\#/Arbeitsstunde]} = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{eingesetzte Arbeitsstunden}}$$

Formel 2: Arbeitsproduktivität⁶³

$$\text{Maschinenproduktivität [\#/Maschinenstunde]} = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{eingesetzte Maschinenstunden}}$$

Formel 3: Maschinenproduktivität⁶⁴

$$\text{Materialproduktivität [\#/kg]} = \frac{\text{Ausbringungsmenge}}{\text{eingesetztes Material}}$$

Formel 4: Materialproduktivität⁶⁵

⁶⁰ Vgl. Zäpfel (1982), S. 23ff.; Vgl. Bloech et al. (2004), S. 10

⁶¹ Zäpfel (1982), S. 23

⁶² Vgl. Zäpfel (1982), S. 23ff.; Vgl. Adam (1998), S. 286ff.; Vgl. Spur (2008), L3

⁶³ Spur (2008), L3

⁶⁴ Zäpfel (1982), S. 24

⁶⁵ Spur (2008), L3

Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit ist die Beziehung zwischen wertmäßigem Output (Leistung) und wertmäßigem Input (Kosten) (siehe Formel 5).⁶⁶

$$\text{Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Leistung}}{\text{Kosten}}$$

Formel 5: Wirtschaftlichkeit⁶⁷

Der Zusammenhang zwischen Leistung und Kosten kann auf drei Arten interpretiert werden⁶⁸:

- Sind die Kosten vorgegeben muss das Ziel die Maximierung der Leistung sein (Maximalprinzip)
- Bei konstanter Leistung sollen die Kosten ein Minimum anstreben (Minimalprinzip)
- Das Verhältnis soll maximiert werden

Diese Leistungskennzahl ist eine statische Betrachtungsweise und sagt nichts über die zeitliche Reihenfolge und einzelnen Schritte der Produktionsprozesse aus. Für eine langfristige Unternehmungsplanung ist diese Kennzahl nicht geeignet.⁶⁹

Rentabilität

Die Rentabilität beschreibt den Anteil, mit dem das eingesetzte Kapital in einer Zeitperiode verzinst wird⁷⁰. Neben der allgemeinen Rentabilität können auch die Eigenkapital- und Gesamtkapitalrentabilität bestimmt werden (siehe Formel 6-8).

$$\text{Rentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Kapital}} * 100$$

Formel 6: Rentabilität⁷¹

$$\text{Eigenkapitalrentabilität} = \frac{\text{Gewinn}}{\text{Eigenkapital}} * 100$$

Formel 7: Eigenkapitalrentabilität⁷²

$$\text{Gesamtkapitalrentabilität} = \frac{\text{Gewinn} + \text{Fremdkapitalzins}}{\text{Gesamtkapital}} * 100$$

Formel 8: Gesamtkapitalrentabilität⁷³

⁶⁶ Vgl. Zäpfel (1982), S. 25f.; Vgl. Bloech et al. (2004), S. 10

⁶⁷ Zäpfel (1982), S. 25

⁶⁸ Vgl. Zäpfel (1982), S. 25f.; Vgl. Bloech et al. (2004), S. 10; Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 3f.

⁶⁹ Vgl. Günther/Tempelmeier (2004), S. 3f.

⁷⁰ Vgl. Zäpfel (1982), S. 25f.

⁷¹ Zäpfel (1982), S. 26

⁷² Stiefl (2005), S. 118

⁷³ ebda.

2.6 Polylemma der Produktionsablaufplanung

Bei konkurrierenden Zielen führt die Verbesserung des einen Ziels zur Verschlechterung des anderen Ziels. E. Gutenberg beschreibt diese Zwangslage, bei der Wahl von zwei Zielen, als Dilemma.⁷⁴ Kann zwischen mehr als zwei Zielgrößen entschieden werden, entsteht, in Anlehnung an das Dilemma, das Polylemma. Prinzipiell ist nach dieser Theorie nicht ein Ziel zu maximieren, sondern der Einfluss auf alle Teilziele muss in Betracht gezogen werden. Die Ziele in Unternehmungen können sehr unterschiedlich sein und meist besteht noch eine Gewichtung der Teilziele.⁷⁵

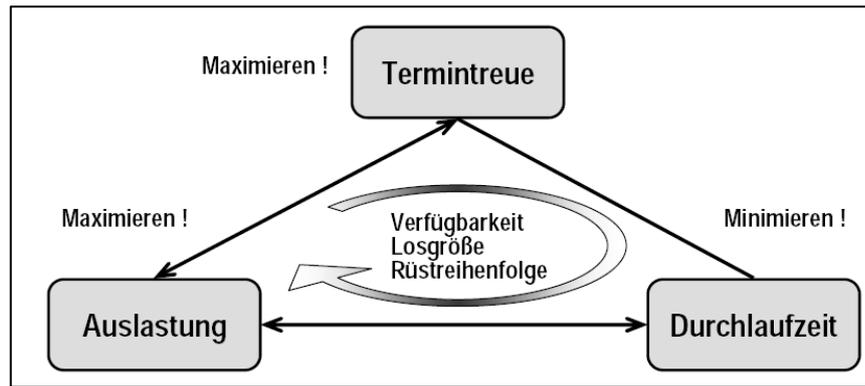
2.6.1 Ablaufplanungspolylemma

In der Ablauf- und Terminplanung einer kundInnenbezogenen Produktion besteht die Forderung nach einer genauen Einhaltung der Liefertermine. Die Termintreue ist zu maximieren, da die KundInnen bei einer nicht zeitgerechten Lieferung direkt betroffen sind (Basisziel: Qualität). Um zugesagte Liefertermine, auch bei schwankender Produktnachfrage, einhalten zu können, muss ein ausreichendes Kapazitätsangebot zur Verfügung stehen. Eine hohe Auslastung der verfügbaren Kapazitäten resultiert in niedrigen und wettbewerbsfähigen Produktionskosten (Basisziel: Wirtschaftlichkeit). Um dieses Ziel zu erreichen ist ein konstanter, hoher Kapazitätsbestand notwendig, der bei einer schwankenden Nachfrage zu ungleichmäßigen Durchlaufzeiten führt. Dies hat wiederum Rückwirkungen auf die Termintreue, da nur durch planbare Durchlaufzeiten die festgelegten Termine eingehalten werden können. Setzt man sich als Ziel die Durchlaufzeiten zu stabilisieren und zu minimieren (Basisziel: Geschwindigkeit), besteht die Möglichkeit in Kapazitätserweiterungen zu investieren (Betriebsmittel und Personal). Dieses Teilziel steht jedoch mit dem Basisziel Wirtschaftlichkeit in Konflikt, da die Stückkosten durch nicht optimal ausgenutzte Kapazitäten steigen. Es zeigt sich, dass ein Gesamtoptimum kaum zu erreichen ist.⁷⁶ Abbildung 2-7 veranschaulicht die Zielkonflikte und Einflussgrößen im Ablaufplanungspolylemma.

⁷⁴ Vgl. Gutenberg (1973), S. 215f.

⁷⁵ Vgl. Kernler (1993), S. 18; Vgl. Nebl (2007), S. 811

⁷⁶ Vgl. Nyhuis/Wiendahl (2003), S. 4ff.; Vgl. Erlach (2007), S. 17f.; Vgl. Kernler (1993), S. 18f.

Abbildung 2-7: Ablaufplanungspolylemma⁷⁷

Zusätzliche Auswirkungen auf diese Zwangslage haben ungeplante Stillstände, hervorgerufen durch fehlende technische Verfügbarkeit. Diese mindern das Kapazitätsangebot, wirken auf die Durchlaufzeit und beeinflussen die Termintreue. Nicht optimale Losgrößen und deren Einsatzreihenfolge bilden weitere Restriktionen der Zielerfüllung.⁷⁸ Hohe Rüstzeiten und nicht optimale Rüstreihenfolgen reduzieren die verfügbare Kapazität und stehen in Konflikt mit niedrigen Herstellungskosten.⁷⁹

2.6.2 Zielpolylemma der Produktion

Im Zielpolylemma der Produktion wird zusätzlich zu dem Konflikt bei drei entgegengesetzten Zielen, ein viertes Basisziel, die Variabilität, mit einbezogen. Es müssen somit vier unabhängige Dimensionen beachtet werden.

Die Ausprägung der Zielkonflikte ist dabei unterschiedlich stark und kann in folgende vier Kategorien eingeteilt werden:⁸⁰

Der kontradiktorische Zielwiderspruch ist die stärkste Form des Widerspruchs. Wird ein Ziel erfüllt, führt die entgegengesetzte Zielerreichung zu einem verschlechterten Erreichungsgrad des zweiten Ziels.

Der konträre Widerspruch ist eine abgeschwächte Form des kontradiktorischen Zielwiderspruchs und beschreibt eine Unverträglichkeit der beiden Ziele. Die Verbesserung beider Ziele ist nicht möglich, jedoch muss die Erfüllung des ersten Ziels keine Verschlechterung des anderen Ziels bewirken.

Bei der Zielunterordnung wird davon ausgegangen, dass ein Ziel grundsätzlich leichter zu erreichen ist als ein Zweites.

⁷⁷ Erlach (2007), S. 18

⁷⁸ Vgl. Erlach (2007), S. 18

⁷⁹ Vgl. Kernler (1993), S. 18f.

⁸⁰ Vgl. Erlach (2007), S. 24f.

Die Zielverträglichkeit ermöglicht die gleichzeitig Verbesserung zweier Ziele. Die Erfüllung eines Ziels bringt einen höheren oder gleichbleibenden Erfüllungsgrad des zweiten angestrebten Ziels mit sich.⁸¹

Die Gegenüberstellung der vier Basisziele ergibt sechs mögliche Beziehungen (vier Seiten und zwei Diagonalen). Je nach Stärke der Zielkonflikte wird jede Oppositionsstellung einer der vier beschriebenen Ausprägungsarten zugeordnet. Die Basisziele und die Beziehungen zueinander lassen sich im logischen Zielquadrat darstellen (siehe Abbildung 2-8). Die Anordnung der Basisziele ist nicht beliebig, sondern resultiert aus der Art der Konfliktbeziehungen.

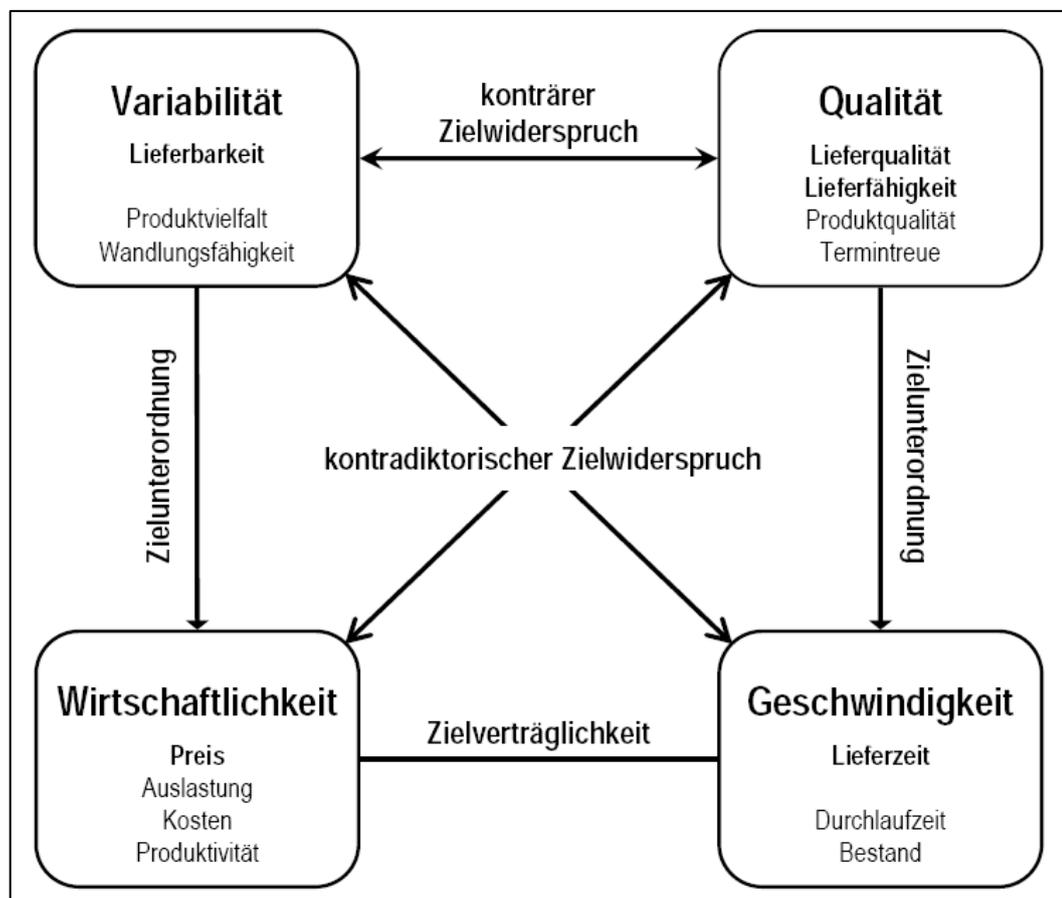


Abbildung 2-8: Das logische Zielquadrat mit sechs Beziehungen⁸²

Im Folgenden werden die einzelnen Beziehungen näher erklärt:

- **Qualität und Wirtschaftlichkeit – kontradiktorischer Widerspruch**
Die gemeinsame Verbesserung der beiden Ziele Qualität und Wirtschaftlichkeit steht im starken Widerspruch. Eine höhere Qualität ist in der Regel mit Mehrkosten verbunden und beeinträchtigt das Ziel der Wirtschaftlichkeit. Gesteigerte Produktqualität, qualitativ hochwertige Ressourcen und Materialien,

⁸¹ Vgl. Erlach (2007), S. 24f.

⁸² Erlach (2007), S. 26

teure MitarbeiterInnenqualifizierung und verbesserte Qualitätssicherungsmaßnahmen erhöhen einerseits die Wertschöpfung am Produkt, verteuern jedoch andererseits den Herstellprozess. Wird nicht in die Produktion investiert, steigen der Ausschuss oder die Nacharbeiten an und heben die Kosten pro Stück. Die Zielvariante durch Erhöhung der Losgröße die Wirtschaftlichkeit zu steigern, verringert die Qualität der Logistik. Größere Lose steigern zwar die Auslastung, führen aber aufgrund der langen Bearbeitungsdauer zu schwankenden Durchlaufzeiten und folglich zu schwankender Termintreue. Ziel dieser Konfliktbeziehung sollte es sein, die passende Qualität für den aktuellen Marktpreis herzustellen.⁸³

- Variabilität und Geschwindigkeit – kontradiktorischer Widerspruch
Die Variabilität beschreibt die Vielfalt der Produktpalette, die Flexibilität und Wandelbarkeit der Unternehmung.⁸⁴ Eine Erhöhung der Variabilität führt üblicherweise zu höheren Beständen und zu längeren Durchlaufzeiten in der Produktion. Ist die Zielvorgabe eine kurze Lieferzeit, kann durch eine Produktion auf Lager der Zeitanteil zwischen Auftragseingang und Versand zu den KundInnen wesentlich verkürzt werden⁸⁵. Lagerfertigung ist jedoch nur bei einer geringen Anzahl an unterschiedlichen Produkten möglich. Je mehr das Produkt dem individuellen KundInnenwunsch entspricht, desto länger müssen die KundInnen auf diese Ware warten. Der Unterscheidungspunkt der Varianten soll daher im Prozessablauf so spät wie möglich gewählt werden. Für eine flexible Bearbeitungsmaschine gilt, dass mit steigender Produktvielfalt die Anzahl der Werkzeuge, die Aufspannvorrichtungskomplexität und Bearbeitungszeit zunehmen.⁸⁶
- Variabilität und Qualität – konträrer Zielwiderspruch
Eine Erhöhung der Variabilität durch Fertigung kundenspezifischer Produkte steht im Konflikt mit der Einhaltung der Qualitätsziele. Umgekehrt schaffen gesteigerte Qualitätsansprüche ein schwieriges Umfeld für Flexibilität und Produktvielfalt. Individuelle KundInnenprodukte erhöhen zudem das Risiko einer zeitlichen Verzögerung. Unausgereifte Konstruktionen und Kinderkrankheiten können, im Gegensatz zu Serienprodukten, zu Qualitätsproblemen, Lieferschwierigkeiten und Terminverschiebungen führen. Zu einer Abschwächung des Konflikts wird eine langsame Steigerung der Anforderungen empfohlen. Dies ermöglicht dem anderen Ziel sich mit zu verbessern und den Gegensatz zu verringern.⁸⁷

⁸³ Vgl. Erlach (2007), S. 25f.; Vgl. Schönsleben (2007), S. 40

⁸⁴ Vgl. Erlach (2007), S. 24

⁸⁵ Vgl. Nyhuis/Wiendahl (2003), S. 4ff.

⁸⁶ Vgl. Erlach (2007), S. 27f.; Vgl. Schönsleben (2007), S. 40

⁸⁷ Vgl. Erlach (2007), S. 27

- **Variabilität und Wirtschaftlichkeit – Zielunterordnung**
Die Variabilität muss sich der Wirtschaftlichkeit unterordnen. Prinzipiell ist es einfacher die Herstellkosten zu senken als die Produktvielfalt zu erhöhen.⁸⁸ Eine Steigerung des Kapazitätsangebots durch effizientere Prozesse senkt beispielsweise die Stückkosten.⁸⁹ Das Produktspektrum zu erhöhen oder eine flexiblere Gestaltung der Fertigung erfordert umfassendere Maßnahmen. Die größten Anstrengungen werden benötigt, um eine Unternehmung wandlungsfähiger zu machen. Bauliche und konstruktive Umgestaltung von Betriebsmitteln ermöglicht eine Anpassung an strukturelle Veränderungen, verlangen für deren Umsetzung jedoch finanzielle Mittel. Umgekehrt können flexiblere Maschinen leichter eingeplant werden als unflexible Anlagen und eine höhere Auslastung erreichen.⁹⁰
- **Qualität und Geschwindigkeit – Zielunterordnung**
Die Geschwindigkeit ist im Allgemeinen leichter zu steigern als die Qualität. Mit Lagerbeständen kann die Lieferzeit (Geschwindigkeit) sehr einfach reduziert werden. Schwieriger ist es, immer lieferfähig zu sein und somit die nachgefragten Waren auf Lager zu haben. Bestimmte Maßnahmen können auch zu einer besseren Erfüllung beider Ziele beitragen: Bestandssenkungen und effizientere Produktionsabläufe verkürzen die Durchlaufzeit und verbessern die Termintreue.⁹¹
- **Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit – Zielverträglichkeit**
Die beiden Ziele Wirtschaftlichkeit und Geschwindigkeit sind miteinander verträglich. Eine Verringerung der Losgrößen bewirkt eine Verkürzung der Wartezeit vor der Bearbeitung und senkt die Durchlaufzeit⁹². Geringere Losgrößen in Kombination mit einer Reduzierung der Rüstzeit erhöhen die Maschinenauslastung und senken den Bestand und die Rüstkosten. Diese beiden Ziele sind gleichzeitig verbesserbar.⁹³

⁸⁸ Vgl. Erlach (2007), S. 27

⁸⁹ Vgl. Nyhuis/Wiendahl (2003), S. 4f.

⁹⁰ Vgl. Erlach (2007), S. 27

⁹¹ Vgl. Erlach (2007), S. 28

⁹² Vgl. Kernler (1993), S. 19

⁹³ Vgl. Erlach (2007), S. 28

2.7 Kapazitätsplanung

Die Kapazitätsplanung ist eine kurz-, mittel- und langfristige Kapazitätsübersicht der Produktionskostenstellen. In diesem Kapitel werden Grundbegriffe der Kapazitätsplanung, Engpasserkennung und Engpassanalyse beschrieben.

2.7.1 Grundbegriffe der Kapazitätsplanung

Kapazität

W. Kern definiert im Jahre 1962 Kapazität als *„das Leistungsvermögen einer wirtschaftlichen oder technischen Einheit – beliebiger Art, Größe und Struktur – in einem Zeitabschnitt.“*⁹⁴

Nach Refa sind Kapazitäten Menschen, Betriebsmittel und Bestandteile eines Arbeitssystems, wenn sie ihre Zeit zur Durchführung von Aufträgen nutzen. Dabei wird zwischen qualitativen und quantitativen Kapazitäten unterschieden. Grundstücke und Gebäude von Betriebsstätten zählen ebenfalls zu den Kapazitäten, werden jedoch nicht genauer betrachtet. Die Eigenschaften, wie Ausbildung, Erfahrung, und Motivation der Arbeitskräfte, sowie das Leistungsvermögen, die Genauigkeit und Ausstattung von Betriebsmitteln zählen zu den qualitativen Kapazitäten. Die Anzahl der ArbeiterInnen oder Anlagen, der Einsatzzeitpunkt und die Dauer der Beanspruchung sind Beispiele für quantitative Kapazitäten.⁹⁵

Kapazitätsbestand und Kapazitätsbedarf

Als Kapazitätsbestand oder Grundkapazität wird die maximale Ausstoßmenge einer Anlage oder Anlagengruppe bezeichnet. Die Grundkapazität einer Produktion ergibt sich aus der Anzahl der Arbeitskräfte und Schichten, Anzahl der Betriebsmittel und der theoretischen Kapazitäten. Geplante Aktivitäten wie Betriebsurlaub, Mehrarbeit und Instandhaltung verändern den Kapazitätsbestand.⁹⁶

Der Kapazitätsbedarf oder die Belastung ist die notwendige Kapazität, um alle geplanten oder freigegebenen Aufträge an einer Anlage oder Anlagengruppe termingerecht zu erfüllen. Die Belastung eines Arbeitsgangs wird mit der Rüstzeit (tr), der Losgröße (m) und der Einzelzeit (te) berechnet (siehe Formel 9).

⁹⁴ Kern (1962), S. 27

⁹⁵ Vgl. Refa (1993), S. 125f.

⁹⁶ Vgl. Schönsleben (2007), S. 28

$$\text{Belastung eines Arbeitsgangs [min]} = tr [min] + m [Stk] * te \left[\frac{min}{Stk} \right]$$

Formel 9: Belastung eines Arbeitsgangs⁹⁷

Der Kapazitätsbedarf eines Betriebsmittels ist die Summe all seiner Arbeitsgänge.⁹⁸

Deckungsarten

Aus der Differenz zwischen Kapazitätsbestand und Kapazitätsbedarf errechnet sich die Deckung, Unter- oder Überdeckung. Wie in Abbildung 2-9 dargestellt, ist bei der Überdeckung der Kapazitätsbestand höher als der Kapazitätsbedarf. Als Unterdeckung wird ein zu geringer Kapazitätsbestand bezeichnet. Sind der Bedarf und der Bestand ident, spricht man von Deckung.⁹⁹

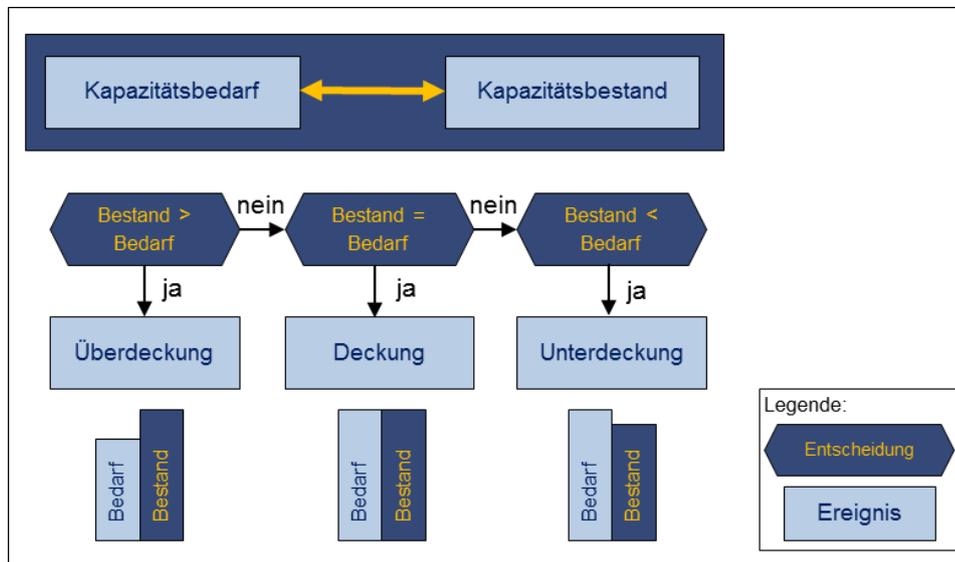


Abbildung 2-9: Kapazitätsbedarf und Kapazitätsbestand¹⁰⁰

Die kontinuierliche oder rechteckige Visualisierung der Deckungsarten über einen festgelegten Zeitraum zeigt das Belastungsprofil einer Ressource (siehe Abbildung 2-10).

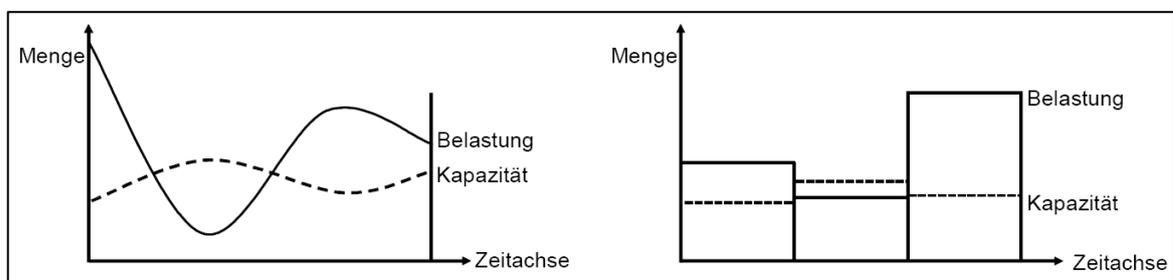


Abbildung 2-10: Belastung einer Ressource (kontinuierlich und mit Rechteckverteilung)¹⁰¹

⁹⁷ Schönsleben (2007), S. 28

⁹⁸ Vgl. Schönsleben (2007), S. 28f.

⁹⁹ Vgl. Refa (1993), S. 127f.

¹⁰⁰ In Anlehnung an: Refa (1993), S. 128

¹⁰¹ Schönsleben (2007), S. 30

Engpass

Ein Engpass in der Produktion entsteht, wenn die Nachfrage nach den Produkten höher ist als die zur Verfügung stehenden Kapazitäten (siehe Abbildung 2-11). Nach der Engpasstheorie (Theory of Constraints) besitzt jede Unternehmung einen Engpass. Andernfalls könnte unendlich viel produziert und unendlich viel Gewinn erwirtschaftet werden. Der Engpass muss nicht in der Produktion (Kapazität) liegen, auch eine Beschränkung des Marktangebots oder andere Faktoren außerhalb der Unternehmung können zu Engpässen führen. Ebenso beschränken Denkweisen im Management, Vorschriften und Richtlinien den Durchsatz des Systems. Ziel ist es, das schwächste Kettenglied in der Prozesskette zu erkennen und mit gezielten Maßnahmen gegenzusteuern. Verbesserungen an anderen Gliedern führen lediglich zu lokalen Optimierungen und zu höheren Beständen entlang der Kette, jedoch nicht zu einer Verbesserung des gesamten Prozesses. Nur wenn der Engpass erkannt wird, führt selbst eine kleine Besserung zu mehr Ausbringung des gesamten Systems.¹⁰²

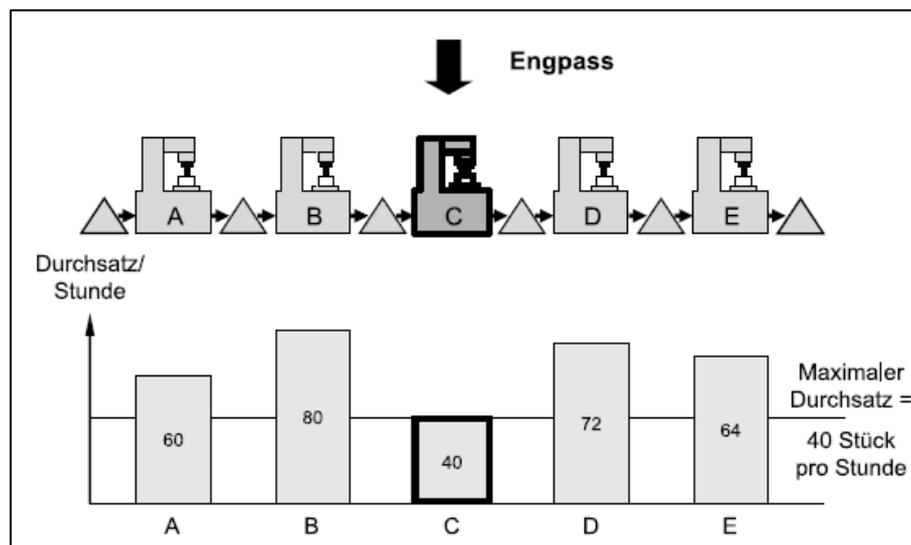


Abbildung 2-11: Produktionsengpass¹⁰³

Kapazitätsengpass

Im Produktionsbereich führt eine Unterdeckung der Betriebsmittel oder des Personals zu einem Kapazitätsengpass. Nach der Dauer der Beschränkung wird zwischen temporärem und permanentem Engpass differenziert. Bei einem permanenten Engpass kommt es während des gesamten Betrachtungszeitraums zu einer vollständigen Ausschöpfung einer Kapazität. Die mittlere Auslastung entspricht 100%.¹⁰⁴

¹⁰² Vgl. Becker (2008), S. 52ff.

¹⁰³ Becker (2008), S. 53

¹⁰⁴ Vgl. Fuchs (1990), S. 113

Ein temporärer Engpass liefert über die kumulierte Planungsperiode genügend Kapazitäten, es kann jedoch eine kurzzeitige Unterdeckung auftreten. Abbildung 2-12 zeigt den Unterschied zwischen einem temporären und permanenten Kapazitätsengpass.¹⁰⁵

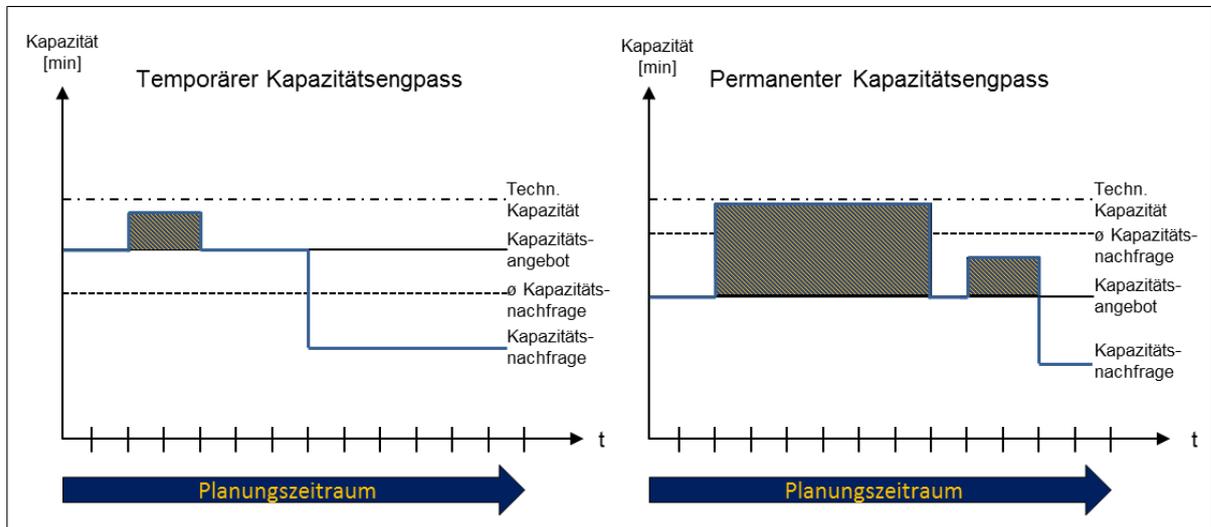


Abbildung 2-12: Temporärer und permanenter Kapazitätsengpass¹⁰⁶

Materialengpass

Liegt die Ursache für einen Engpass im Beschaffungsbereich, das heißt es wurde zu wenig Vormaterial bereitgestellt, kann die Produktion zum Erliegen kommen.¹⁰⁷ Es ist zu prüfen, ob der Lagerabbau größer ist als der Lageraufbau und somit die Produktionsausbringungsmenge drosselt. Wie beim Kapazitätsengpass wird zwischen temporärem und permanentem Materialengpass unterschieden (siehe Abbildung 2-13)¹⁰⁸

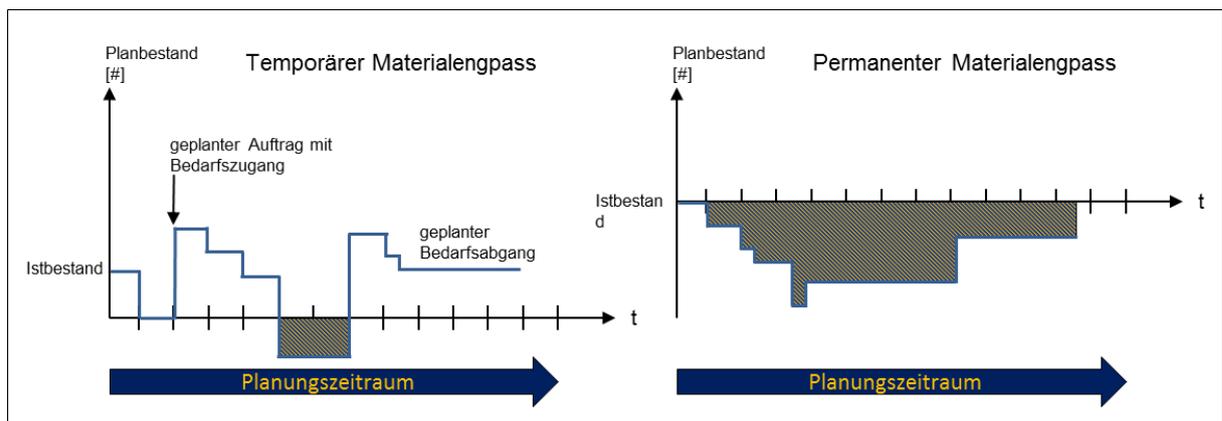


Abbildung 2-13: Temporärer und permanenter Materialengpass¹⁰⁹

¹⁰⁵ Vgl. Fuchs (1990), S. 24

¹⁰⁶ In Anlehnung an: Fuchs (1990), S. 25

¹⁰⁷ Vgl. Erlach (2007), S. 190

¹⁰⁸ Vgl. Fuchs (1990), S. 113f.

¹⁰⁹ In Anlehnung an: Fuchs (1990), S. 26

2.7.2 Engpasserkennung

Der Engpass ist meist jener Prozessschritt, mit der höchsten Auslastung und der längsten Warteschlange. Eine Störung im Fluss führt zu Stauungen und Verstopfungen im Prozessablauf. Wie im Bild Abbildung 2-14 dargestellt, bildet sich die Warteschlange vor Betriebsmittel mit ungenügender Kapazität.¹¹⁰

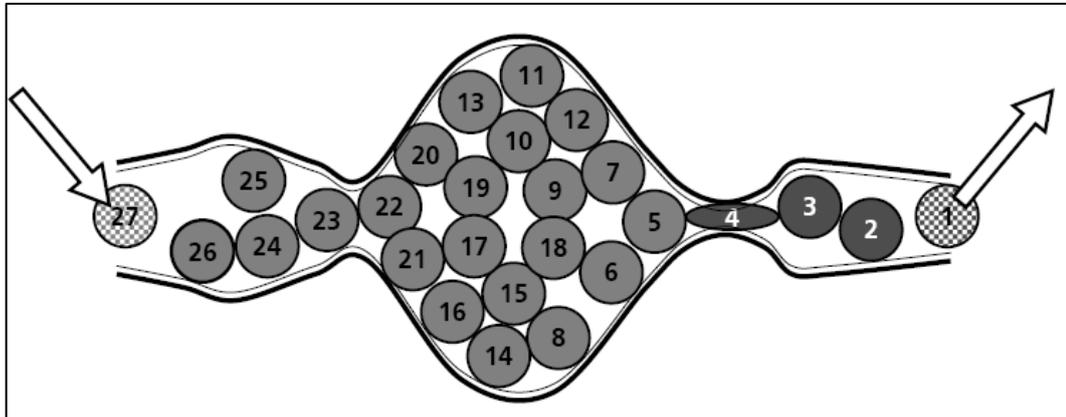


Abbildung 2-14: Warteschlange vor einem Engpass¹¹¹

Unzureichende Verfügbarkeit der Kapazitätsressource führt des Weiteren zur Verschiebung von Aufträgen und gefährdet eine termingerechte Lieferung. Es ist daher wichtig Engpässe rasch zu erkennen und geeignete Beseitigungsmaßnahmen einzuleiten oder Engpässe bereits in der Planung zu berücksichtigen. Engpässe können bereits in der Planung erkannt werden. Eingegangene Aufträge bestimmen den Kapazitätsbedarf für jede einzelne Kapazitätseinheit. Die Differenz zwischen Kapazitätsangebot und –bedarf ergibt die Deckung. Liegt zu einem Zeitpunkt oder über eine längere Periode eine Bedarfsunterdeckung vor, ist diese Kapazitätseinheit als Engpass zu identifizieren und Maßnahmen zur Engpassbewältigung anzustoßen.¹¹²

¹¹⁰ Vgl. Erlach (2007), S. 96

¹¹¹ Erlach (2007), S. 96

¹¹² Vgl. Fuchs (1990), S. 109

2.7.3 Engpassanalyse

Geeignete Vorgehensweisen bei der Bewältigung von Engpässen sind abhängig von der Ursache. Der vorgegebene Aktionsraum soll bestmöglich ausgenutzt werden, ohne den Verfahrensablauf zu automatisieren. Durch die Analyse und Bewertung kann auf jeden Engpass spezifisch eingegangen werden. Bei der Engpassanalyse wird unterschieden, ob die Beschränkung der Produktion im Beschaffungsbereich oder im Produktionsbereich ihren Ursprung hat.¹¹³

Ein Engpass im Beschaffungsbereich (Lieferengpass) wird durch eine Unterdeckung in der Materialversorgung erkannt.¹¹⁴ Es können in einem Zeitbereich mehrere Engpässe auftreten. Die Anzahl der Unterdeckungen, der maximale Umfang (U_i) sowie die maximale Dauer (D_i) beschreiben, wie gravierend ein Engpass im Beschaffungsbereich ist¹¹⁵ (siehe Abbildung 2-15).

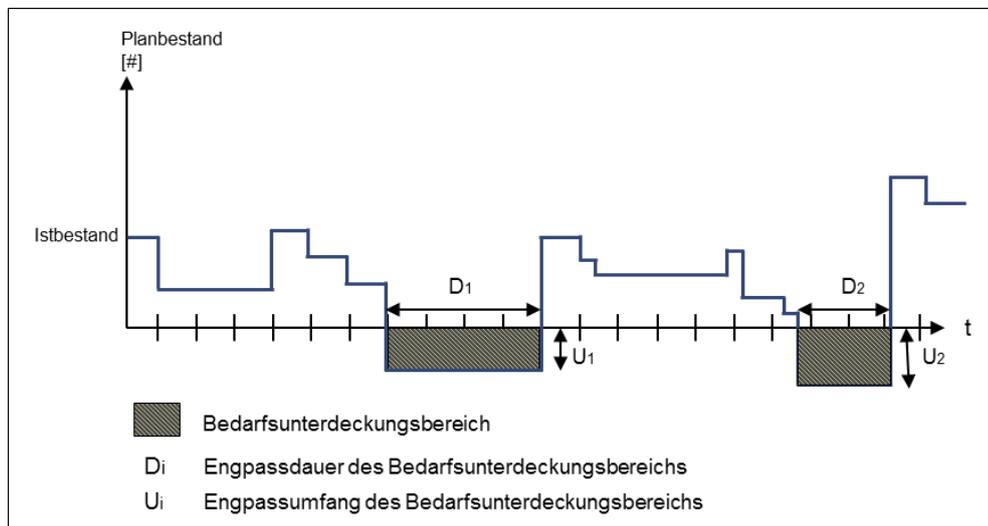


Abbildung 2-15: Engpass im Beschaffungsbereich¹¹⁶

Im Produktionsbereich stehen in der Regel nur begrenzte Kapazitäten zur Verfügung, weshalb bereits in der Produktionsplanung Kapazitätsengpässe berücksichtigt werden müssen. Ausgehend von Absatzprognosen dienen geeignete Modelle des Produktionssystems als Grundlage für die Simulation des zukünftigen Bedarfs. Methoden des Operation Research ermöglichen eine Optimierung der gefundenen Kapazitätsfunktion.¹¹⁷

¹¹³ Vgl. Fuchs (1990), S. 109f.

¹¹⁴ Vgl. Dyckhoff/Spengler (2007), S. 6

¹¹⁵ Vgl. Fuchs (1990), S. 111

¹¹⁶ In Anlehnung an: Fuchs (1990), S. 113

¹¹⁷ Vgl. Dyckhoff/Spengler (2007), S. 195

2.8 Kapazitätssteigerung

Ist das Kapazitätsangebot einer Unternehmung zu gering, besteht die Möglichkeit durch operative Maßnahmen den Kapazitätsbestand zu erhöhen. In diesem Kapitel werden die Kapazitätsflexibilität, Make of Buy Entscheidungen, Freigabe von Sicherheitsbeständen und Effizienzsteigerungen beschrieben.

2.8.1 Kapazitätsflexibilität

In der Regel ist die Marktnachfrage nach Produkten nicht konstant. Die Bedarfsratenschwankungen wirken auf die Produktion und verursachen einen variablen Kapazitätsbedarf. Die Unternehmung muss auf den veränderten Kapazitätsbedarf reagieren und benötigt Betriebsmittel und MitarbeiterInnen, die sich schnell und mit geringen Kosten an die neue Situation anpassen.¹¹⁸ Im Folgenden wird auf eine zu geringe Kapazität in der Produktion eingegangen.

Prinzipiell wird zwischen der Kapazitätsflexibilität der Betriebsmittel und der MitarbeiterInnen unterschieden.

Kapazitätsflexibilität der Betriebsmittel

Folgende Ansätze zur Kapazitätssteigerung an Betriebsmittel werden in der einschlägigen Literatur empfohlen:

- Anzahl der Betriebsmittel erhöhen
Durch Kauf oder Anmietung von Betriebsmitteln kann eine Unternehmung den Kapazitätsbestand anheben. Günstige Standardmaschinen oder Betriebsmittel mit einem ausgeprägten Gebrauchtmaschinenmarkt bieten eine Möglichkeit die Kapazitäten zu erweitern.¹¹⁹ Neue Betriebsmittel repräsentieren den Stand der Technik und bieten ein höheres Potential für Kapazität, Flexibilität, Qualität und Sicherheit.¹²⁰
- Betriebsmittelintensität erhöhen
Bei einzelnen Maschinen ist es möglich, die Betriebsmittelintensität zu steigern. Drehmaschinen arbeiten meist mit einer kostenoptimalen Schnittgeschwindigkeit, um den Werkzeugverschleiß zu minimieren. Werden höhere Kosten in Kauf genommen, führt eine erhöhte Bearbeitungsgeschwindigkeit zu einer Kapazitätssteigerung an der Maschine.¹²¹

¹¹⁸ Vgl. Lödding (2005), S. 105f.

¹¹⁹ Vgl. Lödding (2005), S. 472

¹²⁰ Vgl. Nebel/Prüß (2006), S. 151

¹²¹ Vgl. Lödding (2005), S. 472; Vgl. Fuchs (1990), S. 70ff.; Vgl. Zäpfel (1982), S. 234

- **Wartungsarbeiten verschieben**
Eine risikoreiche Strategie sieht vor, geplante Instandhaltungsmaßnahmen zu verschieben. Stattdessen soll die gewonnene Zeit in die Produktion investiert werden. Diese kurzfristige Kapazitätssteigerung ist nur in einem begrenzten Zeitraum möglich und erfordert die nachträgliche Durchführung der Wartungsarbeiten.¹²²
- **Verlagerung auf alternative Betriebsmittel**
Arbeitsgänge sollen auf alternative, nicht voll ausgelastete Betriebsmittel verlagert werden. So können Drehteile einer Engpassdrehmaschine auf einer alternativen, unter Umständen auch größeren Drehbank bearbeitet werden.¹²³ Die Nutzung von Reservemaschinen oder die Wiederinbetriebnahme von stillgelegten Betriebsmitteln ist eine weitere mögliche Alternative.¹²⁴

Kapazitätsflexibilität der MitarbeiterInnen

Die Strategien für die Kapazitätsflexibilität der MitarbeiterInnen umfassen die Arbeitszeitflexibilität, Flexibilität beim Personalbedarf und Mehrfachqualifikationen der MitarbeiterInnen.

- **Arbeitszeitflexibilität**
Eine hohe Arbeitszeitflexibilität setzt geringe Kosten und kurze Reaktionszeiten voraus. Durch Überstunden, Zusatzschichten oder Änderung des Schichtsystems stehen mehr Kapazitäten zur Verfügung. In welchem Umfang diese Maßnahmen eingesetzt werden, hängt von den Kosten bzw. der Reaktionszeit und somit vom Gesetz als auch den Gewerkschafts- und Betriebsvereinbarungen ab.¹²⁵
- **Flexibilität beim Personalbedarf**
Die Einstellung von zusätzlichen MitarbeiterInnen kann zu einer Kapazitätssteigerung führen. Diese Strategie wird zum Ausgleich von saisonalen Nachfrageschwankungen und zur Taktzeitreduzierung in der kapazitätsflexiblen Fließfertigung angewendet. Die Anzahl der MitarbeiterInnen an der Fließlinie bestimmt die Taktabstimmung und somit die Ausbringungsmenge.¹²⁶
- **Mehrfachqualifikationen der MitarbeiterInnen**
Lässt die Qualifikation der MitarbeiterInnen einen Einsatz an mehreren Maschinen zu, können diese flexibel eingesetzt werden. In modernen

¹²² Vgl. Lödding (2005), S. 472

¹²³ Vgl. Lödding (2005), S. 472f.

¹²⁴ Vgl. Zäpfel (1982), S. 234; Vgl. Fuchs (1990), S. 23

¹²⁵ Vgl. Lödding (2005), S. 473; Vgl. Zäpfel (1982), S. 234

¹²⁶ Vgl. Erlach (2007), S. 145f.

Fertigungsformen wie in Fertigungsinseln ist die Mehrfachqualifikation des Personals bereits Voraussetzung. Die Unternehmung kann dadurch Vorteile, wie Schutz vor schwankendem Qualifikationsbedarf, rasche Erhöhung der Produktionskapazität und erhöhte Ausfallsicherheit der MitarbeiterInnen nutzen. Ein höherer Kosten- und Zeitaufwand für den Qualifikationsaufbau und der Verlust von SpezialistInnen wirken sich nachteilig für die Unternehmung aus.¹²⁷

2.8.2 Make or Buy

Eine Make or Buy Entscheidung ist die Wahl zwischen Eigenfertigung oder Fremdfertigung (Outsourcing). Eigenfertigung sind Aktivitäten, die in der Unternehmung verbleiben, während beim Outsourcing Prozesse an Dritte vergeben werden. Wertschöpfungsprozesse, die ein Zulieferer besser, schneller, kostengünstiger und flexibler produzieren kann, werden meist extern gefertigt. Die Unternehmung konzentriert sich auf ihre Kernkompetenzen und verlagert teilweise ganze Prozessketten an LieferantInnen.¹²⁸

Die Fremdfertigung von Produkten bzw. Prozessschritten ermöglicht bei Engpässen Kapazitäten für andere Teile zur Verfügung zu stellen. Das Kapazitätsoutsourcing ermöglicht es mehr Aufträge anzunehmen als interne Kapazitäten bewältigen könnten.¹²⁹

2.8.3 Freigabe von Sicherheitsbeständen

Die Kapazitätsplanung kann gezielt den Aufbau von Sicherheitsbeständen veranlassen. Für eine festgelegte Sicherheitszeit kann eine Sicherheitsmenge angehäuft und für die Engpassbewältigung benutzt werden. Die Kombination aus Sicherheitszeit und –menge ermöglicht eine dynamische, bedarfsabhängige Planung, während eine fixe Sicherheitsmenge zu einem statischen, bedarfsunabhängigen Sicherheitsbestand führt. Die Summe aus Sicherheitsbestand und disponierbarem Bestand ermöglicht es, eine Bedarfsdeckung zu erreichen.¹³⁰

2.8.4 Effizienzsteigerung

Die Refa beschäftigt sich sehr intensiv mit der Gestaltung von Arbeitsabläufen. Die Vermeidung von unproduktiven Zeiten an der Maschine steht im Vordergrund. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Kapazitätssteigerungsmaßnahmen werden im Folgenden noch Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung am Arbeitsplatz vorgestellt:

¹²⁷ Vgl. Lödding (2005), S. 474f.

¹²⁸ Vgl. Schönsleben (2007), S. 69; Vgl. Zäpfel (1982), S. 135ff.; Vgl. Becker (2008), S. 68ff.

¹²⁹ Vgl. Zäpfel (1982), S. 134ff.; Vgl. Kummer/Grün/Jammernegg (2009), S. 243

¹³⁰ Vgl. Fuchs (1990), S. 75f.

- Nebenzeiten des Betriebsmittels verringern
Durch Mehrfachspann-Systeme und Vorrichtungen zur Handhabung können Rüstzeiten verringert werden.¹³¹ Mit speziellen Messmitteln (Grenz-, Rachenlehre oder Lehrdorn) oder automatischen Messmitteln reduziert sich die Prüfungszeit an den Betriebsmitteln.¹³²
- Ablaufbedingte Unterbrechungen vermeiden
Das Beschaffen und Wegbringen von Arbeitsgegenständen, sowie das Ausfüllen von Begleitkarten kann teilweise während der Bearbeitung durchgeführt werden. Durch Vorbereitungsarbeiten außerhalb des Arbeitssystems (Rüsten und Voreinstellen des Werkzeugs) wird ein ablaufbedingtes Unterbrechen vermieden.¹³³
- Störungsbedingte Unterbrechungen vermeiden
Eine vorbeugende Instandhaltung und der rechtzeitige Austausch von Verschleißteilen verringern das Ausfallrisiko der Maschine¹³⁴. Reserveteile auf Lager und die Versetzung von ausgebildeten MechanikerInnen in die Abteilung führen zu einer schnellen Reaktionszeit bei Unterbrechungen.¹³⁵
- Erholungsbedingtes Unterbrechen
Durch eine Ablösung der MitarbeiterInnen oder einen festgelegten Wechsel zweier Personen muss während der Erholungszeit des Personals das Betriebsmittel nicht stillgelegt werden.¹³⁶
- Persönlich bedingtes Unterbrechen
Zeiten für die persönlichen Bedürfnisse sind als selbstverständlich anzusehen. Durch kurze Wege zu den Toiletten, Sozialräumen und Verpflegungsautomaten sowie gute Arbeitsbedingungen (Klima, Raum, Ergonomie) können die Unterbrechungsauswirkungen reduziert werden.¹³⁷

¹³¹ Vgl. Westkämper (2006), S. 168

¹³² Vgl. Refa (1993), S. 307

¹³³ Vgl. Refa (1993), S. 308f.

¹³⁴ Vgl. Ryll/Freund (2010), S. 28

¹³⁵ Vgl. Refa (1993), S. 310

¹³⁶ ebda.

¹³⁷ ebda.

2.9 Gesamtanlageneffektivität

Die Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness) ist ein Werkzeug des TPM Konzepts (Total Productive Maintenance), das als Ziel die Verbesserung der gesamten Prozesse verfolgt. Mithilfe der OEE werden die Verluste einer Anlage beschrieben und daraus gezielt Verbesserungen abgeleitet. Die Gesamtanlageneffektivität berechnet sich aus den drei Kennzahlen Verfügbarkeits-, Leistungs- und Qualitätsrate (siehe Formel 10).¹³⁸

$$OEE = \text{Verfügbarkeitsrate} * \text{Leistungsrate} * \text{Qualitätsrate}$$

Formel 10: OEE - Gesamtanlageneffektivität¹³⁹

In den Kennzahlen sind folgende Hauptverlustquellen miteinbezogen:¹⁴⁰

- Ungeplante Anlagenstillstände
- Rüsten und Werkzeugwechsel
- Anfahrverluste bei Produktwechsel
- Kurzstillstände durch Störungen
- Geschwindigkeitsverluste
- Qualitätsverluste

Verfügbarkeitsrate

Die Verfügbarkeitsrate beschreibt den produktiven Zeitanteil einer Maschine. Stillstands-Verluste verringern die verfügbare Betriebszeit und dadurch die produktive Fertigungszeit (siehe Formel 11).¹⁴¹

$$\text{Verfügbarkeitsrate [\%]} = \frac{\text{Verfügbare Betriebszeit} - \text{ungeplante Stillstände}}{\text{Verfügbare Betriebszeit}} * 100$$

Formel 11: OEE - Verfügbarkeitsrate¹⁴²

Leistungsrate

Diese Kennzahl gibt den derzeitigen Ausstoß zum maximal möglichen Ausstoß einer Maschine an. Die produzierte Menge multipliziert mit der Vorgabezeit (ideale Bearbeitungszeit) wird dividiert durch die Netto Betriebszeit (siehe Formel 12). Geschwindigkeitsverluste reduzieren den Leistungsgrad unter den Wert Eins.¹⁴³

¹³⁸ Vgl. Reitz (2007), S. 45ff.; Vgl. Syska (2006), S. 154f.

¹³⁹ Syska (2006), S. 155

¹⁴⁰ Vgl. Reitz (2007), S. 45ff.; Vgl. Syska (2006), S. 154f.

¹⁴¹ Vgl. Bracher (2009), S. 84f.

¹⁴² Matyas (2008), S. 220

¹⁴³ Vgl. Bracher (2009), S. 85

$$\text{Leistungsrate [\%]} = \frac{\text{Ideale Bearbeitungszeit} * \text{erstellte Anzahl}}{\text{Netto Betriebszeit}} * 100$$

Formel 12: OEE - Leistungsrate¹⁴⁴

Qualitätsrate

Die Qualitätsrate ist das Verhältnis der Anzahl der Gut-Teile (ohne Qualitätsmängel) und der Gesamtanzahl der hergestellten Produkte (siehe Formel 13). Die im oberen Teil beschriebenen Verlustquellen, wie Anfahrverluste bei Produktwechsel und Qualitätsverluste führen zu einer Verringerung der Qualitätsrate.¹⁴⁵

$$\text{Qualitätsrate [\%]} = \frac{\text{Erstellte Anzahl} - \text{Defekter Anzahl}}{\text{Erstellte Anzahl}} * 100$$

Formel 13: OEE - Qualitätsrate¹⁴⁶

Der Maximalwert der einzelnen Kennziffern ist jeweils Eins, welcher in der Praxis jedoch selten erreicht wird. Die Multiplikation der drei Kennzahlen ergibt die Gesamtanlageneffektivität. Sie ist umso höher, je geringer die Verlustquellen sind. Gibt es viele Verlustquellen, wird der OEE kleiner.¹⁴⁷

¹⁴⁴ Vgl. Matyas (2008), S. 220

¹⁴⁵ Vgl. Bracher (2009), S. 85

¹⁴⁶ Matyas (2008), S. 220

¹⁴⁷ Vgl. Bracher (2009), S. 86

3 Produktionsbeschreibung

Die Kernkompetenz der Gleitlagervormaterialproduktion ist die Herstellung von Gleitlagervormaterial. Stahl-Aluminium Verbundstreifen werden durch Walzplattieren hergestellt und an die firmeninternen Units (Produktionslinien) zur Gleitlagerfertigung geliefert. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die Gleitlagerherstellung, Produkte, Prozessschritte und Produktionsmaschinen in der Gleitlagervormaterialproduktion der Miba Gleitlager GmbH.

3.1 Gleitlagerherstellung

Lager sind Drehführungen für Bauteile mit relativ zueinander bewegten Flächen. Nach dem Wirkprinzip wird zwischen Wälz- und Gleitlager unterschieden. Bei Wälzlager sind die beiden Laufflächen durch Wälzkörper voneinander getrennt. Gleitlager besitzen zwei aufeinander gleitende Flächen, wobei ein Schmierfilm oder geeignete Werkstoffpaarungen für eine Verminderung der Reibung eingesetzt werden.¹⁴⁸

Bei den Gleitlagern unterscheidet man zwischen hydrodynamischer Schmierung, der Schmierfilm wird im Gleitlager selbst erzeugt, oder hydrostatischer Schmierung, bei welcher der Schmierfilm über externe Ölpumpen erzeugt und erhalten wird.¹⁴⁹

Vorteile von Gleitlagern sind:¹⁵⁰

- Stoß- und erschütterungsunempfindlich
- Geringe Geräuschentwicklung
- Schwingungsdämpfend
- Für sehr hohe Drehzahlen geeignet (Turbinen)
- Kostengünstig bei großen Wellendurchmesser
- Kleiner Außendurchmesser
- Geteilte Gleitlager für z.B Kurbelwellen
- Hohe Steifigkeit

Das Einsatzgebiet erstreckt sich von einfachen Anwendungen in Haushaltsgeräten, Büro- und Landmaschinen bis hin zu anspruchsvollen Lagerungen von Turbinen, Generatoren, Pumpen und Motoren.¹⁵¹

¹⁴⁸ Vgl. Niemann/Winter/Höhn (2001), S. 569ff.

¹⁴⁹ Vgl. Niemann/Winter/Höhn (2001), S. 631; Vgl. Muhs et al. (2007), S. 522

¹⁵⁰ Vgl. Künne (2001), S. 127; Vgl. Stoffregen (2010), S. 126; Vgl. Schlecht (2010), S. 116

¹⁵¹ Vgl. Böge (2011), S. 164

Im Verbrennungskraftmotoren sind Gleitlager hochbeanspruchte Komponenten. Sie übertragen auftretende Radial- und Axialkräfte auf andere Motorteile und sorgen für eine sichere Führung der Wellen. Sie müssen hohen Drehzahlen standhalten, eine lange Lebensdauer aufweisen, Notlaufeigenschaften besitzen und dürfen selbst bei extremen Bedingungen nicht versagen. Gleitlager werden aufgrund des geringen Platzbedarfs und der Teilbarkeit der Lager in Motoren eingesetzt. Auch die niedrigen Kosten und die geringe Geräuschentwicklung sind Gründe für die Verwendung von Gleitlagern.¹⁵² Abbildung 3-1 zeigt Einsatzmöglichkeiten von Gleitlagern in einem Drei- Zylinder Vier-Takt Motor:

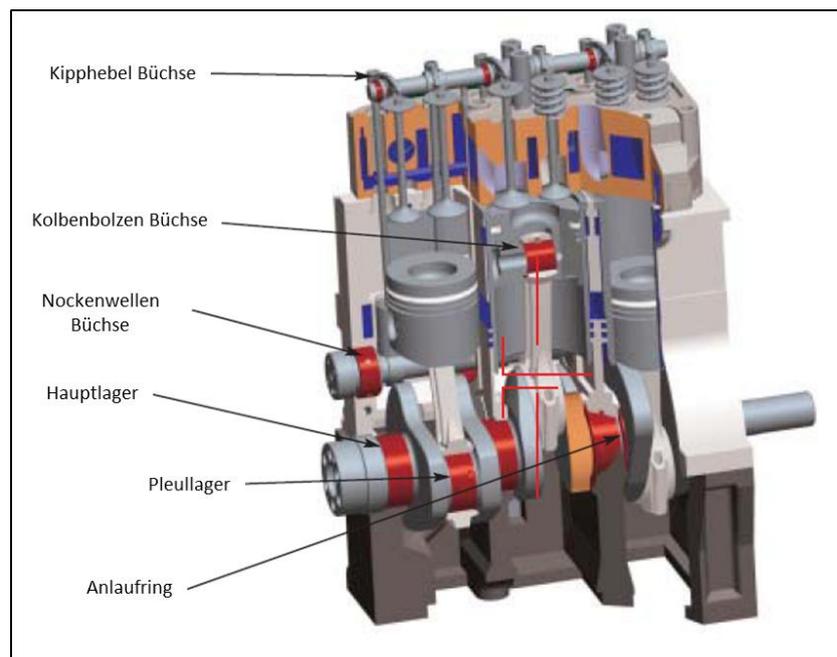


Abbildung 3-1: Gleitlageranwendungen im Motor¹⁵³

Die Miba Gleitlager GmbH produziert vorwiegend Gleitlager auf Aluminium- und Bronzebasis. Aluminiumgleitlager werden aus Aluminium-Stahl Streifen hergestellt, die fast ausschließlich von der Streifenproduktion der GVP in Laakirchen gefertigt werden. Halbzeuge für die Bronzelager stammen vom Werk in Greensburg (Indiana) und werden zur Fertigung direkt an die Units nach Laakirchen geliefert. Die Herstellung der Aluminiumlager wird im Folgenden näher erklärt:

Die Produktion eines Gleitlagers beginnt mit dem Guss der Legierung. Auf einer kontinuierlichen Gießanlage (Beltcaster) werden die Aluminiumlegierungen gegossen, seitlich beschnitten und nach einer chemischen und metallurgischen Prüfung in die Plattiererei geliefert. Anschließend wird die Legierung als Vorverbund (Sandwich) auf Stahl plattiert - es entsteht der Stahl-Alu Streifen. Nach der anschließenden Wärmebehandlung wird der Verbundstreifen auf den Scheren in Einzelteile (Platinen), mit fertiger Gleitlagergröße, zerlegt.

¹⁵² Stoffregen (2010), S. 126

¹⁵³ Miba (2008), S. 26

Diese Platinen werden an die jeweilige Produktionslinien (G* -Units) geliefert und verpresst (siehe Abbildung 3-2). Die Units G2 bis G5 besitzen ein unterschiedliches Herstellungsprogramm: Die G2 ist spezialisiert auf Gleitlager mit dünner Wandstärke und einem Durchmesser kleiner als 130 Millimeter, während die G4 hauptsächlich Großlager ($\varnothing > 230$ mm) mit hohen Wandstärken für Schiffe und Standmotoren fertigt. Die Linie G3 stellt Lagerschalen mit Durchmesser von 50 bis 230 Millimeter her und die G5 produziert Anlaufringe und Büchsen verschiedener Wandstärke.

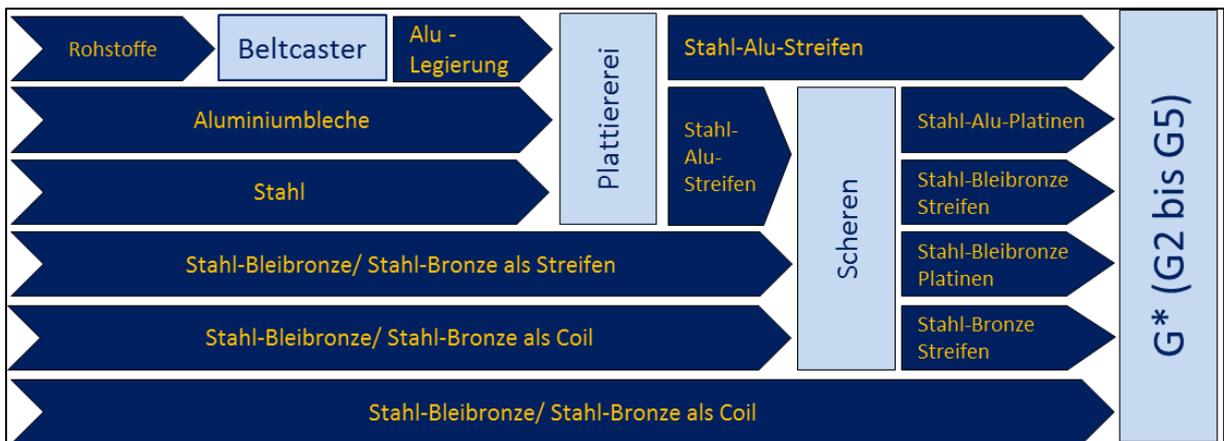


Abbildung 3-2: Materialfluss in der Gleitlagerfertigung¹⁵⁴

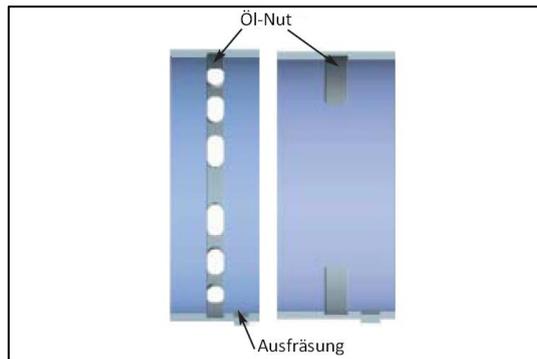
Nach dem Verpressen (siehe Abbildung 3-3) erfolgen die Seitenbearbeitung und das Schleifen des Rückens. Nuten in Gleitlagern transportieren den durch Reibung erwärmten Schmierstoff ab und führen neuen, kühleren Schmierstoff zu. Sie werden durch Fräsen in die Lagerfläche eingebracht. Gebohrte bzw. gestanzte Ölbohrungen sorgen für den Schmierstoffaustausch mit der Umgebung (siehe Abbildung 3-4). Kurbelwellen werden in Halbschalen gelagert, um den Einbau in den Motor zu ermöglichen. Geräumte oder gefräste Stoßflächen gewährleisten eine ebene Fläche.



Abbildung 3-3: Verpressen der Platinen¹⁵⁵

¹⁵⁴ Eigene Darstellung

¹⁵⁵ Miba (2011)

Abbildung 3-4: Ölnuten und -bohrungen in Gleitlagern¹⁵⁶

Wurde das Gleitlager geformt, an allen Seiten und am Rücken bearbeitet, folgt als einer der letzten Schritte die Bearbeitung der Innenfläche. Dieser Vorgang wird Feinbohren genannt. Dabei wird bei Gleitlagern, die seit der Vormaterialherstellung eine Deckfolie besitzen, die äußerste Schicht abgedreht, um den eigentlichen Lagerwerkstoff freizulegen. Das anschließende Entgraten sorgt für saubere Kanten. Bei bestimmten Typen wird für bessere Verschleißbeständigkeit und tribologische Eigenschaften eine Schutzschicht aufgetragen. Das Aufbringen der Schutzschicht erfolgt entweder galvanisch, wird zerstäubt (sputtern) oder aufgespritzt und unter erhöhter Temperatur ausgehärtet. Nach der Endkontrolle wird das fertige Gleitlager verpackt und ist bereit für die Auslieferung an die KundInnen.

3.2 Gleitlagervormaterial Produktion

Die GVP ist der Ausgangspunkt bei der Gleitlagerherstellung. Es werden Halbzeuge auf Aluminium-Stahl Basis hergestellt und an alle Units geliefert (siehe Abbildung 3-5). Gibt es Probleme in der GVP, hat das meist Auswirkung auf die gesamte Gleitlagerproduktion. Deshalb muss durch vorrausschauende Planung und geschickte Steuerung der Produktion ein reibungsfreier Ablauf garantiert werden.

Abbildung 3-5: Aluminium-Stahl Streifen¹⁵⁷

¹⁵⁶ Miba (2008), S. 32

¹⁵⁷ Miba (2011b)

3.2.1 Produkte in der Gleitlagervormaterial Produktion

Ausgehend vom Beltcaster werden Aluminium - Legierungsbarren gegossen und seitlich auf das geforderte Maß beschnitten. Zur Produktpalette in der GVP gehören sechs Aluminiumlegierungen, davon werden fünf auf der eigenen Gießanlage hergestellt:

- AlSn20
- AlSn40
- AlSn6
- AlSn10
- AlSn25
- AlZn (Zukauf)

Diese Legierungen werden teilweise ausgewalzt, gegläht und anschließend mit Folien zu einem Vorverbund, dem sogenannte Vor-Sandwich, plattiert (siehe Abbildung 3-6). Die Folien werden aus folgenden Gründen benötigt: Die gegossenen Legierungen weisen die optimalen Eigenschaften für einen Lagerwerkstoff auf, jedoch wird, um eine ausreichende Bindung mit dem Stahl herzustellen, eine Bindefolie zwischen Legierung und Stahl benötigt. Der Zinnanteil in der Legierung beträgt bis zu 40% und neigt dazu, bei einer Glühung auszutreten. Um diese beiden Effekte zu verringern, wird ein Vor-Sandwich mit Deckfolie, Legierung und Bindefolie plattiert.

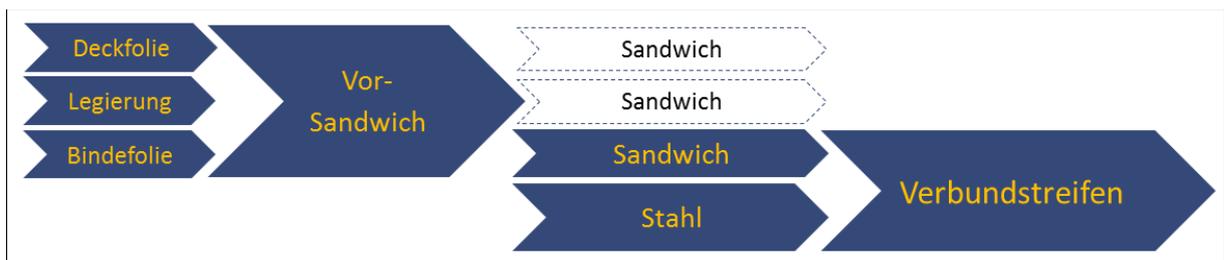


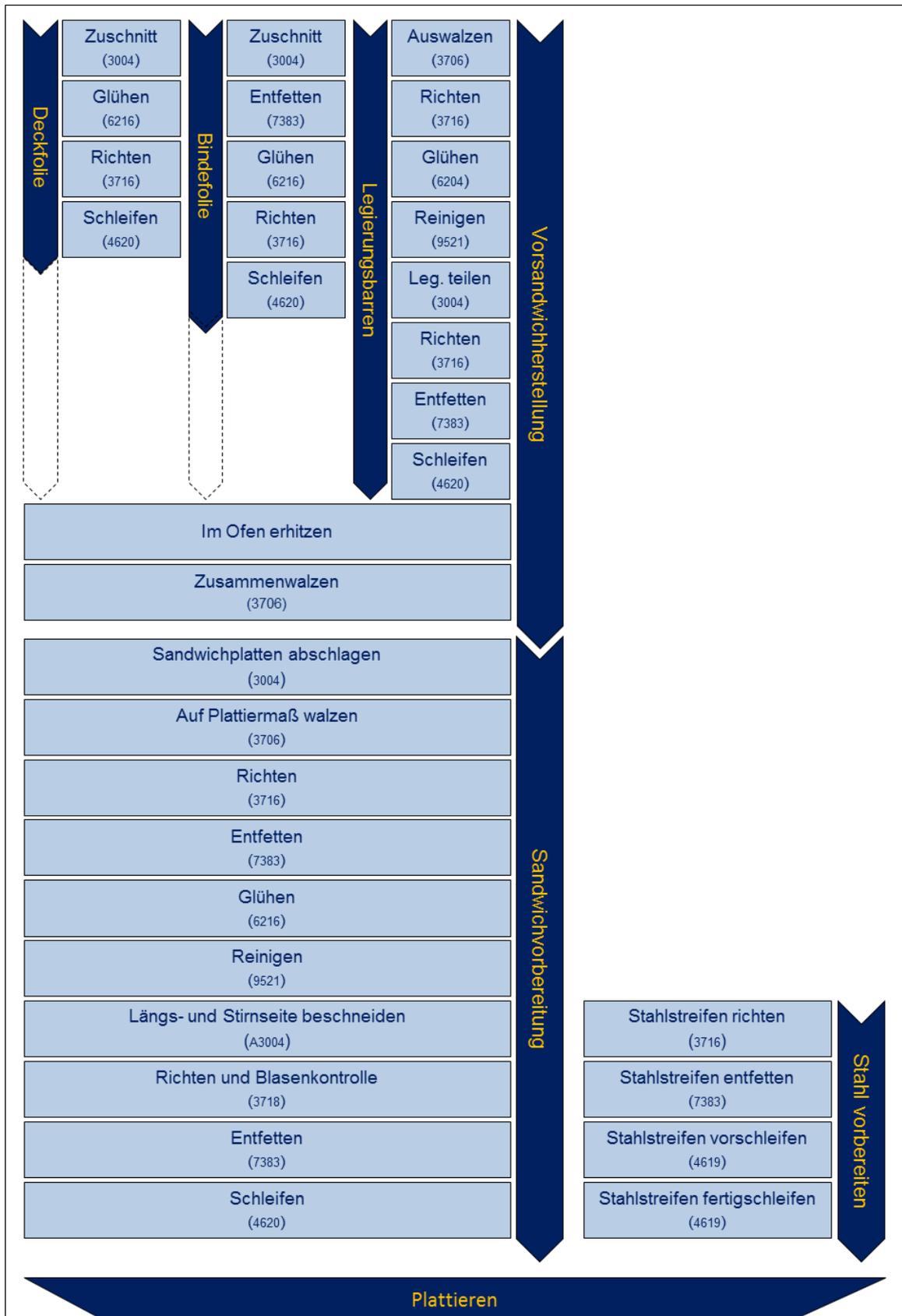
Abbildung 3-6: Schematische Streifenproduktion¹⁵⁸

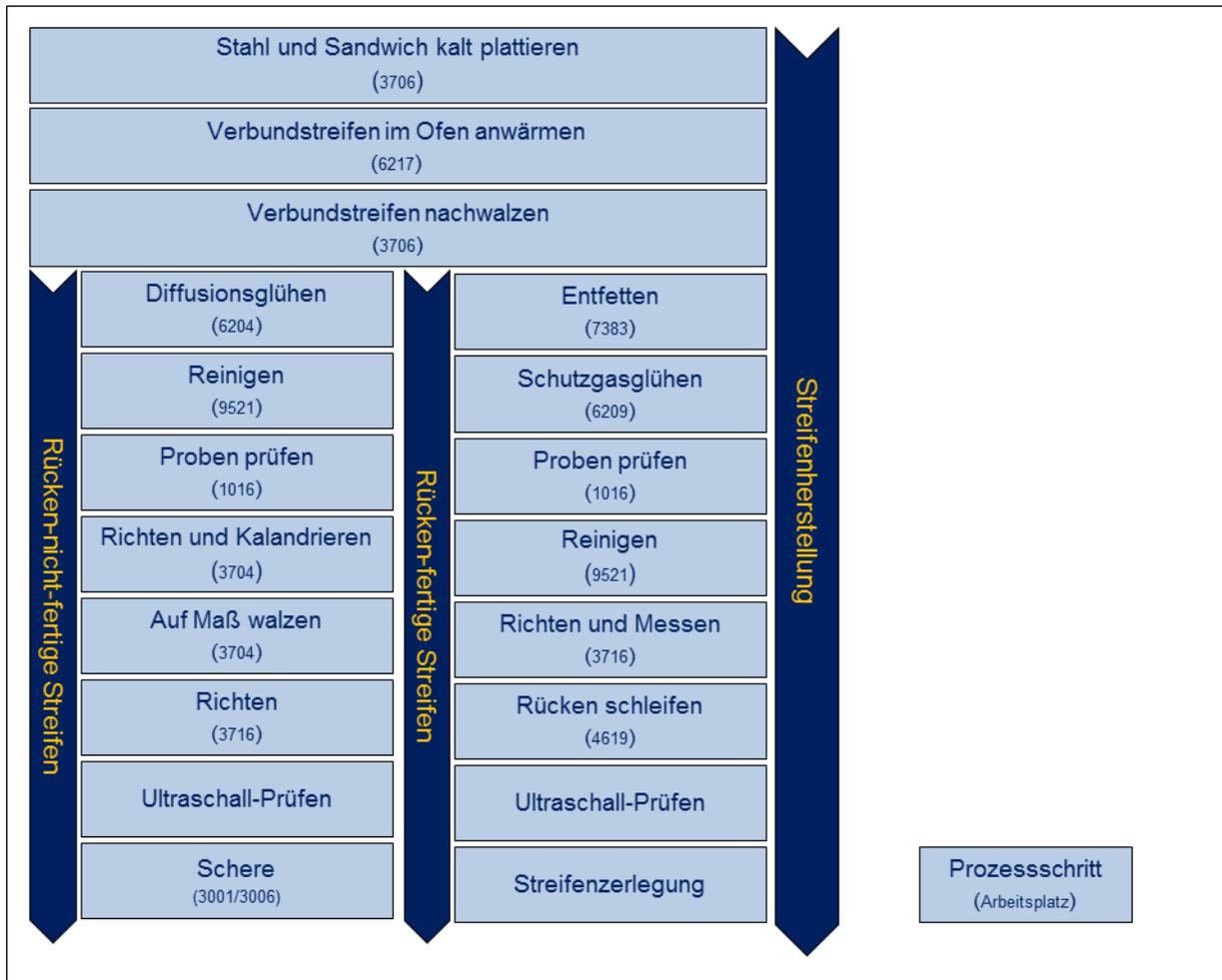
Ein Teilungsfaktor bestimmt, abhängig von der benötigten Legierungsdicke, wie viele Sandwiche (SW) aus einem Vor-Sandwich herausgeschnitten werden können. Nach dem Teilen des Vor-Sandwiches erfolgt das Plattieren eines Sandwiches auf Stahl. Es entsteht ein Stahl-Aluminiumverbund der als Verbundstreifen bezeichnet wird. Diese Verbundstreifen werden als Vormaterial (Halbzeug) für die Gleitlagerproduktion entweder ganz oder in Platinen zerlegt zu den Units geliefert.

¹⁵⁸ Eigene Darstellung

3.2.2 Prozessabläufe

Abbildung 3-7 zeigt am Beispiel AISn25 die Prozessschritte in der Gleitlagervormaterialproduktion:



Abbildung 3-7: Gesamtprozess Streifenherstellung am Beispiel AlSn25¹⁵⁹

Der Prozessablauf in der Gleitlagervormaterialproduktion gliedert sich in vier Abschnitte:

- Vor-Sandwichherstellung
- Sandwichvorbereitung
- Stahlvorbereitung
- Streifenherstellung

Zu Beginn der Vor-Sandwichherstellung erfolgt der Zuschnitt der Deck- und Bindefolien. Nach dem Entfetten der Bindefolie werden beide Folien geblüht, gerichtet und an der Schleifmaschine Weber Alu (4620) geschliffen, um Unreinheiten zu entfernen. Simultan findet bei AlSn25 die Herstellung der Legierungsstreifen statt. Die Legierungsplatten werden am Beltcaster gegossen und in Streifenform geschnitten, am Walzwerk Mino (3706) ausgewalzt und gerichtet. Im Anschluss an die Glühbehandlung sind die Legierungsstreifen manuell zu reinigen. Die Prozessschritte Richten und Entfetten der Legierungsstreifen erfolgen vor dem Schleifvorgang an der Aluminiumschleifmaschine (4620). Die drei Vormaterialien

¹⁵⁹ Eigene Darstellung

Legierungsstreifen, Deck- und Bindefolie werden im Ofen erhitzt und am Walzwerk zum Vor-Sandwichstreifen plattiert.

Die Sandwichvorbereitung umfasst zehn Prozessschritte: An der Tafelschere (3004) wird der Vor-Sandwichstreifen in Sandwichplatten geteilt und anschließend am Walzwerk auf die geforderte Plattierdicke abgewalzt. Weitere Prozessschritte beinhalten das Richten, Glühen, Reinigen, Beschneiden der Längs- und Stirnseiten, bevor wieder gerichtet, entfettet und die Sandwichoberfläche aktiviert wird.

Gleichzeitig mit der Sandwichvorbereitung erfolgt die Vorbereitung des Stahls. Nach dem Richten, Entfetten und Vor- und Fertigschleifen wird der Stahlstreifen am Walzwerk Mino mit dem aufbereiteten Sandwich plattiert.

Die Verbundstreifenherstellung bei der Legierung AlSn25 ist durch das Plattierverfahren Kaltplattieren und warm nachwalzen gekennzeichnet. Zuerst wird bei Raumtemperatur (kalt) durch Zusammenwalzen ein Verbund zwischen Stahl und Sandwich hergestellt, bevor der Verbundstreifen im Ofen aufgewärmt und ein weiteres Mal (warm) nachgewalzt wird. Anschließend gibt es eine Unterscheidung zwischen Verbundstreifen mit geschliffenem Rücken (Rücken-fertig) und Verbundstreifen mit unbehandeltem Rücken (Rücken-nicht-fertig). Im Falle eines Rücken-fertig Streifens ist nach dem Entfetten anstatt der Diffusionsglühung in Sauerstoffatmosphäre das Schutzgasglühen anzuwenden. Beide Streifenarten werden des Weiteren geprüft, gereinigt und gerichtet. Ist die Streifendicke außerhalb der oberen Toleranzgrenze, findet am Walzwerk Sundweger (3704) ein Nachwalzen der Verbundstreifen statt. Im Anschluss wird ein rücken-nicht-fertig Verbundstreifen nochmals gerichtet, Ultraschall geprüft und an der Tafelschere 3001 oder 3006 in Platinen geschnitten. Rücken-fertig Streifen sind an der Schleifmaschine nachzuschleifen und am angeschlossenen Richtwalzwerk (3708) zu richten, bevor sie an die Streifenzerlegung geliefert werden.

Im Anhang sind die Prozessabläufe aller Legierungen abgebildet (siehe Anhang i).

3.2.3 Produktionsmaschinen

In der Abteilung GVP wird mit 17 Produktionsmaschinen das Vormaterial für die Gleitlagerherstellung produziert. Die Verbundstreifen werden abhängig vom Legierungstyp auf unterschiedlichen Maschinengruppen hergestellt. Beim Produktionsprozess kann ein Streifen auf einer Maschine mehrere Fertigungsschritte durchlaufen. In Tabelle 2 werden die Maschinen mit Arbeitsplatznummer und Maschinentyp erklärt. Die Arbeitsgänge für die in Kapitel 6 diskutierten Kapazitätssteigerungsmaßnahmen von wichtigen Maschinen – die Schleifmaschine Weber Stahl und das Walzwerk Mino– werden ausführlicher beschrieben.

Arbeitsplatzbezeichnung	ArbeitsplatzNr	Maschinentyp
Tafelschere Hämmerle	3001	Schere
Tafelschere Paskovski	3004	Schere
Tafelschere LVD	3006	Schere
Sundweger	3704	Walzwerk
Mino	3706	Walzwerk
Richtwalzwerk Schubert + US	3708	Richtwalzwerk
Richtwalzwerk alt Schubert	3709	Richtwalzwerk
Richtwalzwerk Hämmerle	3716	Richtwalzwerk
Richtwalzwerk Sandwiche	3718	Richtwalzwerk
Weber Stahl	4619	Schleifmaschine
Weber Alu	4620	Schleifmaschine
Websinger Ofen	6204	Schachtwagenofen
Schutzgasofen Cremer	6209	Schutzgasofen
Anwärmofen Holly	6215	Anwärmofen
Glühofen Holly	6216	Glühofen
Reinhard Ofen	6217	Wärmebehandlungsofen
Pero	7383	Entfettung

Tabelle 2: Maschinenarbeitsplätze in der Gleitlager Vormaterialproduktion

Schleifmaschine Weber Stahl

Auf dieser Schleifmaschine (Arbeitsplatznummer 4619) werden Unreinheiten und Beschädigungen des Just-in-Time angelieferten Stahles beseitigt, um diesen für das Plattieren vorzubereiten. Wie in Abbildung 3-8 dargestellt, muss die Adsorptionsschicht, die aus Gasen, wie Sauerstoff oder Wasserdampf und Ölrückstände besteht, an der Werkstückoberfläche entfernt werden. Die darunterliegende Oxidschicht und eine oberflächennahe Verfestigung (Störungsfeld der Bearbeitung) beeinträchtigen die Bindungsfähigkeit von Metalloberflächen und müssen vor dem Plattieren ebenfalls beseitigt oder durchbrochen werden.¹⁶⁰

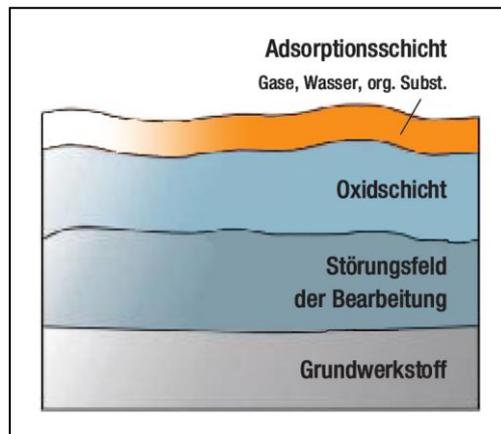


Abbildung 3-8: Oberflächenbeschaffenheit eines metallischen Werkstoffs¹⁶¹

Um eine saubere Oberfläche zu erhalten, werden die Stahlstreifen zuerst grob vorgeschliffen, visuell kontrolliert und etwaige Fehler mit einem Handfräser ausgefräst. Abhängig von der Dicke des Materials werden die Ober- und die Unterseite mit unterschiedlichen Körnungen geschliffen.

Beim zweiten Durchgang, dem Fertigschleifen, wird mit einer feinen Körnung die Oberfläche aktiviert. Anschließend werden die Streifen kontrolliert und entschieden, ob die Oberfläche in Ordnung ist oder aufgrund von Verunreinigungen nochmals nachgeschliffen werden muss. Die fertig geschliffenen Stahlstreifen werden auf einen Wagen gestapelt und zum nächsten Prozessschritt transportiert.

Ist der Tagesbedarf von derzeit ca. 500 Stahlstreifen vor- und fertiggeschliffen, wird mit dem Rücken Fertigschleifen von plattierten Verbundstreifen begonnen. Verbundstreifen für bestimmte Produkttypen werden am Stahlrücken nachgeschliffen und die Rückenoberfläche bis zum fertigen Produkt nicht mehr bearbeitet. Ein sensibler Umgang entlang der gesamten Prozesskette ist bei diesen Produkten unumgänglich.

¹⁶⁰ Vgl. Köhler (2006), S.7

¹⁶¹ Köhler (2006), S.7

Die geschliffenen Streifen werden auf Oberflächenfehler und Rautiefetoleranzen kontrolliert und anschließend am Richtwalzwerk Schubert (3708) gerichtet, Ultraschall geprüft und automatisch abgestapelt. Die beiden Maschinen sind mit einer klappbaren Transporteinrichtung miteinander verbunden. Beim Ultraschallprüfen werden Fehlerstellen erkannt und markiert, jedoch nicht ausgeschieden.

Walzwerk Mino

Am Walzwerk Mino werden Stahl mit Aluminium plattiert, Vor-Sandwiche hergestellt, Sandwiche auf Maß abgewalzt und bestimmte Aluminiumlegierungen ausgewalzt. Die Maschine wird in der Produktion als Engpassmaschine betrachtet.

Für das Plattieren liefern die Schleifmaschinen Weber-Stahl den geschliffenen Stahl und Weber-Alu das aktivierte Sandwich zum Walzwerk. Das Sandwich wird auf den Streifen gelegt und durch den Walzspalt geschickt (siehe Abbildung 3-9). Durch den Walzendruck werden die beiden Materialien miteinander verbunden. Die Dicke wird gemessen, die Säbeligkeit kontrolliert und der Streifen auf einen Transportwagen gestapelt.



Abbildung 3-9: Walzplattieren¹⁶²

¹⁶² Miba (2011b)

Auf dieser Maschine wird Stahl mit sechs verschiedenen Aluminiumlegierungen plattiert. Drei unterschiedliche Verfahren gewährleisten eine dauerhafte Verbindung der beiden Materialien:

Kaltplattieren (PK)

Die Aluminiumlegierungen werden bei Raumtemperatur mit dem Stahl zusammengewalzt. Beide Materialien werden durch hohen Druck auf atomare Abstände angenähert, wodurch ein Verbund entsteht. Durch ein anschließendes Diffusionsglühen wird die maximale Haftfestigkeit erzielt.¹⁶³ Kaltplattieren ist infolge der geringen Vorbereitungstätigkeiten das Plattierverfahren mit der kürzesten Durchlaufzeit. Plattiert wird mit einer Geschwindigkeit von 8,25 m/min.

Kaltplattieren mit warmem Sandwich (PKW)

Beim PKW Prozess erfolgt das Plattieren mit einem auf ca. 270°C erwärmten Sandwich und kaltem Stahl. Jedes Sandwich wird einzeln aus dem Ofen genommen, auf den geschliffenen Stahl gelegt und plattiert. Die Vorbereitungszeit ist länger als beim Kaltplattieren.

Kaltplattieren und warm nachwalzen (PK+PW)

Das Plattierverfahren PK+PW ist ein zweistufiger Prozess. Der erste Schritt ist identisch mit dem PK Verfahren, bei dem Stahl und Aluminium bei Raumtemperatur plattiert werden. Anschließend werden die Streifen bei 170°C angewärmt und nachgewalzt. Der Umform- und Diffusionsprozess läuft gleichzeitig ab. Material, das PK+PW plattiert wird, ist meist Rücken-fertig, und muss daher besonders schonend behandelt werden. Aus diesem Grund wird vor dem Beginn der Kaltplattierung und vor Start des Nachwalzens die untere Walze auf eine passende Rautiefe geschliffen. Eindrücke, Riefen und andere Beschädigungen des Rückens werden dadurch reduziert. Dieser zusätzliche Prozessschritt verlängert, im Vergleich zu den anderen Verfahren, die Durchlaufzeit dieser Produktgruppe.

Am Ende des Walzvorganges muss das Material innerhalb der vorgegebenen Toleranzgrenzen für die Stahldicke, die Auflagendicke und die Länge des Streifens liegen. Je dünner das Endmaterial desto mehr Stiche sind insgesamt notwendig (Vor-Sandwich und Streifenherstellung). Diese Vorgaben werden einer beigelegten Plattierzeichnung entnommen. Bei Einhaltung der Parameter erfolgt die Freigabe für die nächsten Prozessschritte.

¹⁶³ Vgl. Köhler (2006), S.7

Schachtwagenofen Websinger

Der Schachtwagenofen Websinger wird für das Diffusionsglühen von Rücken-nicht-fertig Streifen und für das Glühen von sehr langen Legierungsbarren verwendet. Beim Diffusionsglühen erfolgt in der Übergangsschicht ein Konzentrationsausgleich zwischen den beiden plattierten Materialien. Die Vermischung (Diffusion) der Bindungspartner bewirkt, dass ein untrennbarer Verbund entsteht (siehe Abbildung 3-10). Die dazu notwendige Energie wird durch Wärme über mehrere Stunden eingebracht.¹⁶⁴ Die Sauerstoffatmosphäre in der Glühkammer führt zu einer Verzunderung des Materials.

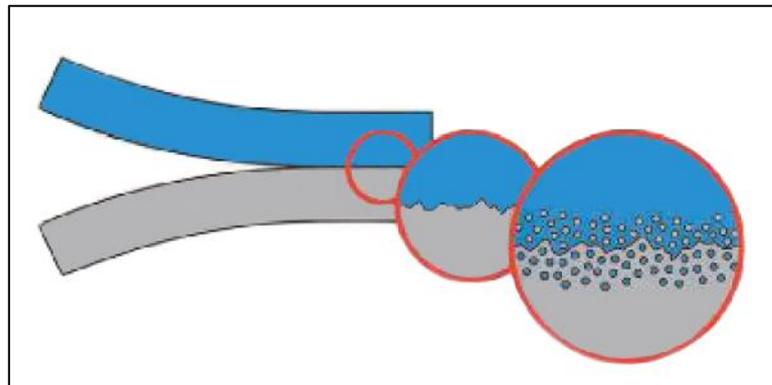


Abbildung 3-10: Bildung eines festen Verbunds durch Diffusion in der Bindezone¹⁶⁵

Schutzgasofen Cremer

Bevor die Verbundstreifen am Rücken fertig geschliffen werden, ist ein Diffusionsglühen im Schutzgasofen erforderlich. Das Diffusionsglühen unter Stickstoffatmosphäre vermeidet ein Anlaufen bzw. eine Verzunderung des Streifens. Ziel der Glühung ist es, einen festen Verbund durch atomare Platzwechselfvorgänge (Diffusion) zu erreichen¹⁶⁶ (siehe Abbildung 3-10).

Wärmebehandlungs-ofen Reinhard

Bei besonders stark abgewalzten Legierungen bringt das Plattieren mit dem PK+PW Verfahren Vorteile. Nach dem Kaltplattieren wird im Reinhardofen über der Rekristallisationsgrenze geglüht, um eine weitere Bearbeitung zu ermöglichen. Es können auch Diffusionsglühungen in diesem Ofen durchgeführt werden.

¹⁶⁴ Vgl. Bargel/Schulze (2005), S.162

¹⁶⁵ Vgl. Köhler (2006), S.8

¹⁶⁶ ebda.

Schleifmaschine Weber Alu

Diese Schleifmaschine ist für das Aktivieren der Aluminiumkomponenten zuständig. Für die zur Sandwichproduktion benötigten Aluminiumlegierung, Deck- und Bindefolien erfolgt der Schleifprozess an dieser Maschine (siehe Abbildung 3-11). Diese Einzelteile werden anschließend im Walzwerk zum fertigen Vor-Sandwich plattiert. Bevor das Sandwich mit dem Stahl verbunden wird (Verbundstreifen), muss es, zusätzlich geschliffen werden, um Verunreinigungen an der Oberfläche zu minimieren.



Abbildung 3-11: Geschliffene Legierungsoberfläche¹⁶⁷

Entfettungsanlage Pero

Kleine Partikel, Öl und Fett können Bundefehler beim Plattieren verursachen. Schmierstoffablagerungen am Material führen beim Schleifprozess zum Verschmieren der Schleifbänder. Zur Schmutz-Verringerung wird jede Komponente vor dem Schleifen unter Vakuum mithilfe einer chemischen Lösung entfettet.

Richtwalzwerke

Die Richtwalzwerke beseitigen Unebenheiten in den Folien, Legierungen, Sandwiches, Stahl und den plattierten Streifen. Die Welligkeit der Streifen beeinflusst den Schleifvorgang ungünstig und beim Glühen kann sich zwischen übereinandergestapelten Streifen Zinn ablagern. Aufgrund der Verformung beim Walzen muss das Richten entlang der Prozesskette mehrmals wiederholt werden.

¹⁶⁷ Miba (2011b)

Walzwerk Sundweger

Dieses Walzwerk wird hauptsächlich für das Kalandrieren, das seitliche Geraderichten der Streifen, eingesetzt. Zusätzlich werden Vor-Sandwiche zusammengewalzt. Infolge der begrenzten Walzkraft können nur spezielle Vor-Sandwich Typen plattiert werden.

Tafelschere Paskovski

Die Tafelschere Paskovski führt drei unterschiedliche Arbeitsschritte aus. Dünne Bleche, firmenintern Folien genannt, werden an dieser Schere aus den angelieferten Blechplatten zugeschnitten, die im weiteren Prozessverlauf als Binde- oder Deckfolien eingesetzt werden. Weiters dient diese Schere zum Zuschneiden aller vier Seiten der zusammengewalzten Vor-Sandwiche auf das richtige Maß. Die Aluminiumlegierungsplatten AlSn25 werden nach dem maßhaltigen Auswalzen am Walzwerk, an der Tafelschere Paskovski mittig geteilt.

Tafelschere Hämmerle und LVD

Die beiden Tafelscheren führen den letzten Arbeitsschritt in der GVP aus. Für Units, die keine Streifenzerlegung besitzen, wird das Vormaterial auf Gleitlagergröße geschnitten. Besonders bei dicken Streifen ist dies häufig der Fall. Die Tafelschere LVD schneidet Streifen von drei bis 20 Millimeter Dicke, die Tafelschere Hämmerle Material bis sieben Millimeter.

4 Produktionsanalyse

Die Darstellung der Prozessschritte im vorigen Kapitel veranschaulicht die Anzahl der Bearbeitungsschritte in der Gleitlagervormaterialproduktion. Eine Abstraktion der Fertigung reduziert die Komplexität und erleichtert die Analyse der Produktion. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden Einflussfaktoren der Fertigung untersucht und Engpassmaschinen ermittelt.

4.1 Abstraktion der Fertigung

Die Miba Gleitlager GmbH produziert Gleitlager für verschiedenste Anwendungen. KundInnen in der Automobilindustrie bauen effizientere Motoren, indem sie Gewicht einsparen und dafür Komponenten mit individuellen Abmessungen benötigen. Die Miba Gleitlager GmbH versucht als Sortenfertiger auf diese KundInnenwünsche bestmöglich einzugehen. Das umfangreiche Produktspektrum der Unternehmung soll für die durchzuführenden Analysen abstrahiert werden.

4.1.1 Ausgangssituation

Die Miba Gleitlager GmbH produzierte im Geschäftsjahr 2010/11, ausgehend von sieben Legierungen, 1.060 verschiedene Aluminium-Stahl Streifen (Gruppe G*) an Vormaterialien. Insgesamt gibt es ca. 8.000 unterschiedliche Artikel in der GVP, die jederzeit von den Units angefordert werden können. Um diese Komplexität zu reduzieren war es notwendig, die Produktpalette zu abstrahieren.

4.1.2 Praktische Umsetzung

Erster Schritt – Einteilung nach Legierung

Als erster Schritt erfolgte eine Einteilung aller Legierungen in drei Gruppen. Die fünf intern produzierten Vormaterialien wurden in zwei Gruppen zusammengefasst, zugekaufte Legierungen bilden die dritte Gruppe (siehe Tabelle 3). Die im Haus gefertigten Legierungen AlSn40, AlSn20 und AlSn6 besitzen ähnliche Fertigungsschritte und wurden daher als Gruppe AlSn zusammengefasst. AlSn10, AlSn25 und AlSn20/1500 (Legierung AlSn20 mit Zink Folie) bilden die Gruppe AlSn+. Bei diesen Legierungen sind zusätzliche Bearbeitungsschritte notwendig.

Gruppe	Legierung
AlSn	AlSn40
	AlSn20
	AlSn6
AlSn+	AlSn10
	AlSn25
	AlSn20/1500
AlZn	AlZn

Tabelle 3: Legierungsgruppen in der GVP

Zweiter Schritt – Einteilung nach Rückenbehandlung

Die im ersten Schritt beschriebene Einteilung war zu Beginn der Analyse ausreichend, um die Prozessabläufe darzustellen, produzierte Mengen abzubilden und die an die Units gelieferten Stückzahlen zu berechnen.

Rasch wurde jedoch klar, dass diese Einteilung eine detaillierte Analyse der Produktion erschwert und eine weitere Unterteilung notwendig macht. Die drei Gruppen wurden zusätzlich jeweils in Rücken-fertig Streifen und Rücken-nicht-fertig Streifen unterteilt. Für Rücken-fertig Streifen sind zusätzliche Maschinen und Arbeitsschritte bei der Herstellung notwendig.

Dritter Schritt – Einteilung nach Gewicht

Bei der Erstellung des Simulationsmodells wurden die Vorgabezeiten der Streifenproduktion analysiert und eine Interdependenz zwischen Streifengewicht und Bearbeitungszeit festgestellt. Daraus resultierend wurden die jeweiligen Gruppen zusätzlich in Gewichtsklassen eingeteilt, um eine bessere Zuordnung der Vorgabezeiten zu ermöglichen. Es erfolgte eine Einteilung in die Gewichtsklassen <15 kg, 15 bis 24 kg und >24 kg (siehe Abbildung 4-1).



Abbildung 4-1: Abstraktion der Fertigung¹⁶⁸

¹⁶⁸ Eigene Darstellung

4.2 Analyse der Gleitlagervormaterial Produktion

Das Ziel der Untersuchung war, ausbringungslimitierende Einflussfaktoren zu analysieren und Engpässe in der Produktion zu erkennen. Die getroffene Einteilung ermöglichte es, die Produktion nach einem aussagefähigen Klassifikationsschema zu untersuchen. Um aktuelle Ergebnisse zu erzielen, wurde das Geschäftsjahr 2010/11 (1. Februar 2010 bis 31. Jänner 2011) als Datengrundlage ausgewählt. Als Datenquelle dienten Betriebsdatenerfassungs- (BDE) und SAP-Daten, die mit der Unternehmung abgestimmt wurden.

4.2.1 Analyse der Warengruppen

Im Geschäftsjahr 2010/11 produzierte die GVP 112.754 Stück Stahl-Aluminium-Streifen für zwei unterschiedliche AbnehmerInnen. In der Gruppe G* werden die Verbundstreifen für die internen Units zusammengefasst, während die Gruppe Verkauf Verbundstreifen für den Direktabsatz repräsentiert.

Die dritte Gruppe Sandwich enthält die für die Produktion notwendigen Vorverbunde (siehe Abbildung 4-2).

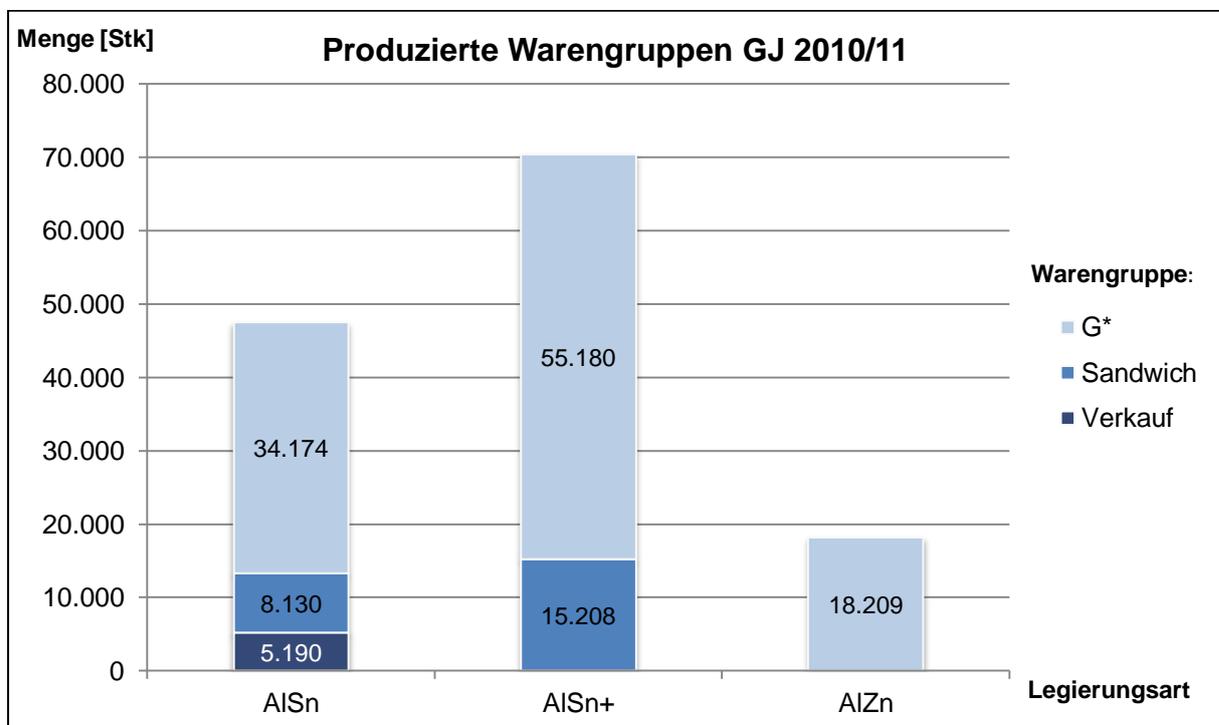


Abbildung 4-2: Analyse der Warengruppen im GJ 2010/11¹⁶⁹

Mit 49% der Verbundstreifenfertigung sind Gleitlager aus der Legierungsgruppe AlSn+ am stärksten gefragt. Zur Abdeckung dieser Menge mussten bei einem

¹⁶⁹ Eigene Darstellung

mittleren Teilungsfaktor von 3,62, 15.208 Vor-Sandwiche produziert werden. Knapp 40.000 Streifen, das sind 35% der Produktion, wurden von der Gruppe AISn gefertigt. Durchschnittlich konnten aus einem Vor-Sandwich 4,8 Verbundstreifen hergestellt werden, wodurch die GVP im abgelaufenen Geschäftsjahr 8.130 Vor-Sandwiche benötigte. Aus den zugekauften Legierungsplatten produzierte die Vormaterialfertigung 18.209 AlZn Produkte.

4.2.2 Analyse des Vormaterialflusses

Die Hauptabnehmer der Gleitlagervormaterialproduktion sind die internen Units G*. Wie in Kapitel 3.1 beschrieben, produzieren die Linien unterschiedliche Produkte und sind dadurch auf verschiedene Mengen an Vormaterialien angewiesen.

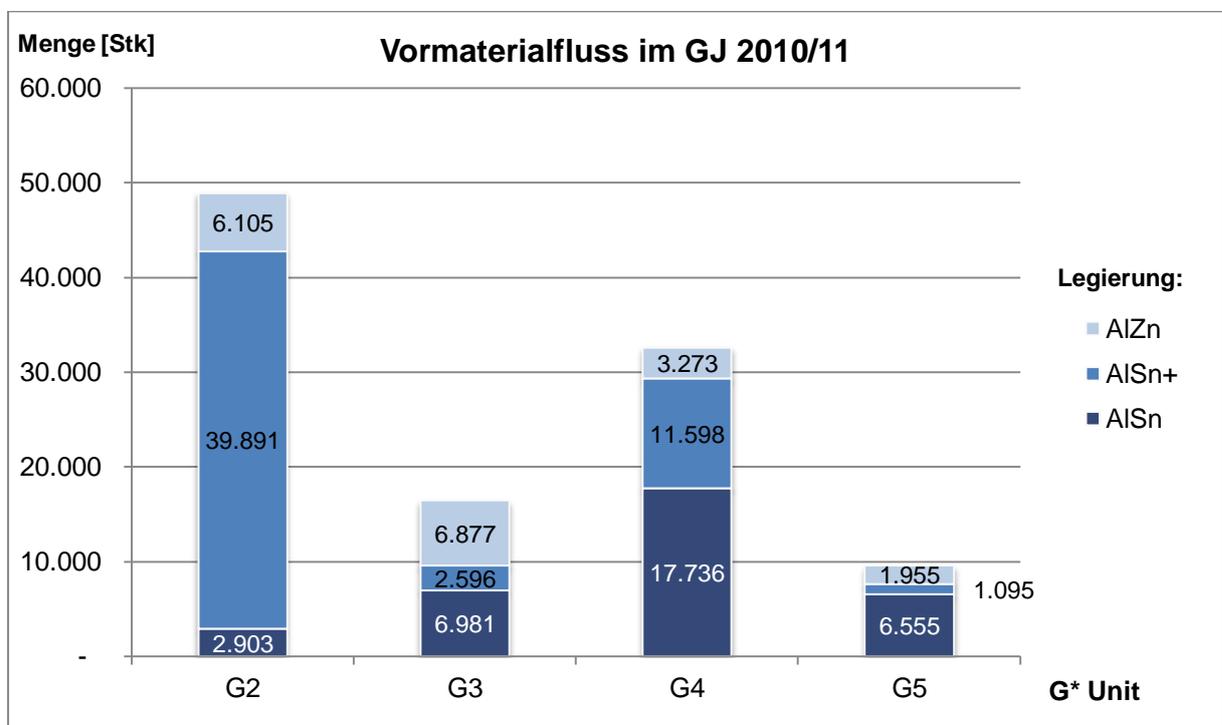


Abbildung 4-3: Analyse des Vormaterialflusses im GJ 2010/11¹⁷⁰

Wie Abbildung 4-3 zeigt, benötigte die G2 im GJ 2010/11 48.898 Verbundstreifen und war somit die produktionsstärkste Linie. 82% der hergestellten Gleitlager in der G2 wurden aus der Legierung AISn+ gefertigt. Die übrigen 18% bildeten mit 6.105 Stück die Gruppe AlZn und mit 2.903 AISn.

Die Unit G3 produzierte die Legierungsgruppen AlZn und AISn zu je 42%. AISn+ war mit 2.596 Verbundstreifen in dieser Linie mit den restlichen 16% vertreten. Insgesamt wurden 16.454 Streifen in der G3 verwendet.

Der größte Abnehmer der Gruppe AISn war mit 17.736 Stück die Linie G4. Dies entspricht etwa 54% des Bedarfs von 32.607 Verbundstreifen. 11.598 Stück

¹⁷⁰ Eigene Darstellung

respektive 35% der Menge bestellte die G4 aus der Legierungsgruppe AlSn+. Der restliche Anteil von 10% wurde durch AlZn abgedeckt.

Die Unit G5 bezog 9.605 Streifen von der GVP und produzierte somit aus 9% der Gesamtstreifenmenge ihre Gleitlager. Mit 68% oder 6.555 Stück war AlSn die stärkste Legierung an dieser Linie. 21% AlZn und ca. 11 % AlSn+ waren die übrigen Legierungsgruppen die in der G5 verarbeitet wurden.

4.2.3 Rückenanalyse der Verbundstreifen

In Schritt zwei der Abstraktion wurde die erste Einteilung verfeinert und Gruppen für Rücken-fertig und Rücken-nicht-fertig Streifen definiert. Die Aufteilung im Geschäftsjahr 2010/11 betrug jeweils 50% der Gesamtstreifenproduktion der G* (siehe Abbildung 4-4).

Rücken-fertig Streifen wurden fast gänzlich (90%) in die G2 geliefert. Diese Unit verarbeitet mit 48.518 Stück ausschließlich Rücken-fertig Streifen. Die restlichen zehn Prozent wurden von der Unit G3 angefordert.

Die Unit G4 ist spezialisiert auf Rücken-nicht-fertig Streifen und verwertete im vergangenen Jahr 32.703 Stück. Dies entspricht ca. 62% aller Streifen mit nicht fertig geschliffenem Rücken. 10.859 Streifen wurden in die G3 geliefert. Diese Unit ist die Einzige, die beide Streifenarten verarbeiten kann. Die G5 vollzog ihre Wertschöpfung ausschließlich an 9.615 Rücken-nicht-fertig Streifen.

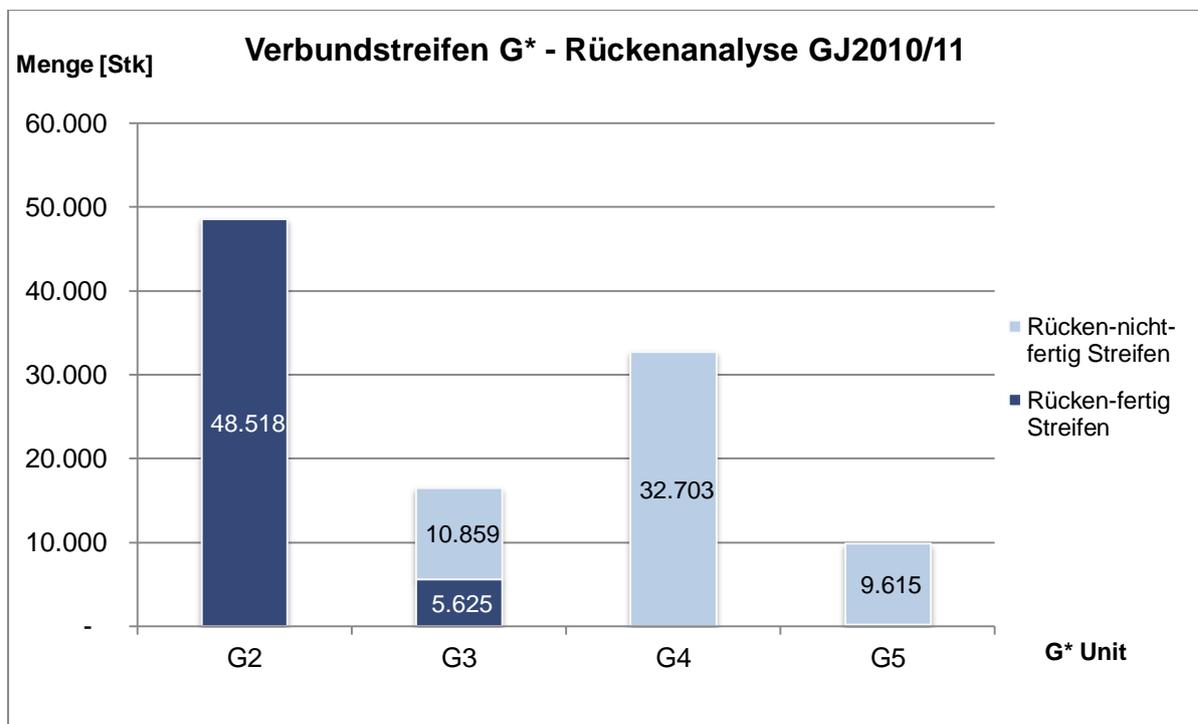


Abbildung 4-4: Rückenanalyse der Verbundstreifen im GJ 2010/11¹⁷¹

¹⁷¹ Eigene Darstellung

4.2.4 Gewichtsanalyse der Verbundstreifen

Aufgrund der hohen Produktvielfalt und der daraus resultierenden unterschiedlichen Abmessungen variiert das Gewicht der Streifen sehr stark. Es wurden Gewichtsklassen gebildet (siehe Kapitel 4.1.2) und den einzelnen Units zugeordnet.

Wie in Abbildung 4-5 ersichtlich, wurden leichte Streifen (<15 kg) hauptsächlich in die Unit G2 geliefert. 38.596 Stück, entspricht 80% dieser Klasse, verarbeitete diese Produktionslinie in fertige Gleitlager. Darüber hinaus transportierte die GVP 1.684 Stück zur Unit G5 und 903 Streifen an die G3.

Die zweite Klasse (15-24kg) wurde von allen Units benötigt. Die G3 mit 10.292 Stück (32%) und die G2 mit 9.667 Stück (30%) deckten bereits über 60% des Bedarfs in dieser Gruppe. Die G4 forderte im Geschäftsjahr 2010/11 6.452 Streifen an und die G5 5.332 Stück.

80% der Gewichtsklasse >24kg (schwere Streifen) produzierte die GVP für die Unit G4, die diese Streifen zu Großgleitlagern weiterverarbeitet. Mit 5.289 Stück deckt die G3 ihren Bedarf an schweren Streifen und die G5 war auf 2.821 Verbundstreifen angewiesen.

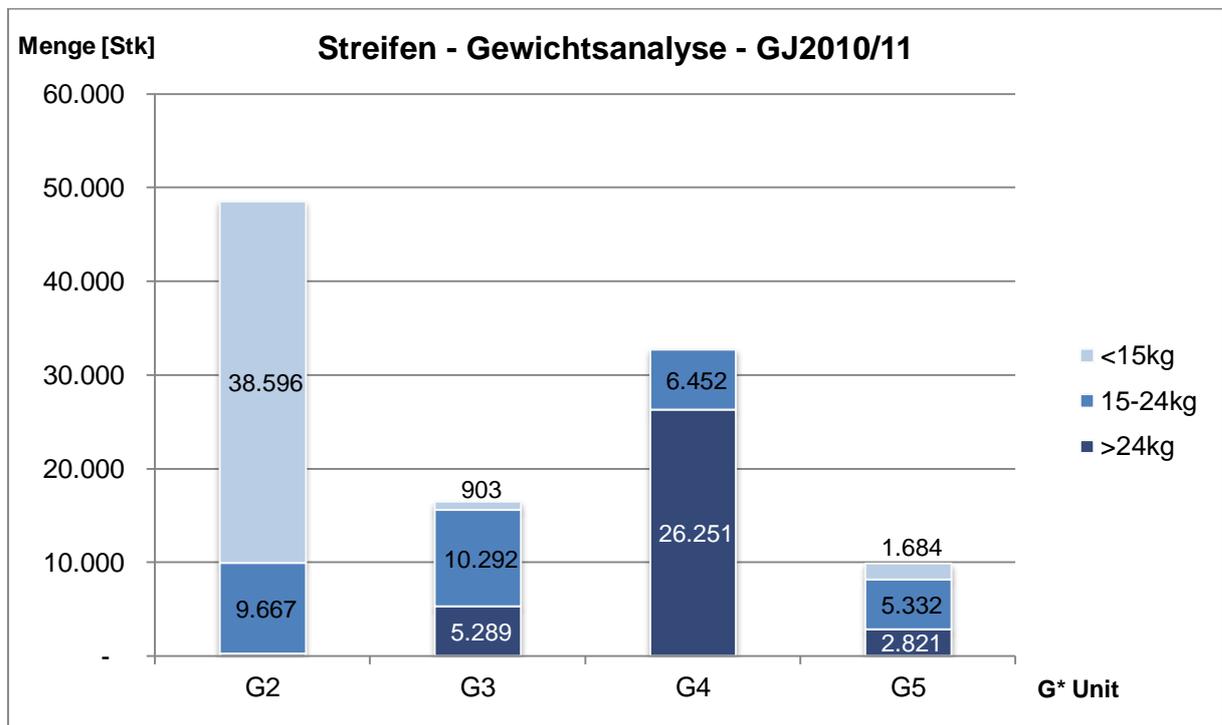


Abbildung 4-5: Gewichtsanalyse GJ 2010/11¹⁷²

¹⁷² Eigene Darstellung

4.2.5 Analyse der Ausbringungsmengen

Die GVP muss wöchentlich ein geplantes Kontingent an Vormaterialstreifen für die Units fertigen. Auftretende Abweichungen gilt es dabei bestmöglich zu kompensieren, um dieses Ziel kontinuierlich zu erfüllen.

Das Geschäftsjahr 2010/11 war ein sehr turbulentes Jahr für die Gleitlagervormaterialproduktion in Laakirchen. In Abbildung 4-6 ist zu sehen, dass zu Beginn des Jahres im Drei-Schicht Betrieb durchschnittlich 2.100 Streifen pro Kalenderwoche produziert wurden. Um die steigende Nachfrage nach Gleitlager zu decken, beschloss die Geschäftsführung ab Kalenderwoche (KW) 23/2010 auf Vier-Schicht Betrieb umzustellen. Infolgedessen konnte die Ausbringungsmenge auf durchschnittlich 2.400 Verbundstreifen für die G* und die Verkaufsgruppe erhöht werden. Die Umstellung erforderte den Aufbau von neuem Personal, wodurch es in der Anfangsphase zu Schwankungen der produzierten Mengen kam.

In den letzten Wochen des Kalenderjahres 2010 verursachten Probleme beim Beltcaster einen Abfall der Ausbringungsmenge. Es wurden weniger Sandwiche hergestellt und die produzierbare Streifenanzahl reduziert. Die Feiertage zu Jahresende 2010 und Jahresbeginn 2011 führten zu einer vorhersehbaren, geringeren Stückzahl als im Normalbetrieb.

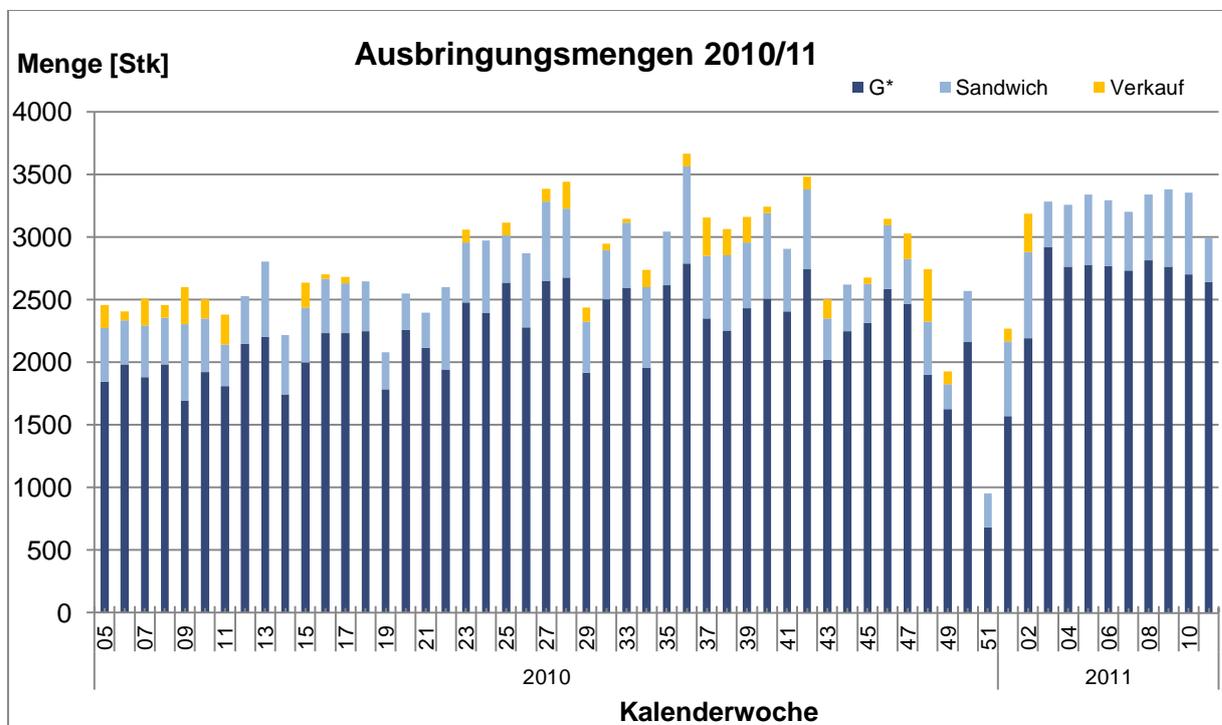


Abbildung 4-6: Ausbringungsmengen GJ 2010/11¹⁷³

¹⁷³ Eigene Darstellung

Im neuen Jahr und im neuen Geschäftsjahr (ab KW 05/2011) lief die Produktion ohne nennenswerte Störungen weiter. Im Zeitraum zwischen KW 02/2011 und KW 10/2011 lag die durchschnittliche Ausbringungsmenge bei 2.750 Stück. Es wurden im Mittel 545 Sandwich erzeugt und keine Verkaufsartikel.

4.3 Einflussfaktoren

Abbildung 4-6 veranschaulicht die wöchentlichen Schwankungen in der Ausbringungsmenge. Planbare und nicht planbare Einflussfaktoren wirken auf die Produktion und erfordern flexible Maßnahmen, um die erwartete Ausbringungsstückzahl zu erfüllen.

4.3.1 Planbare Einflussfaktoren

Planbare Einflussfaktoren sind Ursachen, die im Vorhinein bekannt sind und bereits in der Planung berücksichtigt werden können. Diese umfassen Produktmix, Losgrößen, Feier- und Feiertage.

Produktmix

Die Miba Gleitlager GmbH ist ein Sortenfertiger (siehe Kapitel 2.3) und stellt als Grundprodukt Gleitlager in unterschiedlichsten Varianten her. Die Unterscheidungsmerkmale sind Legierung, Produktabmessungen (Länge, Breite, Legierungsdicke und Stahldicke) und Beschichtungen.

Die hohe Produktvielfalt resultiert in einem wöchentlich sehr unterschiedlichen Produktionsprogramm. Die Zusammensetzung des Fertigungsprogramms wird Produktmix genannt und hat einen wesentlichen Einfluss auf die Ausbringungsmenge.

Im Geschäftsjahr 2010/11 wurden, ab Umstellung auf Vier-Schicht-Betrieb, 74.903 Streifen und somit 4.453 Stück weniger als im GJ 2008/09 produziert (siehe Abbildung 4-7). Die genaue Analyse des Produktmix ergab, dass 5.246 AISn und 6.648 AlZn Streifen weniger gefertigt wurden, jedoch zusätzlich 7.441 Stück an AISn+. Der Unterschied in der Gesamtproduktionsmenge lässt sich mit der Bearbeitungsdauer der einzelnen Legierungsgruppen begründen.

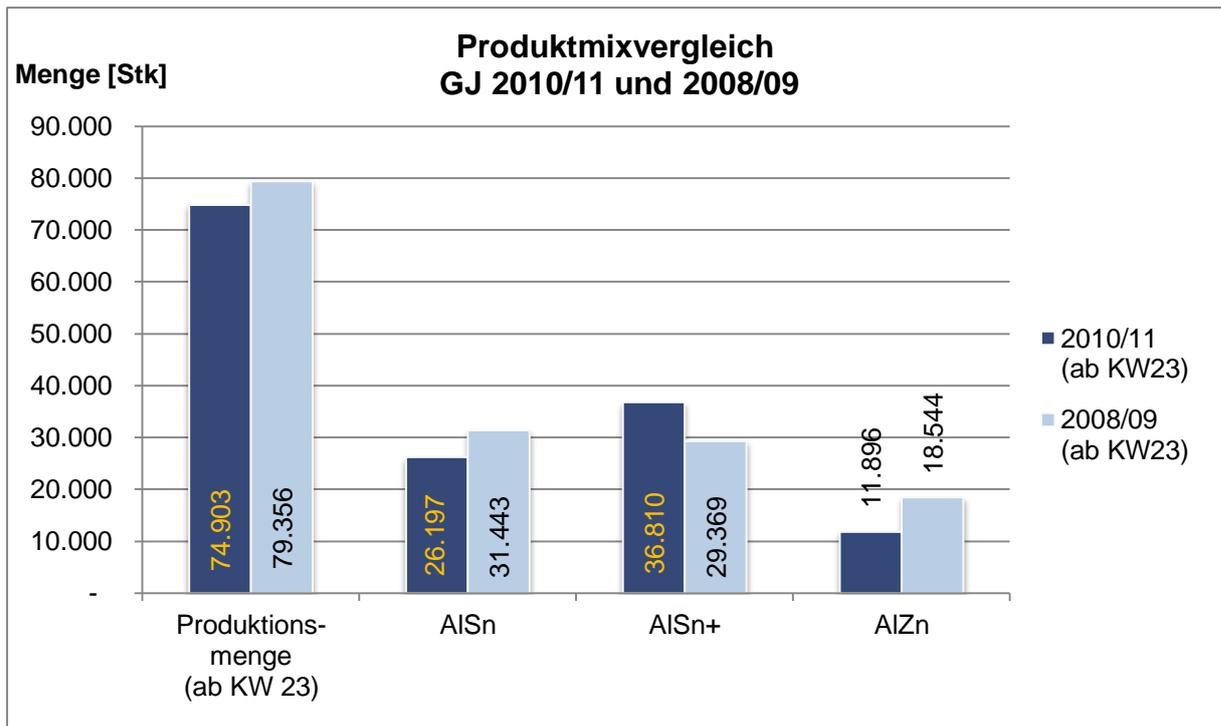


Abbildung 4-7: Produktmixvergleich GJ 2010/11 und GJ 2008/09¹⁷⁴

Die Verbundstreifen der drei Legierungsgruppen durchlaufen verschiedene Fertigungsprozesse und erfordern Prozessschritte mit unterschiedlicher Zeitdauer. Bei Produktionsprogrammänderungen verändern sich die Abläufe und der Kapazitätsbedarf an den Maschinen. In Abbildung 4-8 sind die Bearbeitungszeiten am Walzwerk dargestellt. Die Legierungsgruppe AISn+ benötigt, aufgrund des Plattierverfahrens PK+PW, mit durchschnittlich 3,34 min mehr als doppelt so viel Zeit wie die Gruppe AISn mit dem PK Verfahren. Die Bearbeitungszeit bei AlZn ist mit 2,82 min ebenfalls erheblich länger als bei AISn. Diese Gruppe wird auch mit dem PK+PW Verfahren plattiert und bedarf keiner Sandwichherstellung.

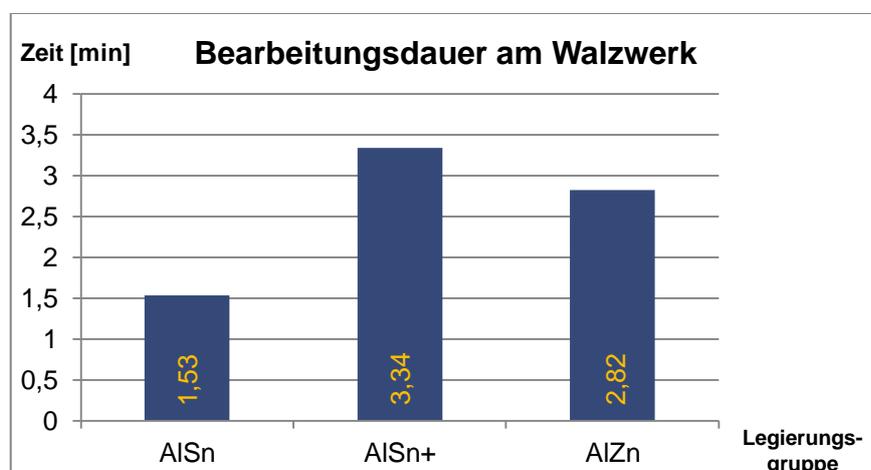


Abbildung 4-8: Bearbeitungsdauer am Walzwerk¹⁷⁵

¹⁷⁴ Eigene Darstellung

¹⁷⁵ Eigene Darstellung

Der Produktmix an der Schleifmaschine ist des Weiteren von der Rückenbehandlung abhängig. Rücken-fertig Streifen belasten die Schleifmaschine mehr als Rücken-nicht-fertig Streifen. Der zusätzliche Schleifdurchgang reduziert die Produktionsmenge der Maschine, wodurch weniger Zeit für das Vor- und Fertigschleifen der Stahlstreifen zur Verfügung steht.

Auch die Verteilung der Gewichtsklassen ändert sich bei einer Verschiebung des Produktmix. Schwere Streifen (>24 kg) besitzen längere Vorgabezeiten als leichte Streifen (<15 kg). Wird der Anteil an schweren Streifen erhöht, verringert sich die maximale Ausbringungsmenge.

Losgröße

Die Mindestproduktions- oder -beschaffungsmenge wird Losgröße genannt.¹⁷⁶ Je nach Bestelleingang errechnet das Supply Chain Management (SCM) die benötigte Streifenlosgröße und gibt sie an die Gleitlagervormaterial-Produktion weiter. Auch hier spielt das umfangreiche Produktportfolio der Miba Gleitlager GmbH eine wesentliche Rolle. Bei der Vielzahl an Produkten gibt es einige wenige Rennerartikel mit großen Stückzahlen und viele Aufträge mit kleinen Losgrößen. Die Rennerartikel, in Abbildung 4-9 als A-Teile gekennzeichnet, repräsentieren 10% der Produktpalette und 80% der Produktionsmenge. B-Teile umfassen ca. 20% der produzierten Güter und 15% der Ausbringung. Die größte Anzahl von Teilen (70%) verkörpern C-Teile, die einen Mengenanteil von 5% besitzen.

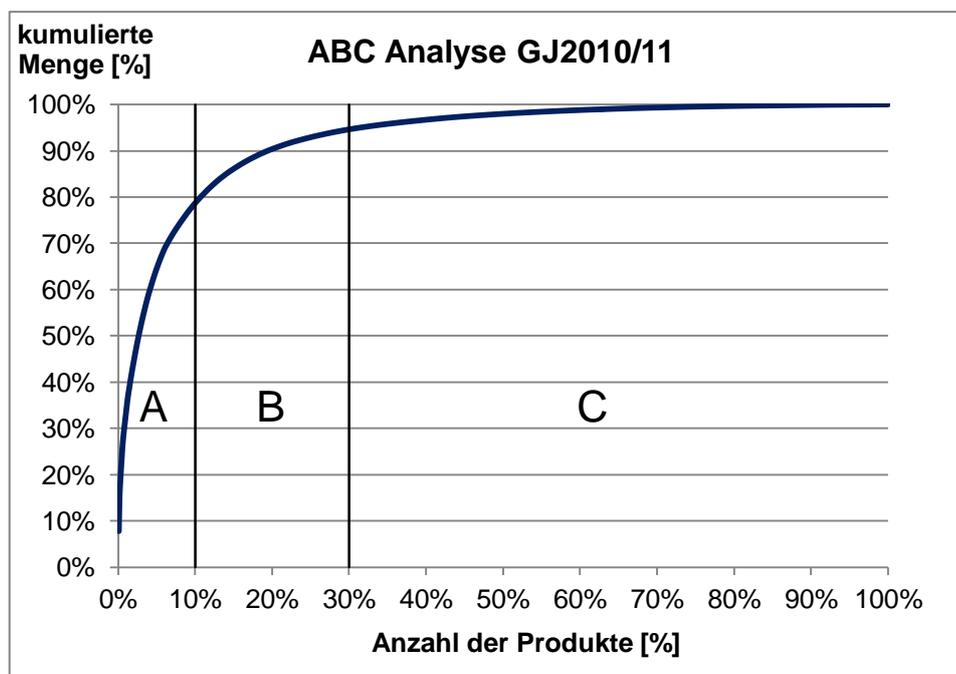


Abbildung 4-9: ABC-Analyse GJ 2010/11¹⁷⁷

¹⁷⁶ Vgl. Gienke (2007), S. 683

¹⁷⁷ Eigene Darstellung

So wurden im letzten Geschäftsjahr (2010/11) 1.058 verschiedene Artikel hergestellt. Die Hälfte der Fertigung (50%) entfiel auf nur 28 Produkte (siehe Abbildung 4-10). 1.030 Erzeugnissen bilden die restlichen 50% der Produktion, wobei 521 Produkte in Summe eine Losgröße ≤ 10 Stück hatten.

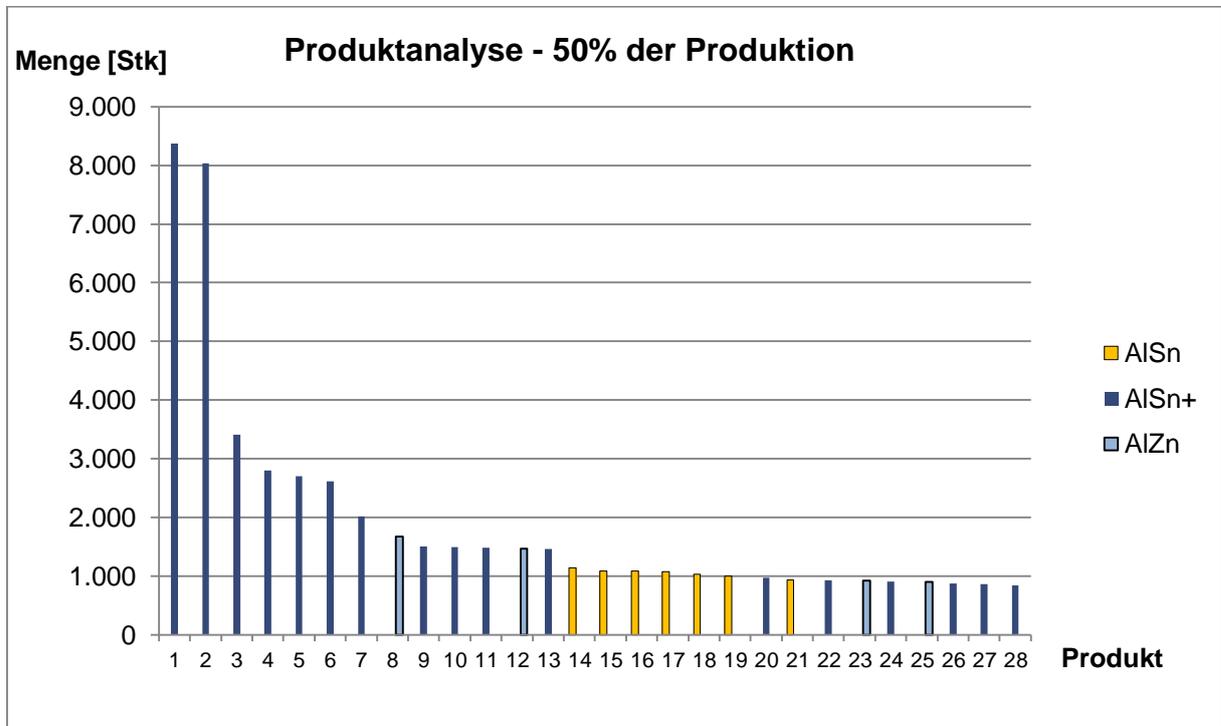


Abbildung 4-10: Artikel die in Summe 50% der Produktion ausmachen¹⁷⁸

Kleine Losgrößen haben Vor- und Nachteile. Die Produktion besitzt bei kleinen Losen eine hohe Flexibilität und kann schnell auf Änderungen reagieren. Es werden die Durchlaufzeiten verkürzt und Lagerkosten eingespart. Nachteilig sind ein höherer Steuerungs- und Kontrollaufwand - die Transparenz nimmt ab und Rüstkosten steigen.

Die Abbildung 4-11 zeigt die Verteilung der Losgrößen aus dem GJ 2010/11. Aufträge mit einer Losgröße < 5 sind mit einer Anzahl von 1.133 Spitzenreiter. Die Verteilung nimmt in Richtung größerer Lose annähernd exponentiell ab und ist bis zur Losgröße 150 aufgetragen.

¹⁷⁸ Eigene Darstellung

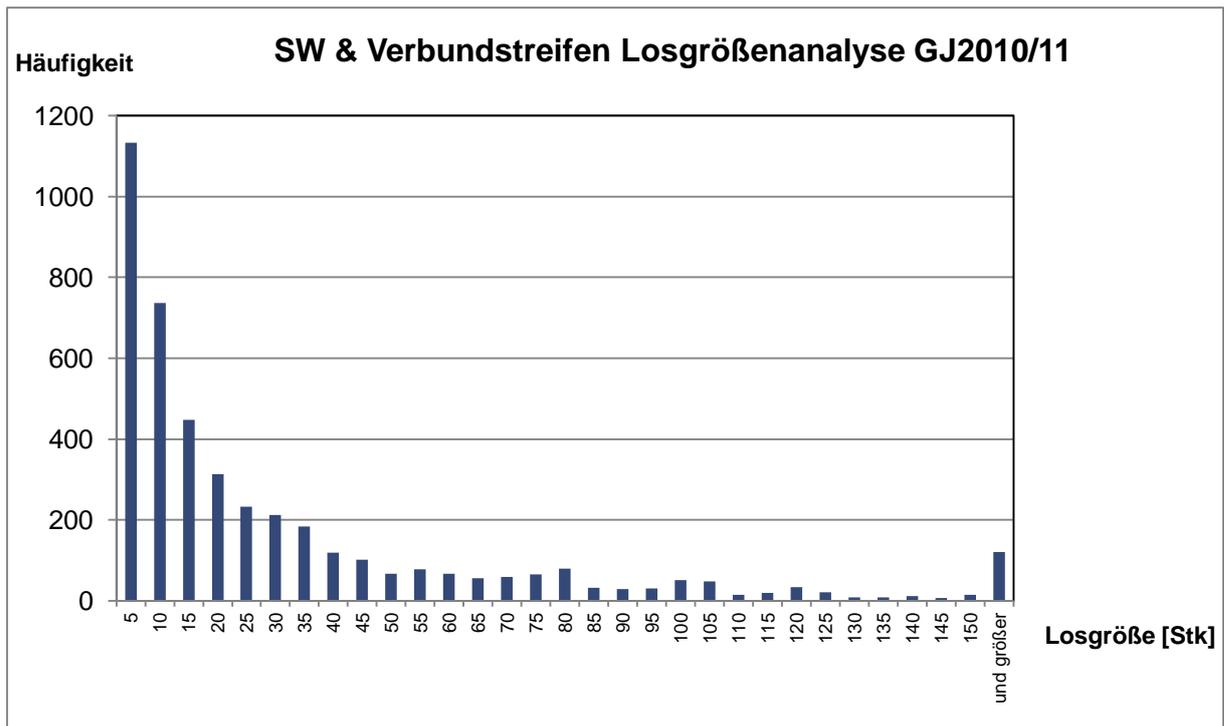


Abbildung 4-11: Losgrößenanalyse - Sandwich und Verbundstreifen GJ 2010/11¹⁷⁹

Die Analyse der Losgrößen für das letzte Geschäftsjahr ergab zwei Erkenntnisse: Erstens wurde ein Großteil der Aufträge mit sehr kleinen Losgrößen gefertigt und zweitens streute die Losgröße sehr stark. Es gab Aufträge mit 150 Stück genauso wie Aufträge von nur einem Stück.

Feier- und Fenstertage

Schwankungen in der wöchentlichen Ausbringungsmenge können auch auf Feier- und Fenstertage zurückgeführt werden. Dadurch reduzieren sich die Wochenarbeitsstunden und die Anzahl der gefertigten Streifen. Dieser Einflussfaktor ist bereits im Voraus bekannt und wird in der Planung berücksichtigt.

¹⁷⁹ Eigene Darstellung

4.3.2 Nicht planbare Einflussfaktoren

Nicht planbare Einflussfaktoren können in der Planung nicht berücksichtigt werden. Ihr Auftreten ist zufällig und führt meistens zu unerwarteten Schwierigkeiten in der Produktion. Nicht geplante Maschinenstillstände, Personalfehlzeiten und Ausschuss zählen zu diesen Einflussfaktoren. Die Ergebnisse wurden aus der Produktionsanalyse und von Mitarbeitergesprächen abgeleitet.

Nicht geplante Maschinenstillstände

Ungewollte Stillstandszeiten an den Produktionsmaschinen, aufgrund von Gebrechen, außerplanmäßige Instandhaltungsmaßnahmen oder fehlender Materialversorgung, führen zu einer Verringerung des wöchentlichen Kapazitätsangebots und sollen vermieden werden. Vorausschauende Instandhaltung und exakte Planung vermindern die Auswirkungen.

Personalfehlzeiten

Kurzfristige Erkrankungen, Unfälle, Arztbesuche oder Todesfälle führen zu einem Kapazitätsverlust. Sind mehrere MitarbeiterInnen verhindert und erscheinen nicht zur Arbeit, kann dies das Abstellen von Maschinen bedeuten. Der Materialfluss gerät ins Stocken und verringert das Potential zur Leistungserstellung.

Ausschuss

Fehlerhafte Teile in der Fertigung führen zu keiner Verringerung der Kapazität, reduzieren jedoch die Liefermenge der GVP an die Units und verursachen Ausschusskosten. Auftretende Fehlerquellen können Bindefehler zwischen den Materialien, Beschädigungen oder eine zu geringe Wanddicke sein.

4.4 Engpassbestimmung

Die maximale Ausbringungsmenge in der GVP wird von einem Engpass begrenzt. Andernfalls könnten unendlich viele Streifen produziert werden. Diese Feststellung basiert auf der allgemeinen Aussage von E. Goldratt, die in der Theory of Constraints genau beschrieben wird.¹⁸⁰ Ziel der Unternehmung muss es sein, diesen Engpass zu finden und Maßnahmen zur Beseitigung einzuleiten.

¹⁸⁰ Vgl. Goldratt (2001)

4.4.1 Vorgehensweise

Die Ausstoßmenge wird vom Produktmix, den Losgrößen und anderen Faktoren beeinflusst (siehe Kapitel 4.3). Als Maß für die maximale Kapazität wurde deswegen die verfügbare Betriebsmittelzeit herangezogen. Dieser Maximalwert bleibt auch bei einer Änderung im Produktmix oder der Losgrößen konstant und repräsentiert die Kapazität des Betriebsmittels.

Durch Vergleich der Netto Betriebszeit und der nutzbaren Betriebsmittelzeit kann eine Aussage über die Auslastung der Maschine getroffen werden. Liegt eine Maschine über einem definierten Auslastungsniveau, ist sie ein Engpass und begrenzt die Ausbringungsmenge.

4.4.2 Untersuchung

Ausgehend von der verfügbaren Wochenzeit (Kalenderzeit, 7Tage, 24h) wurden geplante unproduktive Zeiten, wie keine Maschinenbelegung, Pausen und Instandhaltung, abgezogen. Die verfügbare Betriebsmittelzeit ist die maximale Maschineneinsatzzeit und stellt die Basis der Berechnung dar. Anschließend wurden ungeplante Instandhaltung, Rüstzeit und weitere Stillstandszeiten abgerechnet, um die Netto Betriebszeit zu erhalten. Wird diese Zeit durch die verfügbare Betriebsmittelzeit dividiert, berechnet sich die Verfügbarkeitsrate (siehe Kapitel 2.9). Die Netto Betriebszeit ist ident mit der theoretisch zur Verfügung stehenden Bearbeitungszeit. Verglichen mit der nutzbaren Betriebsmittelzeit (rückgemeldete Maschinenbearbeitungszeit) ergibt sich die Leistungsrate der Maschine. Die Differenz zwischen Netto Betriebszeit und nutzbaren Betriebsmittelzeit wurde als Geschwindigkeitsverlust deklariert, um die Abweichung zwischen theoretischer und tatsächlicher Bearbeitungszeit aufzuzeigen. Der Ausschuss verringert die nutzbare Betriebsmittelzeit und ergibt die wertschöpfende Betriebsmittelzeit. Der Quotient dieser beiden Zeiten repräsentiert die Qualitätsrate der Maschine. Durch Multiplikation der Verfügbarkeits-, Leistungs- und Qualitätsrate errechnet sich die Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness).

In Tabelle 4 und Tabelle 5 wird ausführlich die Gesamtanlageneffektivität des Walzwerks berechnet. Tabelle 6 zeigt die OEE Kennzahlen ausgewählter Produktionsmaschinen in der GVP. Die detaillierte Analyse aller Produktionsanlagen befindet sich im Anhang (siehe Anhang iv).

Gesamtanlageneffektivität (OEE)				
A3706 - Mino		KW 04/2011 – 15/2011		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	0	min/KW		Pause wurde durchgearbeitet
-Geplante Instandhaltung	99	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Walzenwechseln	37	min/KW		1x pro Quartal (7,5h)
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00 Uhr
Verfügbare Betriebszeit	9104	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Walzenreinigung	360	min/KW		20min - 2x pro Tag
-Rüstzeit	1120	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7560	min/KW	83%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	200	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	7360	min/KW	97%	Leistungsrate
-Ausschuss	1	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	7530		100%	Qualitätsrate
*Jahresdaten aus GJ2010/11			OEE	81%

Tabelle 4: Gesamtanlageneffektivität – Walzwerk 2011

A3706 - Mino		GJ 2010/11		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	1440	min/KW		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	99	min/KW		aus IH-Auswertung
-Walzenwechseln	37	min/KW		1x pro Quartal (7,5h)
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7814	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW		aus IH-Auswertung
-Walzenreinigung	360	min/KW		20min - 2x pro Tag
-Rüstzeit	743	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	6647	min/KW	85%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	347	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	6300	min/KW	95%	Leistungsrate
-Ausschuss	2	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	6300		100%	Qualitätsrate
			OEE	81%

Tabelle 5: Gesamtanlageneffektivität – Walzwerk GJ 2010/11

Anlage	Leistungsrate 2011	OEE 2011	Leistungsrate 2010	OEE 2010
Walzwerk Mino (3706)	97%	81%	95%	81%
Schleifmaschine Weber Stahl+ RWW (4619 + 3708)	99%	80%	98%	79%
Schleifmaschine Alu (4620)	63%	58%	61%	56%
Tafelschere LVD (3006)	63%	50%	58%	47%
Tafelschere Hämmerle (3004)	24%	22%	22%	20%
RWW Hämmerle (3716)	56%	53%	51%	48%
Entfettung Pero (7383)	92%	86%	95%	87%
Walzwerk Sundweger (3704)	58%	52%	61%	54%

Tabelle 6: Gesamtanlageneffektivität ausgewählter Produktionsmaschinen

4.4.3 Ergebnisse der Engpassbestimmung

Als Engpassgrenze wurde gemeinsam mit dem Produktionsleiter ein Leistungsindex von 90% bestimmt. Liegt der Leistungsindex über dieser Schranke, wird die Maschine in der verfügbaren Zeit maximal ausgelastet und begrenzt die Ausbringungsmenge. Der Leistungsindex ist als Engpasskennzahl besser geeignet als der OEE Prozentsatz, da aufgrund hoher Rüstzeiten oder ungeplanten Instandhaltungen der OEE verringert wird, obwohl eine hohe Auslastung vorliegt.

In der Gleitlagervormaterialproduktion ist der Leistungsindex bei drei Maschinen über dieser Grenze. Beim Walzwerk Mino, der Schleifmaschine Weber Stahl + RWW und bei der Entfettungsanlage Pero.

Nach Rücksprache mit dem Produktionsleiter und Mitarbeitern in der Fertigung wurde festgestellt, dass für die Entfettungsanlage alte Daten vorliegen. Die Anlage wurde im Sommer 2010 in Betrieb genommen und hatte noch keine anlagenspezifischen Bearbeitungszeiten. Durch Verbesserung der Arbeitsweise und mithilfe einer Zeitaufnahme konnten die Zykluszeiten reduziert werden. Die Anlage wird nun besser genutzt als in den Erhebungsdaten beschrieben und kann demnach nicht mehr als Engpass bezeichnet werden.

Die Leistungsrate der beiden übrigen Maschinen liegt knapp unter 100%, wodurch die gesamte zur Verfügung stehende Netto Betriebszeit für die Leistungserstellung genutzt wird. Derzeit wird an diesen beiden Maschinen mit der maximalen Kapazität produziert, folglich sind das Walzwerk Mino und die Schleifmaschine Weber Stahl + RWW Engpassmaschinen in der Gleitlagervormaterial-Produktion.

5 Modell zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung

Anhand der Analyse zeigt sich, dass die GVP Produktion eine sehr vielfältige Produktpalette besitzt. Dies ist in Hinblick auf individuelle KundInnenwünsche und Flexibilität ausgezeichnet, erschwert jedoch eine Planung und Steuerung der Produktion. Je mehr unterschiedliche Produkte gefertigt werden, umso schwieriger ist es, Kapazitäten zu planen und Engpässe rechtzeitig zu erkennen. Veränderungen im Produktmix resultieren in unterschiedlichen Maschinenbelastungen und können an Engpassmaschinen zu Überlastungen führen. Ziel ist es daher, ein Modell zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung zu entwickeln, unter Berücksichtigung des Produktmix.

5.1 Struktur des Planungsmodells

Der Produktionsleiter der GVP ist für eine ausreichende Materialversorgung aller Units verantwortlich. Die Abteilung SCM übermittelt dem Produktionsleiter einen Grobplan, mit dem benötigten Bedarf der Units. Dieser organisiert eine zeitgerechte Fertigung der Auftragsmengen, um einen Materialengpass an den Units zu verhindern.

Je nach Auftragsstand kann sich der Produktmix verändern, wodurch die Vormaterialproduktion unterschiedlich organisiert werden muss. Der abweichende Produktmix ändert die Maschinenbelegung und den Maschinenkapazitätsbedarf.

Ein Modell soll durch Eingabe der zu produzierenden Mengen (Produktmix) den Kapazitätsbedarf der modellierten Maschinen berechnen und den Produktionsleiter in der Planung der Maschinenbelegungsdauer unterstützen. Das Modell liefert, durch das Ergebnis der Berechnung einen quantitativen Wert, der mit den festgelegten Engpassgrenzen verglichen werden kann. Somit lässt sich feststellen, ob genügend Kapazität zur Produktion der geplanten Mengen vorhanden ist.

Ein Produktionsplan für die nächsten vier Jahre soll zudem eine Aussage über den zukünftigen Kapazitätsbedarf liefern. Mithilfe des Modells soll festgestellt werden, ob es eine Unterdeckung geben wird, um somit die Frage zu beantworten, ob eine Maschinenneueinvestition sinnvoll ist.

5.2 Randbedingungen

In der Abteilung GVP sind derzeit 17 Produktionsmaschinen im Einsatz (siehe Kapitel 3.2.3). Gemeinsam mit dem Produktionsleiter wurde beschlossen, im Simulationsmodell den Fokus auf die hoch belasteten Maschinen zu legen. Dies sind einerseits das Walzwerk Mino (3706) und andererseits die Schleifmaschine Weber Stahl (4619). Für beiden Maschinen soll bei einem vorgegebenen Produktmix die Auslastung bestimmt und festgestellt werden, ob die vorhandenen Kapazitäten ausreichen.

Aufgrund der umfangreichen Produktpalette und der großen Flexibilität gibt es nicht für alle Produkte eine eigene Vorgabezeit. Havarie-Fälle, Nacharbeit und Meldeungenauigkeiten erschweren eine exakte Abbildung der Realität. Aus diesem Grund wurde vereinbart, dass eine Abweichung des Modells von 10% akzeptiert wird.

Das Ziel des Modells ist es, die Bearbeitungszeit an den Maschinen zu berechnen. Im Rahmen der Diplomarbeit werden zur Modellvereinfachung die Losgrößen und die davon abhängigen Rüstzeiten nicht berücksichtigt.

5.3 Modellbeschreibung

Durch Eingabe des gewünschten Produktionsmix in das Simulationsmodell wird die Maschinenbearbeitungszeit berechnet. Die ermittelten Werte dienen zur Beurteilung der Belastung. In diesem Kapitel werden die Voraussetzungen, die Vorgehensweise bei der Überarbeitung des Produktionsplanes bis 2014 und die Simulation des Modells beschrieben.

5.3.1 Voraussetzungen

Das Modell zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung wurde in Microsoft Excel realisiert. Die Hauptgründe für diese Entscheidung sind die einfache Bedienbarkeit und der hohe Bekanntheitsgrad dieses Programms. Großteils der MitarbeiterInnen sind mit der Anwendung dieses Programmes vertraut und eine Erweiterung auf andere Maschinen ist ohne Einarbeitungszeit in ein neues Programm möglich.

Die Vorgehensweise des Modells enthält folgende Formel: Die Bearbeitungszeit der Maschine (T_{BM}) ergibt sich aus den produzierten Mengen (x_i) multipliziert mit den Vorgabezeiten (t_i) der Bearbeitungsschritte (siehe Formel 14).

$$T_{BM} = \sum_i^n m_i * tv_i$$

Formel 14: Vereinfachte Gesamtbearbeitungszeit der Maschinen

- T_{BM} Gesamtbearbeitungszeit an der Maschine [min]
- m_i Menge je Prozessschritt [Stk]
- tv_i Vorgabezeit Prozessschritt [min/Stk]
- n Anzahl der Prozessschritte

Die Herausforderung lag darin, einen ausreichenden Abstraktionsgrad zu finden, der für alle Maschinen in der Produktion angewendet werden kann und die Vorgänge an den Maschinen detailliert beschreibt. Ausgehend von den benötigten Streifen, mussten die Vormaterialmengen zur Fertigung der Streifen und die Vorgabezeiten der eingeteilten Produktgruppen bestimmt werden.

Angelehnt an die Abstraktion der Fertigung (siehe Kapitel 4.1) wurde beschlossen, die Eingabe für die Berechnung wie folgt zu strukturieren:

Die Legierungsgruppen werden mit einer Änderung übernommen: AlSn40 erhält eine eigene Gruppe, da ausschließlich große Gleitlager mit dieser Legierung gefertigt werden. Die Entwicklung der Großlager ist damit auf einen Blick abschätzbar.

Die weitere Einteilung der Produktionsmengen nach Fertigungszellen wird gewählt, um mit einer Gruppe den Anteil an Rücken-fertig Streifen und die Gewichtszuordnung abzudecken. Eine Fertigungszelle ist eine genauere Unterteilung der Unit (siehe Abbildung 5-1).

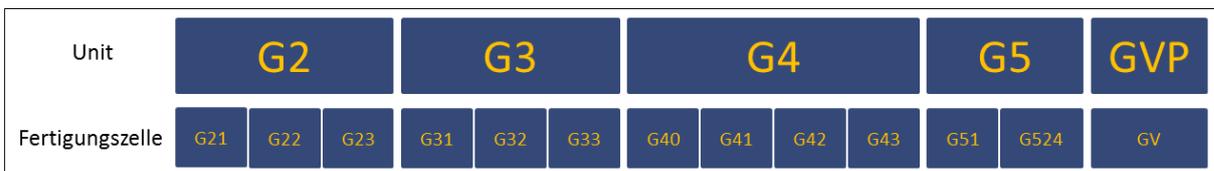


Abbildung 5-1: Unterteilung der Units¹⁸¹

Die Eingabe der zu produzierenden Streifen ergibt sich als Matrix mit der Unterteilung in Legierungen und Fertigungszellen. Mit dieser Eingabe können Mengenveränderungen an Legierung, Gewicht und Rücken-fertig beziehungsweise Rücken-nicht-fertig Produkten vorgenommen werden (siehe Abbildung 5-2).

¹⁸¹ Eigene Darstellung

Modell zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung

Mengen fein:														
Material	2011/12													Gesamt
	G5		G2			G3			G4				GV	
	G51	G524	G21	G22	G23	G31	G32	G33	G40	G41	G42	G43	GV	
AlSn	6.311	2.841	3.121	2.116	0	1.611	283	6.141	2.610	7.074	0	0	0	32.108
AlSn25	897	676	12	11.617	58.555	688	0	2.379	9.037	4.634	0	8	0	88.504
AlSn40	0	62	0	0	0	91	0	97	294	791	6.926	3.232	5.805	17.298
AlZn	2.561	199	9.146	1.802	0	2.731	3.610	1.833	3.774	104	0	0	0	25.760
Gesamtergebnis	9.770	3.778	12.280	15.535	58.555	5.121	3.893	10.450	15.715	12.603	6.926	3.240	5.805	163.670

Abbildung 5-2: Detailliert Eingabemaske

Für die Eingabe gibt es eine weitere, vereinfachte Form (siehe Abbildung 5-3). Dabei muss nur die Menge je Unit eingegeben werden. Anhand eines Umrechnungsschlüssels erfolgt anschließend eine automatische Aufteilung der Mengen in die detaillierte Eingabe.

Eingabe:													
Betrachtungszeitraum:	49		Kalenderwochen										
Anteil Bronze Mino	5,00%												
Anteil Bronze Weber Stahl	5,00%												
Mengen grob:	G5	G2	G3	G4	GV								
	13.548	86.369	19.464	38.484	5.805								
Mengen-Schlüssel 2010/11													
Material	G51	G524	G21	G22	G23	G31	G32	G33	G40	G41	G42	G43	GV
AlSn	47%	21%	4%	2%	0%	8%	1%	32%	7%	18%	0%	0%	0%
AlSn25	7%	5%	0%	13%	68%	4%	0%	12%	23%	12%	0%	0%	0%
AlSn40	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	2%	18%	8%	100%
AlZn	19%	1%	11%	2%	0%	14%	19%	9%	10%	0%	0%	0%	0%

Abbildung 5-3: Vereinfachte Eingabemaske und Mengenschlüssel

Dadurch ergibt sich folgendes Berechnungsmodell (siehe Formel 15):

$$T_{BM} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^k x_{i,j} * tv_{i,j}$$

Formel 15: Gesamtbearbeitungszeit der Maschinen

- T_{BM} Gesamtbearbeitungszeit an der Maschine [min]
- $x_{i,j}$ Menge je Fertigungszelle/Legierung [Stk]
- $tv_{i,j}$ Vorgabezeit je Fertigungszelle/Legierung [min/Stk]
- n Anzahl der Prozessschritte
- p Anzahl der Legierungen
- k Anzahl der Fertigungszellen

Die Vorgabezeiten wurden aus den Arbeitsplänen übernommen. Gab es in einer Fertigungszelle für einen Prozessschritt unterschiedliche Vorgabezeiten wurde der gewichtete Mittelwert herangezogen.

Die Prozessschritte an den betrachteten Maschinen stammen ebenfalls aus den Arbeitsplänen:

Beim Walzwerk (3706) werden folgende Prozessschritte ausgeführt:

- Legierungsbarren auswalzen
- Vor-Sandwich zusammenwalzen
- Sandwich auswalzen
- Plattieren
- Bronze auswalzen

An der Schleifmaschine (4619) gibt es folgende Prozessschritte:

- Vorschleifen
- Fertigschleifen
- Rücken fertigschleifen
- Bronze nachschleifen

Beim *Rücken Fertigschleifen* der Verbundstreifen, werden die Schleifmaschine (4619) und das Richtwalzwerk mit Ultraschallprüfung (3708) mithilfe einer Klapptransporteinrichtung verbunden. Das Richtwalzwerk führt den Prozessschritt Richten und Ultraschallprüfen aus. Im Simulationsmodell sind die Schleifmaschine und das Richtwalzwerk als eine Maschine (Schleifmaschine + RWW) zusammengefasst.

5.3.2 Überarbeitung der Produktionsplanung bis 2014

Um in Zukunft genügend Kapazitäten zur Produktion der Stahl-Aluminium Streifen bereitstellen zu können, muss der zukünftige Vormaterialbedarf abgeschätzt werden. Nur durch frühzeitige Planung können Engpässe erkannt und Maßnahmen zu ihrer Beseitigung ergriffen werden.

Mithilfe der Planungszahlen berechnet das Modell die Auslastung der Maschinen. Dies ermöglicht die Veranschaulichung des zukünftigen Kapazitätsbedarfs und die Feststellung der Unter- bzw. Überdeckung. Diese Zahlen dienen als Entscheidungsgrundlage für den Kauf neuer Maschinen.

Überarbeitung des Produktionsplans

Ausgangspunkt der Planung ist eine Liste des SCM mit geplanten Absatzmengen für Lagertypen. Um von den Absatzzahlen der fertigen Gleitlager auf den Vormaterialbedarf zurückzurechnen, mussten Normstreifen, Streifen die eine Gruppe von Streifen repräsentieren, definiert werden (siehe Abbildung 5-4).

Dichte	3,1	3.6200, 3.2020		
BC Faktor	0,4	GV BC AISn	G51	G524
Daten Platine		Breite [mm]	153,4	140
		Länge [mm]	622,4	537
		Ges. Gicke [mm]	7,9	7,8
		Stahl-Dicke [mm]	6,6	6,7
		Auflage [mm]	1,30	1,10
Daten Streifen		Streifenlänge [mm]	1917	2037
		Streifenbreite [mm]	195	199
		M Stahl [kg/Str.]	19,39	21,35
		M Auflage [kg/Stk.]	1,51	1,38
		M Legierung [kg/Stk.]	1,51	1,38
		Stk/Streifen	7,70	27,80
		m/Stk	0,249	0,073
		M Stahl [kg/Stk.]	2,518	0,768
		M Auflage [kg/Stk.]	0,196	0,050
	M Legierung [kg/Stk.]	0,196	0,050	

Abbildung 5-4: Normstreifen für die Fertigungszelle G51 und G524¹⁸²

Diese Einteilung in Normstreifen war bereits vorhanden. Die Aufgabe bestand nun darin, die aktuellen Absatzmengen mit den definierten Normstreifen zu verknüpfen und das Ergebnis zu validieren.

Die Absatzzahlen wurden anhand des Bauartencodes der jeweiligen Legierungsgruppe zugewiesen und nach Fertigungszellen eingeteilt. Die Gleitlagerstückzahl dividiert durch die Stück pro Streifen Kennzahl ergibt die Anzahl der benötigten Vormaterialstreifen. Das berechnete Legierungsgewicht dient zur Abschätzung des Bedarfs für den Beltcaster.

¹⁸² Eigene Darstellung

ALLE LAGER ohne Coil		2011/2012										
		G5		G2		G3		G4		GV	Total	
AlSn GV BC	Pcs/a	85.792		177.044		116.790		33.645		0	413.271	
	Streifen	7.036		2.361		6.551		8.702		0	24.649	
	kg Leg.	10.403		4.745		16.724		20.104		0	51.977	
AlSn25 GV BC	Pcs/a	23.509		5.513.410		53.636		76.428		0	5.666.983	
	Streifen	1.368		56.811		2.555		12.935		0	73.669	
	kg Leg.	2.733		167.794		9.386		48.681		0	228.594	
AlSn40 GV BC	Pcs/a	0		0		1.681		10.466		5.294	17.441	
	Streifen	0		0		105		7.548		5.294	12.948	
	kg Leg.	0		0		331		21.867		25.130	47.328	
AlZn GV	Pcs/a	20.294		832.195		190.690		29.897		0	1.073.076	
	Streifen	2.016		10.142		6.576		3.047		0	21.781	
	kg Leg.	3.776		16.692		12.631		6.590		0	39.688	
Gesamt BC GV ohne Coil	Pcs/a	129.595		6.522.649		362.797		150.436		5.294	7.170.771	
	BC [kg]	13.136		172.539		26.442		90.652		25.130	327.899	
	STREIFEN	10.419	17%	69.314	36%	15.787	17%	32.232	6%	5.294	3%	133.046
China/DDC - TRUCK Lager		2011/2012										
											Total	
AlSn25 GV BC	Pcs/a			5.513.410							5.513.410	
	Streifen GV			55.371							55.371	
	Coil realistic			1.440							1.440	
	Coil best			2.160							2.160	
Streifen GV bei. Coil Ausl.												
Realistic Case											131.606	21%
Best Case											130.886	20%

Abbildung 5-5: Produktionsplanung¹⁸³

Diese Produktionsplanung wurde für folgende Geschäftsjahre durchgeführt

- 2011/12
- 2012/13
- 2013/14
- 2014/15

Als Zusatzinformation enthält die Produktionsplanung auch die bevorstehende Coil-Auslagerung. Teile der Produktion werden auf externe Coil-Fertigung umgestellt und müssen nicht mehr in der GVP produziert werden (siehe Abbildung 5-5).

Validierung der Ergebnisse

Die Daten der Normstreifen aus dem Jahr 2008 machten eine Überprüfung der Modellergebnisse notwendig. Die zulässige Abweichung beträgt fünf Prozent, weil diese Planzahlen in zukünftige Investitionsentscheidungen einfließen.

¹⁸³ Eigene Darstellung

Zur Validierung wurden die Absatzzahlen aus dem abgelaufenen Geschäftsjahr verwendet, mit den Normstreifen in Vormaterialmengen umgerechnet und mit den IST-Mengen verglichen.

Nach der Korrektur abweichender Teilungsfaktoren, welche gemeinsam mit dem Abteilungsleiter durchgeführt wurde, konnte folgendes Endresultat für das GJ 2010/11 erzielt werden: (siehe Tabelle 7)

Menge Modell 2010	Menge Ist 2010	Abweichung
108.968	112.076	-2,87%

Tabelle 7: Validierung der Produktionsplanung

Anhand dieser Zahlen kann nun eine Kapazitätsplanung bis zum Geschäftsjahr 2014/2015 erfolgen.

5.3.3 Simulation

In der Simulation wurden Daten aus dem Geschäftsjahr 2010/11 und zwölf Wochen im Jahr 2011 (KW 04 bis KW 15) in das Simulationsmodell eingegeben und mit den rückgemeldeten Bearbeitungsdaten der Maschinen verglichen. Die Simulation umfasst die zwei Maschinen Walzwerk Mino und Schleifmaschine Weber Stahl + RWW.

Walzwerk Mino

Zur Berechnung der Vormaterialmengen zur Streifenherstellung wurde auf Informationen der ProduktionsmitarbeiterInnen und auf SAP Daten zurückgegriffen. Die Menge für den Prozessschritt *Vor-Sandwich zusammenwalzen* berechnet sich aus der erforderlichen Streifenmenge dividiert durch den individuellen Teilungsfaktor. Dieser Teilungsfaktor ergibt sich aus dem Grundsatz der Volumenkonstanz beim Walzen: Das Material erfährt beim Abwalzen eine Dickenabnahme und bei konstantem Volumen somit eine Längenzunahme. Je nach benötigter Auflagendicke wird das vorgefertigte Sandwich mehr oder weniger ausgewalzt und erhält dadurch einen bestimmten Teilungsfaktor. Der Teilungsfaktor wird für jedes Produkt berechnet und in den Begleitschein übernommen. Diese Daten bilden die Berechnungsgrundlage der Vor-Sandwichmengen.

Beim Legierungswerkstoff AlSn+ kommt es aufgrund der hohen Härte des Materials beim Walzen zu seitlichen Rissen. Übersteigen die Risse einen Grenzwert, wird das Vor-Sandwich für diesen Auftrag nicht mehr verwendet. Vorsichtshalber werden ca. 10% als Ausfallreserve zusätzlich plattiert (siehe Formel 16).

$$x_{SZ.i} = \frac{x_i}{TF_i} * (1,1)$$

Formel 16: Sandwichmenge

- x_{SZ} Menge Vor-Sandwich zusammenwalzen [Stk]
 x_i Streifenmenge [Stk]
 TF_i Teilungsfaktor [-]

Der Prozessschritt *Legierungsbarren auswalzen* kommt nur bei der Legierungsgruppe AlSn+ vor. Bei der zweiten Legierungsgruppe (AlSn) wird die Legierung ohne Auswalzen mit den Aluminiumfolien plattiert. Pro ausgewalztem Legierungsbarren können zwei Vor-Sandwiche hergestellt werden (siehe Formel 17).

$$x_{LA.i} = \frac{x_{SZi}}{2}$$

Formel 17: Legierungsbarrenmenge

- x_{LA} Menge Legierungsbarren auswalzen [Stk]
 x_{SZ} Menge Vor-Sandwich zusammenwalzen [Stk]

Wie in Kapitel 5.3.1 beschrieben, erfolgte die Berechnung der Maschinenbearbeitungszeit durch Multiplizieren der Mengen mit den Vorgabezeiten aus den Arbeitsplänen. Die teilweise mehr als zehn Jahre alten Vorgabezeiten beim Walzwerk werden infolge der kaum geänderten Technologie als aktuell angesehen. Um die Simulation für andere AnwenderInnen nachvollziehbar zu gestalten, wurde anhand dieser Vorgabezeiten das Modell erstellt.

Daten 2011

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	6.372	5.876	+8,4
Vor-Sandwich zusammenwalzen	13.252	15.393	-23,9
Sandwich auswalzen	11.005	12.500	-12,0
Plattieren	57.748	52.050	+10,9
Bronze auswalzen	505	2.590	-80,5
Gesamt	100.095	88.409	+13,2

Tabelle 8: Ergebnisse der Walzwerksimulation - 2011

Daten 2010

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	21.813	17.800	+22,5
Vor-Sandwich zusammenwalzen	41.908	47.200	-11,2
Sandwich auswalzen	35.225	47.100	-25,2
Plattieren	192.577	184.733	+4,2
Bronze auswalzen	1.673	8.380	-80
Gesamt	335.094	305.213	+7,5

Tabelle 9: Ergebnisse der Walzwerksimulation - 2010

Die Daten aus dem Geschäftsjahr 2010/11 sind gesondert zu bewerten. Es erfolgte eine Schichtumstellung von Drei-Schicht auf Vier-Schicht Betrieb, neue MitarbeiterInnen wurden eingestellt und angeleitet und es gab mehrwöchige Qualitätsprobleme bei den Legierungen. Rückgemeldete Werte aus den zwölf Wochen im Jahr 2011 repräsentieren eher einen Normalbetrieb.

Das vorliegende Ergebnis liegt in beiden Jahren außerhalb der vorgegebenen Grenzen (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9). Einzelne Prozessschritte weichen bis zu 80 % vom Sollwert ab. Die hohe Abweichung beim Prozessschritt *Bronze auswalzen* betrifft hauptsächlich Nacharbeit mit einem sehr geringen Anteil (2,7% der Gesamtzeit). Eine genauere Analyse der Vorgabezeiten- und Mengenabweichung soll bei den Hauptarbeitsschritten die Ursachen für die Abweichungen aufdecken.

Mengenanalyse Mino

Bei den Arbeitsgängen *Legierungsbarren auswalzen* und *Vor-Sandwich zusammenwalzen* wurden folgende Mengen berechnet:

Daten 2011

Prozessschritt	Modell [Stk.]	IST-Daten [Stk.]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	2.124	2.215	-4,1
Vor-Sandwich zusammenwalzen	6.711	7.055	-4,9
AlSn	1.042	1.216	-14,3
AlSn+	4.672	4.670	0
AlSn40	997	1.169	-14,7

Tabelle 10: Ergebnisse der Walzwerksimulation - Mengen 2011

Daten 2010

Prozessschritt	Modell [Stk.]	IST-Daten [Stk.]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	7.271	8.081	-10,0
Vor-Sandwich zusammenwalzen	21.550	23.100	-6,7
AlSn	3.921	4.500	-12,9
AlSn+	14.542	14.900	-2,4
AlSn40	3.086	3.700	-16,6

Tabelle 11: Ergebnisse der Walzwerksimulation - Mengen 2010

Bei der Analyse des Arbeitsganges *Legierungsbarren auswalzen* wurde eine Mengenabweichung von -4,1% (2011) und -10,0% (2010) festgestellt (siehe Tabelle 10 und Tabelle 11). In Gesprächen mit den MitarbeiternInnen wurde dies auf die Überproduktion Ausfallreserve bzw. Ungenauigkeit des Teilungsfaktors zurückgeführt. Die Abweichung im Jahr 2010 wird den Problemen beim Beltcaster zugeordnet.

Die Modellberechnung für den Prozessschritt *Vor-Sandwich zusammenwalzen* liefert bei der Mengenanalyse im Jahr 2010/11 und in den zwölf Kalenderwochen im Jahr 2011 eine zu geringe Menge. Die Abweichungen von -4,9% (2011) und -6,7% (2010) werden akzeptiert.

Vorgabezeitenanalyse Mino

Die gesamte Modellabweichung beträgt 7,5% (2010) und 13,2% (2011). Die geringe Mengenabweichung von 4,1% (2011) lässt die Schlussfolgerung zu, dass die gravierende Abweichung bei der Sandwichherstellung im Bereich der Vorgabezeiten liegt. Daher wurden die Vorgabezeiten statistisch untersucht. Aus den Datensätzen mit Bearbeitungs- und Rüstzeit wurde die mittlere Bearbeitungszeit pro Stück ermittelt. Histogramme veranschaulichen die Streuung um den Mittelwert und ermöglichen eine Interpretation der Ergebnisse.

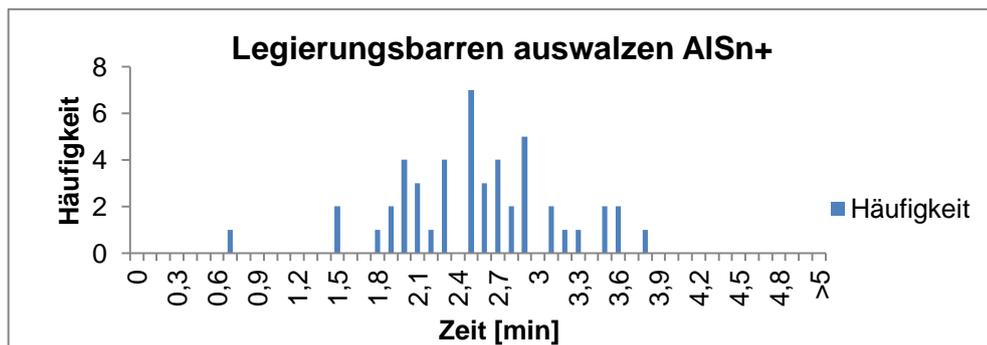


Abbildung 5-6: Histogramm - Legierungsbarren auswalzen AISn+¹⁸⁴

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung [min]	Abweichung [%]
3	2,5	-16,7

Tabelle 12: Zeitanalyse - Legierungsbarren auswalzen AISn+

Beim Prozessschritt *Legierungsbarren auswalzen* beträgt die mittlere Bearbeitungszeit 2,5 min pro Stück und die Vorgabezeit 3 min, das entspricht einer Abweichung von 16,7% (siehe Abbildung 5-6 und Tabelle 12). Die unabhängigen Werte im Histogramm bilden eine Glockenkurve, wodurch eine Normalverteilung angenommen werden darf.

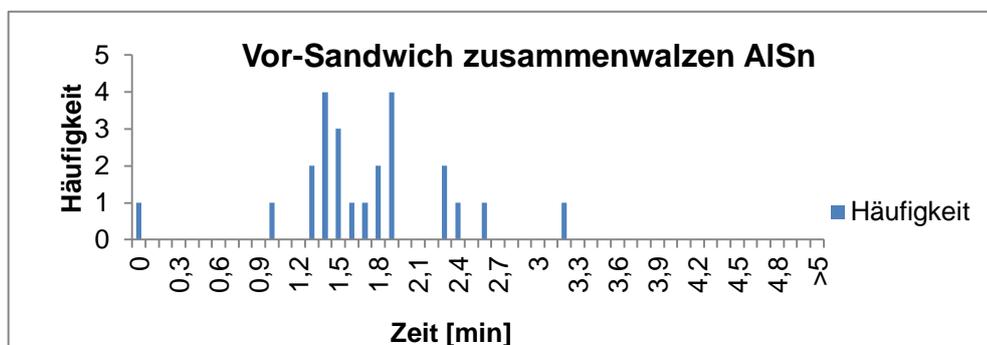


Abbildung 5-7: Histogramm - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn¹⁸⁵

¹⁸⁴ Eigene Darstellung

¹⁸⁵ Eigene Darstellung

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung [min]	Abweichung [%]
0,975	1,54	+57,9

Tabelle 13: Zeitanalyse - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn

Das Zusammenwalzen des Vor-Sandwiches bei der Legierung AISn wird derzeit mit einer Vorgabezeit von 0,975 min geplant (siehe Tabelle 13). Der Mittelwert der Bearbeitungszeit von 23 Sandwiches beträgt 1,54 min (+58%) (siehe Abbildung 5-7). Die geringen Mengen von AISn bewirken nur eine geringfügige Abweichung der Gesamtzeit beim Vor-Sandwich zusammenwalzen (siehe Tabelle 8 und Tabelle 9).

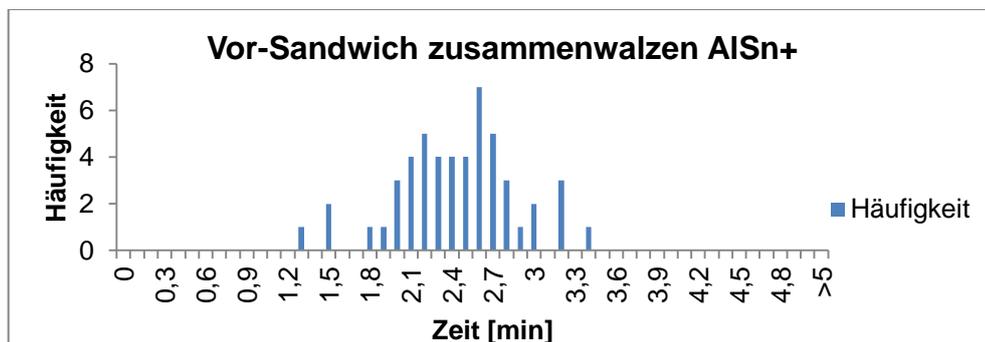


Abbildung 5-8: Histogramm - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn+¹⁸⁶

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung IST [min]	Abweichung [%]
2,8	2,4	-14,3

Tabelle 14: Zeitanalyse - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn+

Die Abweichung von -14,3% bei der Legierung AISn+ hat, aufgrund der hohen Stückzahlen, einen sehr großen Einfluss auf das Gesamtergebnis. Anhand des Histogramms (siehe Abbildung 5-8) lässt sich ableiten, dass eine mittlere Vorgabezeit von 2,4 min die reale Bearbeitungszeit besser repräsentiert als die bisherige Zeit von 2,8 min (siehe Tabelle 14).

Der Prozessschritt *Sandwich auswalzen* wurde ebenfalls untersucht. Bestimmte Fertigungszellen zeigen eine hohe Streuung der Bearbeitungszeit (siehe Abbildung 5-9 und Abbildung 5-10). Eine genauere Analyse ergab, dass bei Aufträgen mit kleinen Losgrößen (<10) die Bearbeitungszeit stark schwankt, denn auch bei kleinen Losgrößen muss die Maschine gerüstet und das erste Sandwich vermessen werden. Die ungenaue Eingabe der Rüstzeit wirkt sich sehr stark auf die Bearbeitungszeit pro Stück aus. Hier wird nicht empfohlen die Vorgabezeit durch den Mittelwert zu ersetzen.

¹⁸⁶ Eigene Darstellung

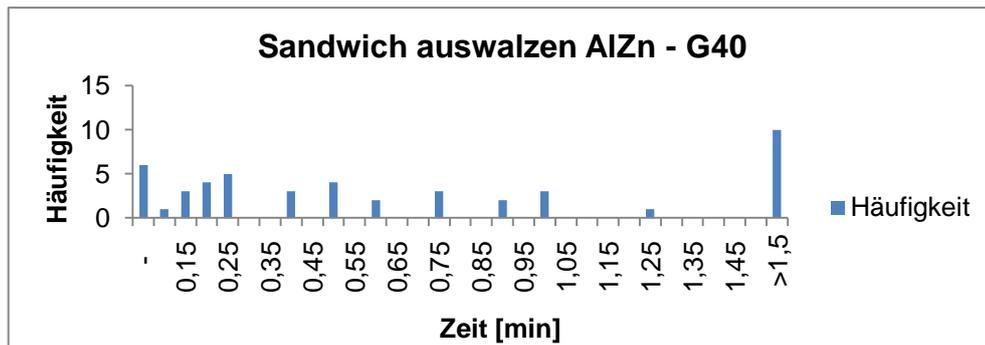


Abbildung 5-9: Histogramm - Sandwich auswalzen AlZn - G40¹⁸⁷

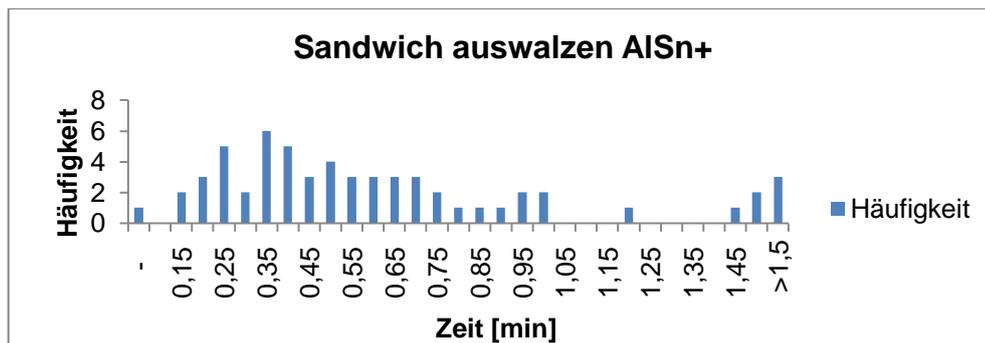


Abbildung 5-10: Histogramm - Sandwich auswalzen AlSn+ - G40¹⁸⁸

Änderungen

Die Analyse der Vorgabezeiten ergab folgende Änderungen:

Vor-Sandwich zusammenwalzen:

Legierung	Vgzt bisher [min]	neuer Wert [min]
AlSn40	1	1,3
AlSn20	0,975	1,54
AlSn6	0,975	1,53
AlSn25	2,8	2,4

Tabelle 15: Geänderte Vorgabezeiten - Sandwich zusammenwalzen

Bei den neun am häufigsten produzierten Vor-Sandwicharten wird die Vorgabezeit für das Zusammenwalzen geändert (siehe Tabelle 15).

¹⁸⁷ Eigene Darstellung

¹⁸⁸ Eigene Darstellung

Legierungsbarren auswalzen:

Legierung	Vgzt bisher [min]	neuer Wert [min]
AlSn25	3	2,5

Tabelle 16: Geänderte Vorgabezeiten - Legierungsbarren auswalzen

Die Zeit für das Auswalzen des Legierungsbarrens von AlSn25 wird um 16,7 % reduziert (siehe Tabelle 16).

Bronze auswalzen:

Legierung	Vgzt bisher [min]	neuer Wert [min]
Bronze	0,5	1,5

Tabelle 17: Geänderte Vorgabezeiten - Bronze auswalzen

Das *Bronze auswalzen* ist ein ungeplanter Prozessschritt und trat nur in geringen Mengen auf. Die Vorgabezeiten waren veraltet und wurden von 0,5 min auf 1,5 min angehoben (siehe Tabelle 17).

Beim Prozessschritt *Sandwich auswalzen* werden die Zeiten der statistischen Analyse aufgrund der hohen Streuung nicht verwendet. Eine Zeitaufnahme für diesen Arbeitsgang soll zu repräsentativen Werten führen. Ziel ist es, auch Lose mit geringen Stückzahlen genauer planen zu können.

Die Daten wurden korrigiert und in das Modell übernommen:

Korrigierte Daten 2011

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	5.840	6.129	-4,7
Vor-Sandwich zusammenwalzen	14.113	15.393	-8,3
Sandwich auswalzen	11.005	12.500	-12
Plattieren	57.748	52.050	+10,9
Bronze auswalzen	2.523	2.590	-2,6
Gesamt	91.229	88.662	+2,9

Tabelle 18: Endergebnisse der Walzwerksimulation - 2011

Korrigierte Daten 2010

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Legierungsbarren auswalzen	18.177	17.800	+2,1
Vor-Sandwich zusammenwalzen	45.001	47.200	-4,7
Sandwich auswalzen	35.225	47.100	-25,2
Plattieren	192.577	184.733	+4,2
Bronze auswalzen	8.406	8.380	+0,3
Gesamt	290.980	305.213	-4,7

Tabelle 19: Endergebnisse der Walzwerksimulation - 2010

Die Abweichung des Simulationsmodells liegt mit den korrigierten Daten innerhalb der festgelegten Grenzen (siehe Tabelle 18 und Tabelle 19). Somit kann für das Walzwerk Mino die Auslastung abhängig vom Produktmix berechnet werden. In Kombination mit dem erstellten Absatzplan ist es möglich, die zukünftige Auslastung abzuschätzen und Aussagen über den Kapazitätsbedarf zu treffen.

Schleifmaschine Weber Stahl + RWW

Das Simulationsmodell der Schleifmaschine beinhaltet folgende Prozessschritte: Vorschleifen, Fertigschleifen, Rücken fertigschleifen und Bronze schleifen. Wie beim Walzwerk erfolgt die Berechnung der einzelnen Arbeitsgänge durch Multiplikation der Streifenmengen mit den Vorgabezeiten. Die Anzahl der vor- und fertiggeschliffenen Stahlstreifen entsprach der eingegebenen Plattiermenge, während der Umfang an Rücken-fertig Streifen ca. 50% der Gesamtmenge ausmachte. In Kapitel 4.2.3 wurden die Streifen den jeweiligen Units zugeordnet und festgestellt, dass alle Produkte der G2 Rücken-fertig Streifen waren. In der G3 lag der Anteil bei ca. 34%. Der Schleifvorgang an den Bronzestreifen war nur bei geringen Mengen notwendig und größtenteils Nacharbeit. Aufgrund der veränderlichen Nacharbeitsmenge muss der prozentuelle Anteil der Bronzestreifen in die Eingabemaske eingetragen werden.

Es wurden folgende Daten berechnet:

Daten 2011

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Vorschleifen	31.420	23.638	+32,9
Fertigschleifen	18.477	25.357	-27,1
Rücken fertigschleifen	28.943	33.848	-14,5
Bronze schleifen	1.377	4.342	-68,3
Gesamt	80.217	86.975	-7,8

Tabelle 20: Ergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2011

Daten 2010

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Vorschleifen	104.444	85.133	+23,5
Fertigschleifen	61.560	87.863	-29,5
Rücken fertigschleifen	94.787	110.260	-14
Bronze schleifen	3.440	9.554	-64
Gesamt	263.293	290.584	-9,4

Tabelle 21: Ergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2010

Die Ergebnisse der Simulation (siehe Tabelle 20 und Tabelle 21) wichen um -7,8% (2011) und -9,4% (2010) vom Sollwert ab. Die größte Abweichung war beim *Bronze Schleifen* mit -68,3% (2011) und -64% (2010), gefolgt vom *Fertigschleifen* mit -27,1% im Jahr 2011 und -29,5% im GJ 2010/11. Beim *Vorschleifen* waren die Zeiten des Modells um 32,9% (2011) und 23,5% (2010) zu hoch, während sie beim *Rücken Fertigschleifen* mit jeweils ca. -14% zu niedrig waren. Eine Untersuchung der Vorgabezeiten ergründete die Ursachen für die jeweiligen Abweichungen.

Vorgabezeitenanalyse Weber Stahl

Das *Vorschleifen* der Stahlstreifen wurde 2011 um 32,9% und im GJ2010/11 um 23,5% schneller als geplant durchgeführt. Eine Analyse der Vorgabezeiten ergab ein zwiespältiges Bild. Auf der einen Seite wurde eine Unterschreitung der Vorgabezeit pro Streifen festgestellt, andererseits gab es auch viele Aufträge mit einer mehr als doppelt so langen Bearbeitungszeit als die Vorgabezeit.

Im Jahr 2011 wurde bei 71% der Vorschleifmenge die Vorgabezeit unterschritten, im Jahr 2010 bei 69%. Um die Zahl der Ausreißer zu reduzieren, wurden Grenzen für die Bearbeitungszeit eingeführt ($50\% < \text{Bearbeitungszeit} < 200\%$ der Vorgabezeit). Der Mittelwert der Vorgabezeit war in diesen Grenzen im Jahr 2011 ca. 0,92 min und im Jahr 2010/11 ca. 0,93 min. Die Bearbeitungszeit betrug im Mittel 0,88 min (2011) und 0,86 min (2010) (siehe Tabelle 22).

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung IST [min]	Abweichung [%]
ø0,92	ø0,86	-6,5%

Tabelle 22: Zeitanalyse – Vorschleifen

Bei verhältnismäßig vielen Aufträgen wurde die Vorgabezeit überschritten. Eine Untersuchung ergab, dass in diesen Fällen die Losgröße der Aufträge einen starken Einfluss ausübte. Das erstellte Bild ist für beide Jahre sehr ähnlich und unterscheidet sich nur in der Abweichungsgröße. Es werden im Folgenden die Ergebnisse des Jahres 2010 gezeigt, da hier für die statistische Auswertung ein größerer Datenumfang vorlag.

Die gesamte Losgrößenverteilung ist in Abbildung 5-11 dargestellt. Die Verteilung entspricht jener in Kapitel 4.3.

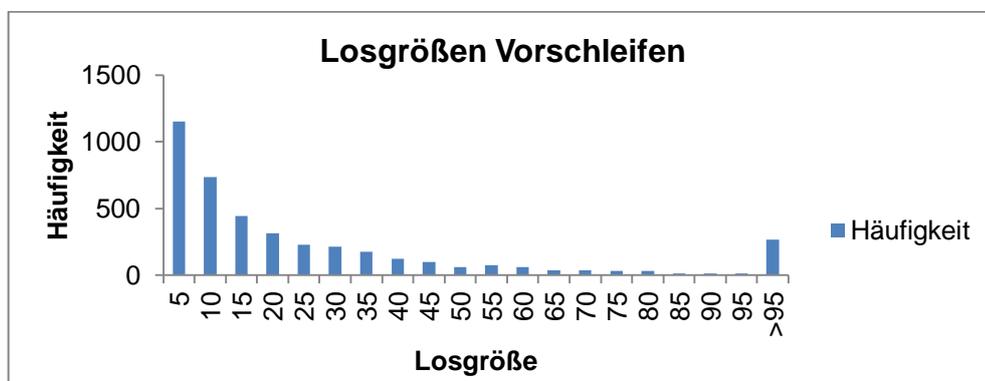


Abbildung 5-11: Losgrößenverteilung beim Vorschleifen¹⁸⁹

¹⁸⁹ Eigene Darstellung

Eine Überschreitung der Vorgabezeit um mehr als den doppelten Wert wurde hauptsächlich bei Aufträgen mit kleiner Losgröße erkannt (siehe Abbildung 5-12).



Abbildung 5-12: Losgrößen mit einer Vorgabezeitüberschreitung >100% (Vorschleifen)¹⁹⁰

Bei insgesamt 13% der Aufträge war in beiden Betrachtungszeiträumen die Bearbeitungszeit doppelt so lange als geplant. Aufgrund der kleinen Stückzahlen waren die Auswirkungen auf das Gesamtergebnis gering.

Bei Aufträgen mit einer Unterschreitung der Vorgabezeit wurde folgende Losgrößenverteilung festgestellt (siehe Abbildung 5-13):

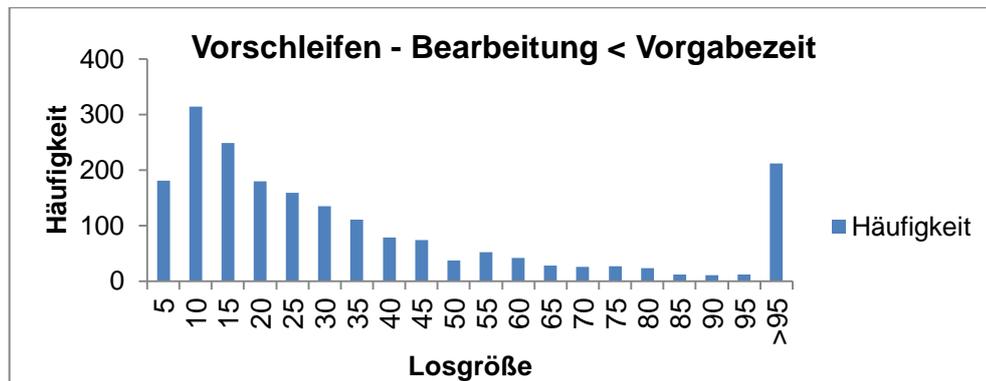


Abbildung 5-13: Losgrößen mit einer Vorgabezeitunterschreitung¹⁹¹

Infolge des hohen Mengenanteils wirkte sich die Vorgabezeitunterschreitung viel stärker aus, als die Überschreitung bei den geringen Losgrößen.

¹⁹⁰ Eigene Darstellung

¹⁹¹ Eigene Darstellung

Beim Prozessschritt *Fertigschleifen* war die Modellzeit geringer als die zurückgemeldete IST-Zeit. Abbildung 5-14 bildet die tatsächliche Bearbeitungsdauer ab.

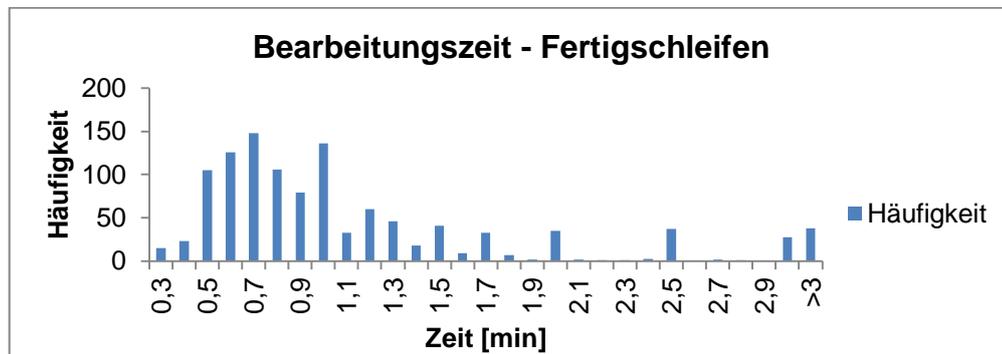


Abbildung 5-14: Histogramm – Bearbeitungszeit beim Fertigschleifen¹⁹²

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung IST [min]	Abweichung [%]
0,55	0,75	+36%

Tabelle 23: Zeitanalyse – Fertigschleifen

Der Mittelwert der Bearbeitungszeit bezieht sich auf die Grenzen: 50% < Bearbeitungszeit < 200% der Vorgabezeit, und ist in Tabelle 23 dargestellt.

Der Einfluss der Losgröße wirkte sich auch bei diesem Schleifvorgang aus (siehe Abbildung 5-15):

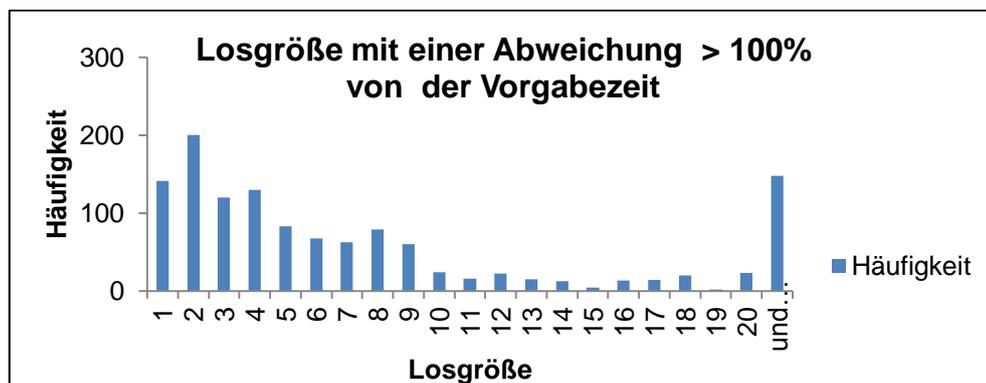


Abbildung 5-15: Losgrößen mit einer Vorgabezeitüberschreitung >100% (Fertigschleifen)¹⁹³

Die Abweichung im Modell ergab sich aus dem hohen Mengenanteil der Vorgabezeitüberschreitung.

¹⁹² Eigene Darstellung

¹⁹³ Eigene Darstellung

Rücken-fertig Streifen werden auf zwei Maschinen bearbeitet, auf der Schleifmaschine und dem Richtwalzwerk + Ultraschallprüfung. Die Rückmeldungen erfolgten auf jede einzelne Maschine, sind jedoch nicht plausibel. Die Zeitbetrachtung der Arbeitsgänge muss als ein Arbeitsschritt betrachtet werden.

In beiden untersuchten Jahren kam es zu einer Abweichung von rund 14%. Die mittlere Bearbeitungszeit betrug im Untersuchungszeitraum 2011 und im Geschäftsjahr 2010/11 jeweils 2,05 min und war um 15,6% höher als die mittlere Vorgabezeit mit 1,73 min (siehe Tabelle 24).

Vgzt [min]	Mtlw. Bearbeitung IST [min]	Abweichung [%]
ø1,73	2,05	+15,6%

Tabelle 24: Zeitanalyse – Rücken fertigschleifen

Änderungen

Bronze nachschleifen:

Legierung	Vgzt bisher [min]	neuer Wert [min]
Bronze nachschleifen	ø0,93	ø2,79

Tabelle 25: Geänderte Vorgabezeiten - Bronze nachschleifen

Bronze nachschleifen war zum größten Teil Nacharbeit und rechtfertigte keine Zeitaufnahme. Aufgrund der geringen Mengen erfolgte keine ausreichende Kontrolle der Zeiten. Die Daten wurden an den neuen Wert angepasst und werden zukünftig für das Bronze nachschleifen verwendet (siehe Tabelle 25).

Für die restlichen Arbeitsschritte wurde eine Zeitaufnahme eingeleitet. Bis zum Abschluss der Diplomarbeit lagen noch keine Ergebnisse vor.

Korrigierte Daten 2011

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Vorschleifen	31.420	23.638	+32,9
Fertigschleifen	18.477	25.357	-27,1
Rücken fertigschleifen	28.943	33.848	-14,5
Bronze schleifen	4.130	4.342	-4,9
Gesamt	80.216	87.185	-4,8

Tabelle 26: Endergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2011

Korrigierte Daten 2010

Prozessschritt	Modell [min]	IST-Daten [min]	Abweichung Modell [%]
Vorschleifen	104.444	85.133	+22,7
Fertigschleifen	61.560	87.863	-29,9
Rücken fertigschleifen	94.787	110.260	-14
Bronze schleifen	10.319	9.554	+8
Gesamt	283.303	291.723	-7,1

Tabelle 27: Endergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2010

Die einzige vorgenommene Änderung war die Anpassung des Prozessschrittes *Bronze Schleifen*. In den übrigen Fällen wird eine Zeitaufnahme durchgeführt. Die Abweichung der korrigierten Daten liegt im Jahr 2011 innerhalb der definierten Grenzen und im Geschäftsjahr 2010/11 außerhalb (siehe Tabelle 26 und Tabelle 27). Trotz der hohen Abweichung der einzelnen Arbeitsgänge ist die Gesamtabweichung vertretbar, da sich die Einzelabweichungen größtenteils gegenseitig aufheben. Der Fehler wird vom Produktionsleiter akzeptiert und eine Abschätzung der zukünftigen Maschinenauslastung ist dadurch möglich. Die Zeit der einzelnen Prozessschritte ist erst verwendbar, wenn die aktualisierten Daten in das Modell übernommen werden.

5.4 Ergebnisse des Simulationsmodells

Das Modell stellt ein Werkzeug zur Kapazitätsplanung und Engpasserkennung dar. Es soll dem Abteilungs- und Produktionsleiter helfen, den künftigen Bedarf zu erkennen und Auswirkungen auf die Produktion abzuschätzen. Engpässe werden aufgedeckt und Entscheidungen über den Kauf neuer Maschinen vereinfacht.

Aus der Produktionsplanung wurde der Vormaterialbedarf ermittelt, der zur Erstellung der geplanten Aufträge notwendig ist. Es zeigt sich ein stetiges Wachstum bis zum Ende des Planungszeitraums, wobei es Jahreszuwachsraten von bis zu 23% abzudecken gilt (siehe Abbildung 5-16). Ein zweites Szenario berücksichtigt Pläne, einen Teil der Fertigung auf externe, kontinuierliche Fertigung (Coil-Fertigung) umzustellen, um die Produktion zu entlasten. Gelingt die Umsetzung der Auslagerung ohne Verzögerung, nimmt die geplante Produktionsmenge wieder auf den Stand von 2010/11 ab. Ohne Outsourcing steigt die Produktionsmenge bis zum GJ 2014/15 auf über 188.000 Streifen an.

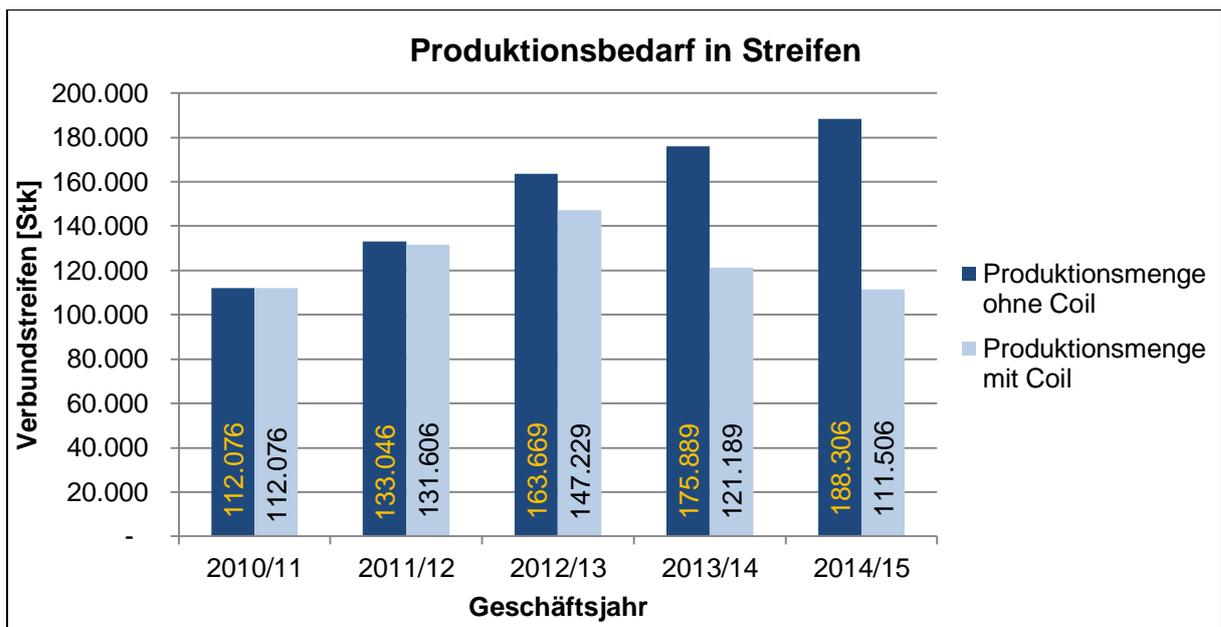


Abbildung 5-16: Produktionsbedarf Gleitlagervormaterial bis 2015¹⁹⁴

Mithilfe des Simulationsmodells können die Daten aus der Produktionsplanung in Maschinenbearbeitungszeit umgerechnet werden. Nur so ist eine Abschätzung über den zukünftigen Kapazitätsbedarf möglich. Die in Kapitel 4.4.3 festgelegten Engpassgrenzen erlauben eine Einschätzung der Unter- beziehungsweise Überdeckung der einzelnen Maschinen.

¹⁹⁴ Eigene Darstellung

Walzwerk Mino

Das Ergebnis des Walzwerks (siehe Abbildung 5-17) zeigt ein ähnliches Bild wie die Produktionsplanung. Die Auslastung steigt kontinuierlich bis zum Geschäftsjahr 2014/15 auf 10.674 min Bearbeitungszeit pro Kalenderwoche. Diese Maschine wurde bereits in Kapitel 4.4 als Engpass (bei 19,5 Schichten) erkannt und kann, ohne Verbesserungsmaßnahmen, die geplanten Mengen nicht termingerecht fertigen. Die benötigten Produktionsmengen sind im GJ 2013/14 und 2014/15 mit der bestehenden Anlage nicht mehr zu bewältigen, da die Bearbeitungszeit ohne Rüsten die maximale Wochenleistung (10.080 min) überschreitet.

Bei der zukünftigen Auslagerung von festgelegten Bauarten auf Coil fällt die benötigte Kapazität in den Geschäftsjahren 2013/14 und 2014/15 wieder auf das Niveau von 2010/11. Bei annähernd gleicher Menge wie im GJ2010/11 wird, aufgrund der Produktmixänderung, eine um 268 min kürzere Bearbeitungszeit notwendig sein. Trotz dieser Auslagerung bedarf es in den beiden Geschäftsjahren 2011/12 sowie 2012/13 Anstrengungen, um die geplanten Mengen zu produzieren und den Engpass am Walzwerk Mino zu entschärfen.

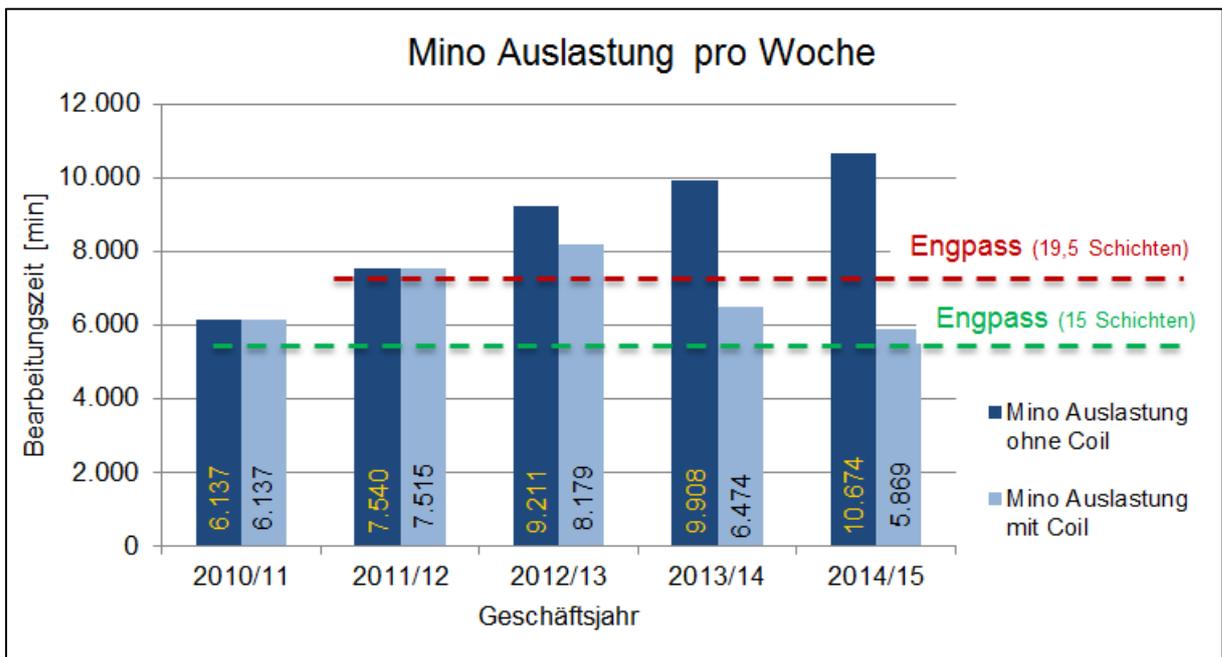


Abbildung 5-17: Auslastung des Walzwerks bis 2015¹⁹⁵

¹⁹⁵ Eigene Darstellung

Schleifmaschine Weber Stahl

Die geplante Bearbeitungszeit der Schleifmaschine Weber Stahl steigt bis zum Jahr 2014/15 auf 9.759 min pro Woche an. Die wachsende Menge an AISn+ bedeutet einen höheren Anteil an Rücken-fertig Verbundstreifen, wodurch Jahreswachstumsraten von bis zu 24% abgedeckt werden müssen.

Bei der Auslagerungsalternative sinkt die Auslastung der Weber Stahl von 7.495 min im Geschäftsjahr 2012/13 auf 5.052 min im Jahr 2014/15. Ident dem Modell der Mino wird durch die Produktmixänderung bei fast gleicher Menge wie im Jahr 2010/11 die Weber Stahl im Geschäftsjahr 2014/15 ca. 550 min weniger ausgelastet (siehe Abbildung 5-18). Diese Schleifmaschine wurde in Kapitel 4.4 als Engpass (bei 19,5 Schichten) erkannt und benötigt Kapazitätssteigerungsmaßnahmen, um die geforderten Mengen rechtzeitig zu produzieren.

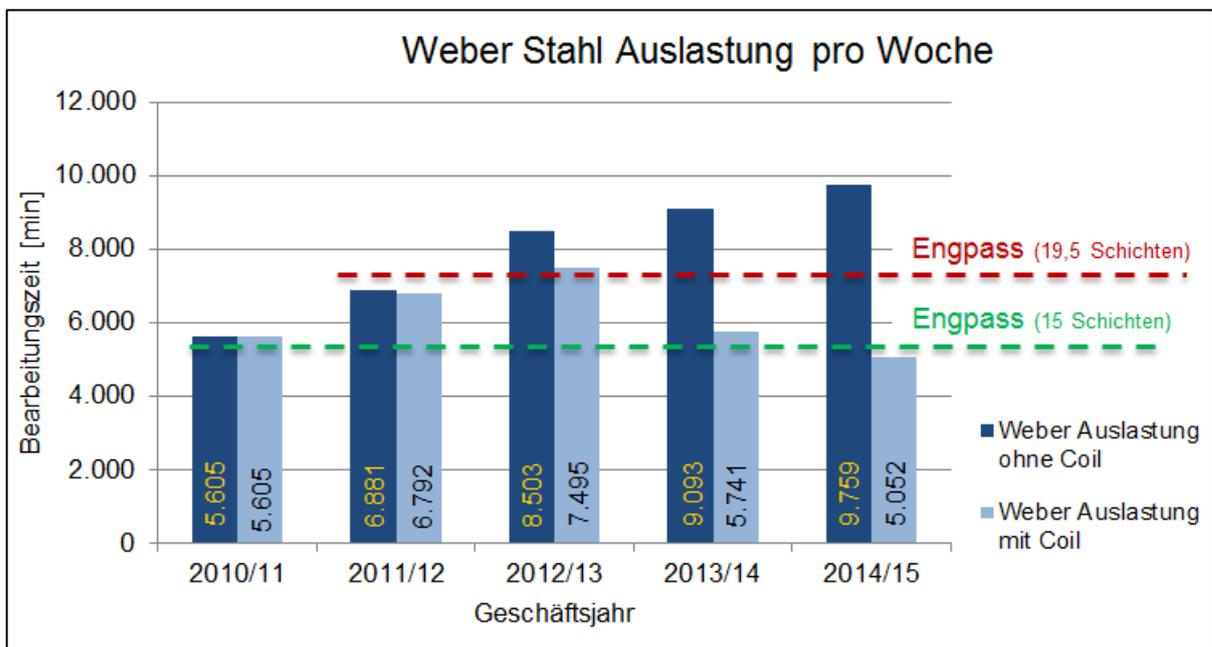


Abbildung 5-18: Auslastung der Schleifmaschine bis 2015¹⁹⁶

¹⁹⁶ Eigene Darstellung

6 Erarbeitung und Umsetzung von Kapazitätssteigerungs-Vorschlägen

Die Auswertungen der Produktionsplanung und des Modells lassen einen stetigen Anstieg der Fertigungsmengen erwarten. Die Auslastung der Maschinen soll durch kurzfristige Kapazitätssteigerungen verbessert und effizienter gestaltet werden. In diesem Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Ausarbeitung von Vorschlägen zur Kapazitätssteigerung beschrieben - von der Ideenfindung bis zu umgesetzten Maßnahmen.

6.1 Sammlung von Ansätzen und Ideen

Die Schleifmaschine und das Walzwerk beeinflussen die Produktion als Engpassmaschinen wesentlich. Infolgedessen wurden Konzepte zur Kapazitätssteigerung erarbeitet. Ziel ist es Möglichkeiten der Effizienzsteigerungen und Outsourcing-Potentiale aufzuzeigen.

6.1.1 Brainstorming

Durch Gespräche mit MitarbeiterInnen in der Produktion, einer Diskussionsrunde mit den Schichtführern und aus den Ergebnissen der Analyse wurden folgende Vorschläge zur Kapazitätssteigerung ausgearbeitet:

Schleifmaschine Weber Stahl

- Richtwalzwerk mit Ultraschallprüfung von der Schleifmaschine abkoppeln
Beim Schleifen von Rücken-fertig Produkten müssen die MitarbeiterInnen eine zusätzliche Maschine bedienen. Die begrenzte Geschwindigkeit der Ultraschallprüfung führt zu einer längeren Streifendurchlaufzeit an der Schleifmaschine. Die lange Rüstzeit des Richtwalzwerks reduziert die Fertigungskapazität der Schleifmaschine.
- Anfahrgeschwindigkeit verbessern
Nach erfolgten Instandhaltungsmaßnahmen muss die Kontaktwalze der Schleifmaschine neu eingestellt werden. Dieser Einstellvorgang dauert mehrere Stunden und soll beschleunigt werden. Die Maschine könnte dadurch früher mit der Produktion beginnen.

- Fräsqualität verbessern
Dicke Streifen (Wandstärke > 16mm) werden bei einer externen Firma vorgefräst. Die Oberfläche und eine Schräge, für einen besseren Einzug des Materials beim Walzwerk, werden spanend bearbeitet. Beim ersten Vorschleifen können die Fräsriefen meist nicht vollständig entfernt werden, ein zweiter Schleifdurchgang ist daher notwendig. Dieser zusätzliche Schleifvorgang kann eingespart werden, wenn die externe Firma die Oberfläche nicht schruppt sondern schlichtet.

- Vorschleifen auslagern
Steigt die Produktionsmenge in Zukunft an, kann die Schleifmaschine die benötigten Mengen nicht mehr abfertigen. Ähnlich der Überlegung im vorigen Punkt könnten durch eine Verbesserung der angelieferten Qualität aller Streifen, Schleifvorgänge eingespart und Kapazitäten gewonnen werden. Durch Auslagerung des Vorschleifprozesses steht mehr Zeit zur Verfügung die Stahlstreifen fertig zu schleifen, bei den Verbundstreifen den Rücken zu bearbeiten und etwaige Sonderaufträge (Bronze) von anderen Units zu bearbeiten.

- Zusätzliches Personal an der Weber Stahl Schleifmaschine
Diese Maßnahme zielt darauf ab, unnötige Stillstände der Engpassmaschine zu vermeiden. Eine zusätzliche Personalkapazität könnte helfen:
 - einen Leistungsabfall durch eintönige Arbeit zu verhindern
 - Rüstzeiten zu verkürzen
 - die Pausenvertretung zu übernehmen
 - anstehende Aufträge vorzubereiten
 - Material zu beschriften
 - Schleifbänder zu holen
 - sonstige anfallende Aufgaben zu erledigen

- Bei dicken Stahlstreifen fertige SW anstatt der Zwischenlagen verwenden
Nach dem Schleifen der Oberfläche soll eine Verunreinigung unter allen Umständen verhindert werden, um Bindefehler beim Plattieren zu vermeiden. Aus diesem Grund werden die geschliffenen Oberflächen, auf die das Material plattiert wird, zueinander gestapelt. Jeweils ein Stahlstreifen wird gewendet und auf dem anderen platziert. Dicke Stahlstreifen werden wegen ihres hohen Gewichtes nicht gewendet. Ein entfetteter Alustreifen dient als Zwischenlage.
Fertige Sandwiche anstatt der Zwischeneinlagen könnten beim Zusammenwalzen Zeit einsparen und die Kapazität erhöhen.

- Automatische Bestückung verbessern (bei Streifen mit hohem Gewicht)
Die Streifen werden der Schleifmaschine automatisch zugeführt. Ungeschliffenes Material wird vom Transportwagen mittels Saugnäpfen hochgehoben und auf die Zuführung der Schleifmaschine gelegt. Bei Streifen mit hohem Gewicht muss der Wagen exakt positioniert sein, um einen ordnungsgemäßen Hubvorgang mit ausreichender Saugleistung zu gewährleisten. Besonders bei nicht ausreichend geschultem Personal können Verzögerungen oder Arbeitsunterbrechungen auftreten. Durch eine Erhöhung der Hubvorrichtungssaugkraft beim Handling von schweren Streifen können ungeplante Stillstände verhindert und die Arbeit erleichtert werden.
- Schleifbandqualität verbessern
Das Verlaufen der Schleifbänder mit Körnung K320 kann zu ungeplanten Stillständen führen. Die MitarbeiterInnen müssen die Maschine abstellen, den Arbeitsraum der Maschine öffnen und das Band genauer positionieren. Die Verbesserung der Schleifbandqualität könnte die ungeplanten Stillstände reduzieren.

Walzwerk Mino

- Zusätzliches Personal am Walzwerk Mino
Identisch dem Vorschlag an der Schleifmaschine, würde zusätzliches Personal dazu beitragen ungeplante Stillstände zu vermeiden und einen Leistungsgewinn zu erzielen. Weitere Punkte siehe zusätzliches Personal für Weber Stahl.
- Messvorrichtung
Derzeit arbeiten zwei Personen am Walzwerk. Eine stellt den Walzspalt ein und ist für die Einhaltung der vorgegebenen Toleranz verantwortlich. Die zweite Person misst die Dicke des Streifens mit einem Schnelltester. Das Messergebnis wird meist von dem Einsteller/ von der Einstellerin des Walzspalts kontrolliert. Durch eine Messvorrichtung kann der Messablauf verkürzt und die Messgenauigkeit verbessert werden.
- Materialstapelung vereinfachen
Ist die Stahl- und Auflagendicke in Ordnung und hat der Streifen die richtige Länge, wird er mit einem Kran mit Saugnäpfen auf einen Wagen gehoben. Durch eine innovativere Lösung wird die Materialhandhabung vereinfacht und Wartezeiten können reduziert werden.

- **Barcodereader für An- und Abmeldung**
Die An- und Abmeldestation ist vom Walzwerk ca. 10m entfernt. Ein Meldecomputer am Arbeitsplatz mit Barcodereader würde die Meldezeit verkürzen, die Eingabe erleichtern und die Meldegenauigkeit erhöhen.
- **Größere Lose**
Die Losgröße ist ein wichtiger Parameter für die Leistungsfähigkeit einer Maschine. Für jedes Los muss das Material zur Maschine transportiert, die Maschine gerüstet und stichprobenartig die Abmessungen kontrolliert werden. Je größer das Los, desto geringer ist der Anteil dieser Nebenzeiten an der Gesamtzeit. Da jedoch sehr viele Varianten gefertigt werden, gibt es auch Aufträge mit nur einem Stück. Hierbei übersteigen die Nebenzeiten die Bearbeitungszeit des einen Streifens um ein Vielfaches. Werden Aufträge zusammengefasst, erhöht sich die Losgröße und es würden sich die anteiligen Nebenzeiten verkürzen. Es soll darauf hingewiesen werden, dass größere Lose mit anderen Produktionszielen konkurrieren und die Zielerreichung anderer Teilziele beeinflussen (siehe Kapitel 2.6).
- **Mino Rüstzeiten verkürzen**
Beim Plattieren muss der Streifen seitlich geführt werden um ein Verrutschen des Sandwiches zu vermeiden. Auftretende Kräfte werden durch seitliche Führungen und Spannbacken abgefangen. Je nach Breite der Streifen muss bei jedem Auftrag die Führung am Walzwerk manuell eingestellt und die Spannbacken angepasst werden. Die Führungen lassen sich rasch mit einem Schlagschrauber verstellen, die Spannbackenschrauben müssen mit einem Gabelschlüssel auf- und zugeschraubt werden. Ein paralleles Verfahren der Führung mit einer zweiten Spindel würde das Einstellen der Backen überflüssig machen und eine Zeitersparnis bringen.
- **Walzenreinigungszeit verkürzen**
Bei Rücken-fertig Material muss, um eine saubere Walzenoberfläche zu erhalten und eine Beschädigung des Rückens zu vermeiden, die untere Walze auf eine vorgegebene Rautiefe geschliffen werden. Diese Arbeit wird mit einem Handschleifer erledigt. Um die gesamte Breite der Walze zu reinigen, muss das Schleifgerät mehrmals versetzt werden. Die Reinigung dauert ca. 20 min und erfolgt zweimal pro Tag. Die Automatisierung des Schleifvorganges kann die Stillstandszeit reduzieren.

- **AlZn Legierung nicht mehr auswalzen**
Die GVP verarbeitet sechs verschiedene Aluminiumlegierungen zu Streifen. Fünf davon werden im Haus vom Beltcaster gegossen und eine Legierung (AlZn) wird zugekauft (siehe Kapitel 3.2.1). Aus Kosten- und Bestellgründen wurde beschlossen, drei Wandstärken zuzukaufen und in der Produktion weiter zu verarbeiten. Die Platten werden zugeschnitten und am Walzwerk auf die benötigte Wandstärke abgewalzt. Ein Zukauf der erforderlichen Wandstärken kann das Abwalzen einsparen. Aufgrund der Vielfalt an unterschiedlichen Abmessungen ist eine Konzentration auf Rennerartikel sinnvoll.
- **Walzen kühlen**
Hoher Druck beim Walzplattieren und hohe Temperatur bei den Arbeitsgängen Warmplattieren (PW) und Kaltplattieren mit warmem Sandwich (PKW) erwärmen die Walzen. Diese erhöhte Temperatur führt zu seitlichen Rissen am Vor-Sandwich, Sandwich und der Legierung und soll unter allen Umständen vermieden werden. Durch eine Kühlung der Walzen würde das Material bei einer konstanten Temperatur bearbeitet und zu einer Verbesserung der Prozessstabilität führen.
- **Arbeitsplatz ergonomischer gestalten**
Am Walzwerk wird jeder Streifen auf die Zuführung zum Walzspalt gehoben (siehe Abbildung 3-9). Diese hohe körperliche Anstrengung soll durch einen ergonomisch gestalteten Arbeitsplatz reduziert werden. Ein höhenverstellbarer Wagen und anpassbare Stützen würde die Belastung der MitarbeiterInnen verringern und die Leistungsfähigkeit steigern.
- **Kapazitäten auf Sundweger verlagern**
Neben dem Hauptwalzwerk Mino gibt es noch das kleinere Walzwerk Sundweger. Bestimmte Arbeitsgänge, wie zum Beispiel das Auswalzen der Sandwiche AlSn werden auf diesem Walzwerk durchgeführt. Aufgrund der begrenzten Walzkraft können bestimmte Prozessschritte nicht durchgeführt werden beziehungsweise benötigen mehr Walzstiche. Die Verlagerung bestimmter Arbeitsgänge auf dieses Walzwerk entlastet die Maschine Mino und schafft zusätzliche Kapazitäten.
- **Pausendurchlauf verstärkt kontrollieren**
Bei den Engpassmaschinen sollen die Pausen des Personals produktiv genutzt werden. Ist keine ausgebildete Vertretung anwesend, wird die Maschine abgeschaltet und das Personal konsumiert die Pause. Durch bessere Planung und Kontrolle sollen genügend ausgebildete MitarbeiterInnen zur Verfügung stehen und unnötige Stillstandszeiten der Anlage vermieden werden.

6.1.2 Vergabe von Prioritäten

Folgend sind in Tabelle 29 und Tabelle 28 alle in Kapitel 6.1.1 angeführten Ideen und Ansätze zusammengefasst, nach Priorität gereiht und als kurz-, mittel- beziehungsweise langfristige Maßnahmen eingeteilt.

Schleifmaschine Weber Stahl

Maßnahme	Priorität	Typ	Umsetzung	Auswirkung
Fräsqualität verbessern	1	Investition	kf	kf
Vorschleifen auslagern	2	Logistik/Inv.	mf	mf
Zusätzlicher Personal Weber Stahl	3	Personal	kf	kf
Anfahrsgeschwindigkeit verbessern	4	KVP	mf	mf
Bei dicken Streifen fertige SW anstatt der Zwischenlagen verwenden	5	KVP	kf	kf
Richtwalzwerk abkoppeln	6	KVP/Inv.	mf	mf
Automatische Bestückung verbessern (bei schweren Streifen)	7	KVP/Inv.	mf	mf
Schleifbandqualität erhöhen	8	KVP	kf	kf

Tabelle 28: Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung an der Schleifmaschine

kf kurzfristig
 mf mittelfristig
 lf langfristig

Walzwerk Mino

Maßnahme	Priorität	Typ	Umsetzung	Auswirkung
Zusätzliches Personal für Mino	1	Personal	kf	kf
Walzenreinigungszeit verkürzen	2	Investition	mf	mf
Arbeitsplatz ergonomischer gestalten	3	Investition	kf	lf
Messvorrichtung	4	Investition	mf	mf
AlZn Legierung nicht mehr auswalzen	5	Logistik	mf	kf
Mino Rüstzeiten verkürzen	6	Investition	mf	lf
Kapazitäten auf Sundweger verlagern	7	Logistik	kf	kf
Barcodereader für An- und Abmeldung	8	KVP	mf	lf
Pausendurchlauf verstärkt kontrollieren	9	KVP	kf	mf
Materialstapelung vereinfachen	10	Investition	mf	mf
Walzen kühlen	11	Investition	mf	mf
größere Lose	12	Logistik	mf	mf

Tabelle 29: Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung am Walzwerk

kf kurzfristig
 mf mittelfristig
 lf langfristig

6.2 Potentialabschätzung

Die Potentialabschätzung erfolgte aus der Analyse der rückgemeldeten Daten. Die Mengen der einzelnen Arbeitsgänge wurden bestimmt und das Einsparungspotential abgeschätzt (siehe Tabelle 30 und Tabelle 31).

Schleifmaschine Weber Stahl:

Maßnahme	Potential
Fräsqualität verbessern	420 min/KW
Vorschleifen auslagern	1790 min/KW
Richtwalzwerk abkoppeln	870 min/KW

Tabelle 30: Potentialabschätzung Kapazitätssteigerung an der Schleifmaschine

Walzwerk Mino

Maßnahme	Potential
Walzenreinigungszeit verkürzen	180 min/ KW
AlZn Legierung nicht mehr auswalzen	100 min/KW
Barcodereader für An- und Abmeldung	190 min/KW
Pausendurchlauf verstärkt kontrollieren	150 min/KW

Tabelle 31: Potentialabschätzung Kapazitätssteigerung am Walzwerk

6.3 Umgesetzte Maßnahmen

Folgende Maßnahmen wurden bis zur Fertigstellung der Diplomarbeit bereits umgesetzt beziehungsweise sind in Bearbeitung:

Schleifmaschine Weber Stahl

- Fräsqualität verbessern – abgeschlossen
Die gefrästen Streifen werden in Zukunft mit einer geringeren Rautiefe angeliefert. Durch die Umstellung können in jeder Kalenderwoche 553 andere Schleifvorgänge eingeplant werden.

- Vorschleifen auslagern – in Bearbeitung
Der Zulieferbetrieb der Stahlstreifen wurde kontaktiert und es wird gemeinsam an einer Lösung gearbeitet. Umsetzungsvarianten sind:
 - die Vergabe des Auftrags an einen Lohnfertiger
 - der Zulieferbetrieb führt das Vorschleifen selbst durch
- Anfahrsgeschwindigkeit erhöhen – in Bearbeitung
Ein Angebot der Schleifmaschinenherstellungsfirma liegt vor und in den kommenden Wochen wird entschieden, welche Maßnahmen umgesetzt werden.

Walzwerk Mino

- Neue elektronische Messvorrichtung – abgeschlossen
Ein neuer elektronischer Messtaster wird in der Fertigung eingesetzt. Dieser zeigt automatisch den gemessenen Wert am Bildschirm an, wodurch eine verfälschte Messwertweitergabe vermieden wird. Die Kontrolle durch eine zweite Person entfällt. Die Aufzeichnung der Daten dient zur statistischen Produktionsauswertung.
- Walzenreinigungszeit verkürzen – in Bearbeitung
Die Walzen werden in Zukunft anstatt manuell mit einer neukonstruierten Winkelschleifer-Haltevorrichtung abgeschliffen. Der Winkelschleifer wird oszillierend über die Walzenbreite geführt. Die Vorbereitungszeit wird verkürzt und die Walzen gleichmäßiger abgeschliffen.

7 Zusammenfassung

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die Gleitlagervormaterialproduktion analysiert, ein Simulationsmodell erstellt und Vorschläge zur Kapazitätssteigerung erarbeitet.

In der Analyse wurde die Produktion genau untersucht und Einflüsse auf die Ausbringungsmenge bestimmt. Die variantenreiche Herstellung von Stahl-Aluminium-Verbundstreifen erforderte eine Abstraktion der Fertigung, um die Komplexität der Abläufe zu reduzieren. Mithilfe von drei Gruppen konnte die gesamte Produktpalette zu Beginn gut abgebildet werden, bevor weitere Analysen einen höheren Detaillierungsgrad benötigten.

Es zeigte sich, dass nicht ein, sondern mehrere Faktoren das Ausbringungsergebnis beeinflussen. Die stärkste und offensichtlichste Auswirkung hat die Zusammensetzung des Produktionsprogramms. Eine Veränderung des Produktmix kann eine Dreifach-Auswirkung hervorrufen:

- Die Verbundstreifen der drei Legierungsgruppen durchlaufen verschiedene Fertigungsprozesse und erfordern Prozessschritte mit unterschiedlicher Zeitdauer. Eine Veränderung des Produktionsprogramms führt zu einer veränderten Durchlaufzeit und somit zu einer unterschiedlichen Maschinenauslastungen.
- Der Anteil an Rücken-fertig Produkten wirkt ebenfalls auf das maximal mögliche Produktionsergebnis. Ein Verbundstreifen, der im Prozessablauf ein zusätzliches Mal die Schleifmaschine belegt, reduziert dadurch die Ausbringungsmenge der Maschine und bei einem Engpassarbeitsplatz die Ausstoßmenge der gesamten Produktion.
- Schwere Verbundstreifen sind eine höhere Belastung für das Personal als leichte Verbundstreifen. Muss eine höhere Anzahl an schweren Verbundstreifen produziert werden, ist durch die längeren Vorgabezeiten eine geringere Menge herstellbar.

Die Analyse der Auftragsgrößen ergab einen hohen Anteil an kleinen Losgrößen. In der Literatur führen kleine Lose zu einer Verkürzung der Durchlaufzeiten und zu gesteigerter Flexibilität¹⁹⁷. In der Praxis zeigte sich bei kleinen Losen eine erhebliche Abweichung von den Vorgabezeiten und somit eine Durchlaufzeiterhöhung.

In der Engpassanalyse konnte bei zwei Maschinen ein aktueller Engpass festgestellt werden. Das Walzwerk Mino und die Schleifmaschine Weber Stahl werden derzeit mit voller Auslastung betrieben und sind die Begrenzungsmaschinen der Produktion.

¹⁹⁷ Vgl. Kernler (1993), S. 19

Die Analyse der Gleitlagervormaterialproduktion ergab einen starken Einfluss des Produktmix auf die Ausbringungsmenge. Ein Simulationsmodell soll eine Veränderung im Produktionsprogramm abbilden können und die Auslastung ausgewählter Maschinen errechnen. Die Überarbeitung des Produktionsplanes der nächsten vier Jahre stellte Plandaten für das Simulationsmodell zur Verfügung, mit denen der Maschinenkapazitätsbedarf bis zum Ende der Planungsperiode berechnet werden konnte.

Die Produktionsplanung ergab einen steigenden Vormaterialbedarf bis zum Ende des Planungszeitraums. Jahreswachstumsraten von bis zu 23% führen im Geschäftsjahr 2014/15 zu einem Bedarf von über 180.000 Verbundstreifen. Im abgelaufenen GJ 2010/11 erreichte die Vormaterialproduktion eine Ausbringungsmenge von ca. 112.000 Verbundstreifen. Ein zweites Szenario sieht vor, einen Teil der Fertigung auszulagern, um die Produktion zu entlasten. In diesem Fall fällt der Bedarf für das GJ 2014/15, nach einem Anstieg bis GJ 2012/13, auf das Niveau des Geschäftsjahres 2010/11.

Diese Plandaten wurden in das Simulationsmodell für das Walzwerk Mino eingegeben und es zeigte sich ein ähnliches Bild wie bei der vorher beschriebenen Produktionsplanung. Ohne Auslagerung steigt die Maschinenauslastung stetig an und wird im letzten Jahr der Planungsperiode eine Bearbeitungszeit ohne Rüsten von ca. 10.600 min pro Kalenderwoche erfordern. Bei der Auslagerungsalternative (Coil-Szenario) wird im GJ 2014/15 bei annähernd gleicher Menge wie im GJ 2010/11, aufgrund der Produktmixänderung, eine um 268 min kürzere Bearbeitungszeit notwendig sein. Trotz der Auslagerung wird die Maschine die geplanten Mengen in den kommenden Jahren nicht ohne Verbesserungsmaßnahmen bewältigen können.

Die Auslastung der Weber Stahl steigt bis zum Ende der Planungsperiode, im Geschäftsjahr 2014/15, auf 9.759 min Bearbeitungszeit. In den einzelnen Jahren sind Bedarfszuwächse von bis zu 24% zu realisieren und somit erreicht die Maschine ihre Engpassgrenze bei 19,5 Schichten spätestens im Jahr 2012/13. Wird die Auslagerung bestimmter Bauarten wie geplant umgesetzt, normalisiert sich die Belastung auf ca. 5.000 min pro Kalenderwoche. Die Produktmixänderung verkürzt die Bearbeitungszeit im Jahr 2014/15 gegenüber 2010/11 um ca. 550 min pro Woche. In der Auslagerungsübergangsphase muss durch Kapazitätssteigerungsmaßnahmen ein Engpassverhalten verhindert werden.

Mit dem Modell kann der zukünftige Kapazitätsbedarf berechnet und für die Kapazitätsplanung eingesetzt werden. Die Daten können somit als Grundlage für zukünftige Investitionsentscheidungen dienen.

Vorschläge zur Kapazitätssteigerung sollen helfen den zukünftigen Kapazitätsbedarf besser abzudecken. Erkenntnisse aus der Produktionsanalyse und Gespräche mit MitarbeiterInnen führten zu zahlreichen Verbesserungsideen an den Engpassmaschinen. Die Vorschläge reichten von Kapazitäts-Outsourcing, zusätzliches Personal bis hin zu Effizienzsteigerungen. Eine Prioritätenvergabe erleichterte die Entscheidung welche Vorschläge in Maßnahmen umgesetzt werden. Bis zum Abschluss der Diplomarbeit wurden fünf Maßnahmen gestartet und teilweise erfolgreich abgeschlossen. Eine Verbesserung der Fräsqualität ermöglicht in Zukunft zusätzliche 553 Schleifvorgänge pro Kalenderwoche einzuplanen.

8 Ausblick

Die Kenntnis der Kapazitätsbedarf-Entwicklung ist sehr wichtig, um zukünftige strukturelle Investitionsentscheidungen vorbereiten zu können. Anhand der Produktionsplanung kann für die kommenden Jahre von einer steigenden Nachfrage nach Gleitlagern und Gleitlagervormaterial ausgegangen werden. Die hoch belasteten Maschinen produzieren derzeit an ihren Kapazitätsgrenzen und eine Steigerung der Ausbringungsmengen ist nur durch kapazitätssteigernde Maßnahmen möglich.

Das Modell soll mit den ausgearbeiteten Daten der Zeitaufnahme aktualisiert werden und somit die Realität noch besser abbilden. Je genauer die Produktionszeiten bekannt sind, desto exakter können Vorhersagen interpretiert werden.

Eine Ausweitung des Modells auf die nicht modellierten Maschinen wird empfohlen. Wird die derzeitige Engpasssituation aufgelöst, kann die Simulation der gesamten Produktion, die neue, ausbringungsbegrenzende Maschine schnell und präzise bereits in der Planungsphase erkennen.

9 Literaturverzeichnis

- ADAM, D.: Produktionsmanagement, 9.Auflage, Wiesbaden 1998.
- ARNOLD, D. et al.: Handbuch Logistik, 3.Auflage, Berlin 2008.
- BARGEL, H. J.; SCHULZE, G.: Werkstoffkunde, 9. Auflage, Berlin 2005.
- BECKER, T.: Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, 2.Auflage, Berlin 2008.
- BLOECH, J. et al.: Einführung in die Produktion, 5. Auflage, Berlin 2004.
- BÖGE, A.: Maschinenelemente, in: Böge, A. (Hrsg.): Handbuch Maschinenelemente, Grundlagen und Anwendung der Maschinenbautechnik, 20. Auflage, Wiesbaden 2011, I134-I178.
- BRACHER, M.: Das operative Management von Produktionsunternehmen – Entwicklung eines Prozessmodells, Dissertation, Montanuniversität Leoben, 2009.
- DYCKHOFF, H.; SPENGLER T. S.: Produktionswirtschaft – Eine Einführung für Wirtschaftsingenieure, 2. Auflage, Berlin 2007.
- ERLACH, K.: Wertstromdesign – Der Weg zur schlanken Fabrik, Berlin 2007.
- EVERSHEIM, W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 1, Düsseldorf 1981.
- FUCHS, R. M.: Ein Planungsverfahren zur Erkennung und Bewältigung von Material und Kapazitätsengpässen bei mehrstufiger Linienfertigung, Dissertation, Universität Stuttgart, 1990.
- GIENKE, H.; KÄMPF, R.: Handbuch Produktion, München 2007.
- GOLDRATT, E.; COX, J.: Das Ziel – Ein Roman über Prozessoptimierung, Frankfurt 2001.
- GROTE, K. H.; FELDHUSEN, J.: Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, 21.Auflage, Berlin 2004.
- GÜNTHER, H. O.; TEMPELMEIER, H.: Produktion und Logistik, 6.Auflage, Berlin 2004.
- GUTENBERG, E.: Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen, 3.Auflage, Wiesbaden 1983.
- HACHTL, G.; HOLZBAUR, U.: Management für Ingenieure - Technisches Management für Ingenieure in Produktion und Logistik, Wiesbaden 2010.
- KAUTZ, W. E.: Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme, Wiesbaden 1996.

- KERN, W.: Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung, Köln 1962.
- KÖHLER, M.: Plattiertes Stahlblech, in: Merkblatt 383 Ausgabe 2006, Stahl- Informations-Zentrum, Düsseldorf 2006, S. 1-17.
- KUMMER, S.; GRÜN, O.; JAMMERNEGG, W.: Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik, 2. Auflage, München 2009.
- KÜNNE, B.: Einführung in die Maschinenelemente – Gestaltung – Berechnung – Konstruktion, 2. Auflage, Stuttgart 2001.
- LÖDDING, H.: Verfahren der Fertigungssteuerung, Berlin 2005.
- MATYAS, K.: Taschenbuch Instandhaltungslogistik – Qualität und Produktivität steigern, 3.Auflage, München 2008.
- MIBA: Unternehmenshomepage, Laakirchen 2011a, <http://www.miba.com>, Zugriffsdatum: 7.06.2011.
- MIBA: Präsentationsmaterial, Laakirchen 2011b.
- MIBA: Unternehmenskennzahlen, Laakirchen 2011c, http://www.miba.com/download/press/Miba_Facts_Figures_de.pdf, Zugriffsdatum: 7.06.2011.
- MIBA: Bearing Manual 2008, Laakirchen 2008.
- NEBL, T.: Produktionswirtschaft, 9.Auflage, München 2007.
- NEBL, T.; PRÜß, H.: Anlagenwirtschaft, München 2006.
- NIEMANN, G.; WINTER, H.; HÖHN, G.-H.: Maschinenelemente, Band 1, 4. Auflage, Berlin 2001.
- PAWELLEK, G.: Produktionslogistik: Planung-Steuerung-Controlling, München 2007.
- REFA: Arbeitsgestaltung in der Produktion, 2.Auflage, München 1993.
- REFA: Ausgewählte Methoden der Planung und Steuerung, München 1993.
- REITZ, A.: Total Productive Management (TPM), in: Dickmann, P. (Hrsg.): Schlanker Materialfluss – mit Lean Production, Kanban und Innovationen, Berlin 2007, S. 44-50.
- RYLL, F.; FREUND, C.: Grundlagen der Instandhaltung, in: Schenk, M. (Hrsg.): Instandhaltung technischer Systeme – Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebs, Berlin 2010, S. 23-102.

- SCHLECHT, B.: Maschinenelemente 2 – Getriebe-Verzahnung-Lagerung, München 2010.
- SCHÖNSLEBEN, P.: Integrales Logistikmanagement, 5.Auflage, Berlin 2007.
- SPUR, G.: Produktion, in: Czichos, H.; Hennecke, M. (Hrsg.):Hütte – Das Ingenieurwissen, 33.Auflage, Berlin 2008, L1- L56.
- STIEFL, J.: Finanzmanagement, München 2005.
- STOFFREGEN, J.: Motorradtechnik – Grundlagen und Konzepte von Motor, Antrieb und Fahrwerk, 7. Auflage, Wiesbaden 2010.
- SYSKA, A.: Produktionsmanagement – Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, Wiesbaden 2006.
- WESTKÄMPER, E.: Einführung in die Organisation der Produktion, Berlin 2006.
- WILDEMANN, H.: Produktionsorganisation, in: Schreyögg, G.; v. Werder, A. (Hrsg.): Handwörterbuch Unternehmensführung und Organisation, 4.Auflage, Stuttgart 2004, S. 1182-1189.
- ZÄPFEL, G.: Produktionswirtschaft – Operatives Produktions-Management, Berlin 1982.

10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Unternehmensstandorte	1
Abbildung 1-2: Halbschale.....	3
Abbildung 1-3: Anlauftring	3
Abbildung 1-4: Büchse	3
Abbildung 2-1: Produktionsprozess	6
Abbildung 2-2: Produktionsfaktoren	7
Abbildung 2-3: Werkstattfertigung	11
Abbildung 2-4: Reihenfertigung	11
Abbildung 2-5: Fließarbeit	12
Abbildung 2-6: Vier Basisziele einer Produktion.....	14
Abbildung 2-7: Ablaufplanungspolylemma	19
Abbildung 2-8: Das logische Zielquadrat mit sechs Beziehungen	20
Abbildung 2-9: Kapazitätsbedarf und Kapazitätsbestand	24
Abbildung 2-10: Belastung einer Ressource (kontinuierlich und mit Rechteckverteilung).....	24
Abbildung 2-11: Produktionsengpass.....	25
Abbildung 2-12: Temporärer und permanenter Kapazitätsengpass	26
Abbildung 2-13: Temporärer und permanenter Materialengpass	26
Abbildung 2-14: Warteschlange vor einem Engpass.....	27
Abbildung 2-15: Engpass im Beschaffungsbereich	28
Abbildung 3-1: Gleitlageranwendungen im Motor.....	36
Abbildung 3-2: Materialfluss in der Gleitlagerfertigung.....	37
Abbildung 3-3: Verpressen der Platinen.....	37
Abbildung 3-4: Ölnuten und -bohrungen in Gleitlagern	38
Abbildung 3-5: Aluminium-Stahl Streifen.....	38
Abbildung 3-6: Schematische Streifenproduktion	39
Abbildung 3-7: Gesamtprozess Streifenherstellung am Beispiel AlSn25	41
Abbildung 3-8: Oberflächenbeschaffenheit eines metallischen Werkstoffs	44

Abbildung 3-9: Walzplattieren.....	45
Abbildung 3-10: Bildung eines festen Verbunds durch Diffusion in der Bindezone ...	47
Abbildung 3-11: Geschliffene Legierungsoberfläche	48
Abbildung 4-1: Abstraktion der Fertigung	51
Abbildung 4-2: Analyse der Warengruppen im GJ 2010/11.....	52
Abbildung 4-3: Analyse des Vormaterialflusses im GJ 2010/11	53
Abbildung 4-4: Rückenanalyse der Verbundstreifen im GJ 2010/11	54
Abbildung 4-5: Gewichtsanalyse GJ 2010/11.....	55
Abbildung 4-6: Ausbringungsmengen GJ 2010/11	56
Abbildung 4-7: Produktmixvergleich GJ 2010/11 und GJ 2008/09	58
Abbildung 4-8: Bearbeitungsdauer am Walzwerk.....	58
Abbildung 4-9: ABC-Analyse GJ 2010/11.....	59
Abbildung 4-10: Artikel die in Summe 50% der Produktion ausmachen.....	60
Abbildung 4-11: Losgrößenanalyse - Sandwich und Verbundstreifen GJ 2010/11	61
Abbildung 5-1: Unterteilung der Units.....	68
Abbildung 5-2: Detailliert Eingabemaske	69
Abbildung 5-3: Vereinfachte Eingabemaske und Mengenschlüssel	69
Abbildung 5-4: Normstreifen für die Fertigungszelle G51 und G524	71
Abbildung 5-5: Produktionsplanung.....	72
Abbildung 5-6: Histogramm - Legierungsbarren auswalzen AlSn+	77
Abbildung 5-7: Histogramm - Vor-Sandwich zusammenwalzen AlSn	77
Abbildung 5-8: Histogramm - Vor-Sandwich zusammenwalzen AlSn+	78
Abbildung 5-9: Histogramm - Sandwich auswalzen AlZn - G40	79
Abbildung 5-10: Histogramm - Sandwich auswalzen AlSn+ - G40.....	79
Abbildung 5-11: Losgrößenverteilung beim Vorschleifen	83
Abbildung 5-12: Losgrößen mit einer Vorgabezeitüberschreitung >100% (Vorschleifen)	84
Abbildung 5-13: Losgrößen mit einer Vorgabezeitunterschreitung.....	84
Abbildung 5-14: Histogramm – Bearbeitungszeit beim Fertigschleifen	85
Abbildung 5-15: Losgrößen mit einer Vorgabezeitüberschreitung >100% (Fertigschleifen).....	85

Abbildung 5-16: Produktionsbedarf Gleitlagervormaterial bis 2015	88
Abbildung 5-17: Auslastung des Walzwerks bis 2015	89
Abbildung 5-18: Auslastung der Schleifmaschine bis 2015	90

11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: MIBA AG - Unternehmenskennzahlen	3
Tabelle 2: Maschinenarbeitsplätze in der Gleitlager Vormaterialproduktion	43
Tabelle 3: Legierungsgruppen in der GVP	51
Tabelle 4: Gesamtanlageneffizienz – Walzwerk 2011	64
Tabelle 5: Gesamtanlageneffizienz – Walzwerk GJ 2010/11	64
Tabelle 6: Gesamtanlageneffizienz ausgewählter Produktionsmaschinen	65
Tabelle 7: Validierung der Produktionsplanung	73
Tabelle 8: Ergebnisse der Walzwerksimulation - 2011	75
Tabelle 9: Ergebnisse der Walzwerksimulation - 2010	75
Tabelle 10: Ergebnisse der Walzwerksimulation - Mengen 2011	76
Tabelle 11: Ergebnisse der Walzwerksimulation - Mengen 2010	76
Tabelle 12: Zeitanalyse - Legierungsbarren auswalzen AISn+	77
Tabelle 13: Zeitanalyse - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn	78
Tabelle 14: Zeitanalyse - Vor-Sandwich zusammenwalzen AISn+	78
Tabelle 15: Geänderte Vorgabezeiten - Sandwich zusammenwalzen	79
Tabelle 16: Geänderte Vorgabezeiten - Legierungsbarren auswalzen	80
Tabelle 17: Geänderte Vorgabezeiten - Bronze auswalzen	80
Tabelle 18: Endergebnisse der Walzwerksimulation - 2011	80
Tabelle 19: Endergebnisse der Walzwerksimulation - 2010	81
Tabelle 20: Ergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2011	82
Tabelle 21: Ergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2010	82
Tabelle 22: Zeitanalyse – Vorschleifen	83
Tabelle 23: Zeitanalyse – Fertigschleifen	85
Tabelle 24: Zeitanalyse – Rücken fertigschleifen	86
Tabelle 25: Geänderte Vorgabezeiten - Bronze nachschleifen	86
Tabelle 26: Endergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2011	87
Tabelle 27: Endergebnisse der Schleifmaschinensimulation - 2010	87
Tabelle 28: Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung am Walzwerk	97

Tabelle 29: Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung an der Schleifmaschine96
Tabelle 30: Potentialabschätzung Kapazitätssteigerung an der Schleifmaschine98
Tabelle 31: Potentialabschätzung Kapazitätssteigerung am Walzwerk.....98

12 Abkürzungsverzeichnis

BDE	Betriebsdatenerfassung
D_i	Engpassdauer des Bedarfsunterdeckungsbereichs
G^*	Unit G_x
GJ	Geschäftsjahr
GVP	Gleitlagervormaterial Produktion
k	Anzahl der Fertigungszellen
KW	Kalenderwoche
n	Anzahl der Prozessschritte
m	Losgröße
Mtlw	Mittelwert
OEE	Gesamtanlageneffektivität (Overall Equipment Effectiveness)
p	Anzahl der Legierungen
PVD	Physical Vapour Deposition
SAP	Enterprise Resource Planning Programm
SCM	Supply Chain Management
Stk	Stück
SW	Sandwich
T_{BM}	Gesamtbearbeitungszeit an der Maschine
TF	Teilungsfaktor
tr	Rüstzeit
te	Einzelzeit
TPM	Total Productive Maintenance
tv	Vorgabezeit
U_i	Engpassumfang des Bedarfsunterdeckungsbereichs
Vgzt	Vorgabezeit
x	produzierte Menge
x_{LA}	Menge Legierungsbarren auswalzen
x_{SZ}	Menge Vor-Sandwich zusammenwalzen

13 Formelverzeichnis

Formel 1: Produktivität.....	16
Formel 2: Arbeitsproduktivität.....	16
Formel 3: Maschinenproduktivität.....	16
Formel 4: Materialproduktivität	16
Formel 5: Wirtschaftlichkeit	17
Formel 6: Rentabilität	17
Formel 7: Eigenkapitalrentabilität	17
Formel 8: Gesamtkapitalrentabilität	17
Formel 9: Belastung eines Arbeitsgangs.....	24
Formel 10: OEE - Gesamtanlageneffektivität	33
Formel 11: OEE - Verfügbarkeitsrate	33
Formel 12: OEE - Leistungsrate	34
Formel 13: OEE - Qualitätsrate	34
Formel 14: Vereinfachte Gesamtbearbeitungszeit der Maschinen	68
Formel 15: Gesamtbearbeitungszeit der Maschinen	69
Formel 16: Sandwichmenge.....	74
Formel 17: Legierungsbarrenmenge	74

14 Anhang

14.1 Prozessabläufe

Warengruppe 2310 - Sandwiches:						
AlSn			AlSn+			AlZn
SW AlSn40 L 402	SW AlSn20 L 202	SW AlSn6 L 620	SW AlSn10 L 101	SW AlSnZn Bial	SW AlSn25 AlSn+	
Deckfolie - Rein Alu			Deckfolie - Rein Alu			
Zuschnitt A3004			Zuschnitt A3004			
Glühen A6216			Glühen A6216			
Richten A3716			Richten A3716			
Schleifen A4620			Schleifen A4620			
Bindefolie - Rein Alu			Bindefolie - AlZn (L15)			
Zuschnitt A3004			Zuschnitt A3004	Zuschnitt A3004		
Glühen A6216			Entfetten A7383	Richten A3716		
Richten A3716			Glühen A6216	Entfetten A7383		
Schleifen A4620			Richten A3716	Schleifen A4620		
			Schleifen A4620			
Legierungsbarren						
Schleifen A4620	Glühen A6216		Auswalzen A3706	Auswalzen A3706		
	Reinigen A9521		Leg. teilen A3004	Richten A3716		
	Richten A3716		Richten A3716	Glühen A6216	Glühen A6204	
	Schleifen A4620		Glühen A6216	Reinigen A9521		
			Reinigen A9521	Leg. teilen A3004		
			Richten A3716	Richten A3716		
			Schleifen A4620	Entfetten A7383		
				Schleifen A4620		
Sandwich Paket						
Zusammenwalzen A3706			Im Ofen erhitzen			
			Zusammenwalzen A3706			

AlSn			AlSn+		AlZn	
PK Stahl roh	PKW Stahl roh	PK Stahl fertig	PK+PKW Stahl roh	PK+PKW Stahl fertig	PK+PKW Stahl roh	PK+PKW Stahl fertig
AlSn 40 (3.4010) AlSn 20 (3.2020) AlSn6 (3.6200)			AlSn+ (3.2511) AlSn10 (3.1010) AlSnZn - Bial (3.1500/202)		AlZn4 (3.1500) 3.1230	
SW im Ofen erhitzen A6215		Stahl + SW Plattieren kalt A3706	Stahl + SW Plattieren kalt A3706			
Stahl + SW Plattieren A3706		Entfetten A7383	Streifen im Ofen erhitzen A6217			
Diffusions-glühen A6204		Schutzgas-glühen A6209	Streifen nachwalzen A3706			
Proben prüfen A1016			Diffusions-glühen A6204	Entfetten A7383	Diffusions-glühen A6204	Entfetten A7383
Reinigen A9521			Reinigen A9521	Schutzgas-glühen A6209		Schutzgas-glühen A6209
Richten und Kalandrieren A 3704		Richten und messen A 3704	Proben prüfen A1016			
Streifen auf Maß walzen (optional) A3704			Richten und Kalandrieren A 3704	Reinigen A9521	Richten und Kalandrieren A 3704	Richten und messen A3716
Richten A3716		Rücken schleifen A4619	Streifen auf Maß walzen (optional) A3704	Richten und messen A3716	Streifen auf Maß walzen (optional) A3704	
Schere A3001/A3006		Richten, US-prüfen A3708	Richten A3716	Streifen auf Maß walzen (optional) A3704	Richten A3716	Rücken schleifen A4619
		größtenteils Zerlegung	Streifen US-prüfen	Rücken schleifen A4619	Streifen US-prüfen	Richten, US-prüfen A3708
			Schere A3001/A3006	Richten, US-prüfen A3708	Schere A3001/A3006	Zerlegung
				Zerlegung		

14.2 Gesamtanlageneffektivität

Walzwerk Mino

Gesamtanlageneffizienz (OEE)				
A3706 - Mino		KW 04/2011 – 15/2011		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	0	min/KW		Pause wurde durchgearbeitet
-Geplante Instandhaltung	99	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Walzenwechseln	37	min/KW		1x pro Quartal (7,5h)
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00 Uhr
Verfügbare Betriebszeit	9104	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Walzenreinigung	360	min/KW		20min - 2x pro Tag
-Rüstzeit	1120	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7560	min/KW	83%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	200	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	7360	min/KW	97%	Leistungsrate
-Ausschuss	1	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	7530		100%	Qualitätsrate
*Jahresdaten aus GJ2010/11			OEE	81%

A3706 - Mino		GJ 2010/11		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	1440	min/KW		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	99	min/KW		aus IH-Auswertung
-Walzenwechseln	37	min/KW		1x pro Quartal (7,5h)
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7814	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW		aus IH-Auswertung
-Walzenreinigung	360	min/KW		20min - 2x pro Tag
-Rüstzeit	743	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	6647	min/KW	85%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	347	min/KW		aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	6300	min/KW	95%	Leistungsrate
-Ausschuss	2	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	6300		100%	Qualitätsrate
			OEE	81%

Weber Stahl + Richtwalzwerk US

A4619 + A3708 - Weber Stahl + Richtwalzwerk US			KW 04/2011 – 15/2011	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	0	min/KW		Pause wurde durchgearbeitet
-Geplante Instandhaltung	129	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	9111	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	226	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	1512	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7373	min/KW	81%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	102	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	7271	min/KW	99%	Leistungsindex
-Ausschuss	0,7	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	7271	min/KW	100%	Qualitätsrate
			OEE	80%

A4619 + A3708 - Weber Stahl + Richtwalzwerk US			GJ 2010/11	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	1440	min/KW		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	129	min/KW		aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7821	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	226	min/KW		aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	1272	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	6323	min/KW	81%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	145	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	6178	min/KW	98%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,3	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	6178		100%	Qualitätsrate
			OEE	79%

Weber Alu

A4620 - Weber Alu			KW 04/2011 – 15/2011	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	88	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8582	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	46	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	607	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7929	min/KW	92%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	2973	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4956	min/KW	63%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,7	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4956	min/KW	100%	Qualitätsrate
			OEE	58%

A4620 - Weber Alu			GJ 2010/11	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	1440	min/KW		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	88	min/KW		aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7862	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	46	min/KW		aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	544	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7272	min/KW	92%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	2872	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4400	min/KW	61%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,3	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4400		100%	Qualitätsrate
			OEE	56%

Tafelschere LVD

A3006 - Tafelschere groß LVD			KW 04/2011 – 15/2011	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	129	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8541	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	62	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	1692	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	6787	min/KW	79%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	2537	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4250	min/KW	63%	Leistungsrate
-Ausschuss	1,2	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4250	min/KW	100%	Qualitätsrate
			OEE	50%

A3006 - Tafelschere groß LVD			GJ 2010/11	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min		
-Keine Belegung	1440	min		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	129	min		aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7821	min	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	62	min		aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	1472	min		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	6287	min	80%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	2623	min		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	3664	min	58%	Leistungsrate
-Ausschuss	1,3	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	3664		100%	Qualitätsrate
			OEE	47%

Tafelschere Hämmerle

A3001 - Tafelschere Hämmerle		KW 04/2011 – 15/2011		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	134	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8536	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	62	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	786	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7689	min/KW	90%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	5844	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	1845	min/KW	24%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,0	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	1845	min/KW	100%	Qualitätsrate
			OEE	22%

A3001 - Tafelschere Hämmerle		GJ 2010/11		
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min		
-Keine Belegung	1440	min		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	134	min		aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7816	min	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	62	min		aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	700	min		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7055	min	90%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	5525	min		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	1530	min	22%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,0	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	1530		100%	Qualitätsrate
			OEE	20%

Richtwalzwerk Hämmerle

A3716 - Richtwalzwerk Hämmerle		KW 04/2011 – 15/2011	
			Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW	
-Keine Belegung	720	min/KW	Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	570	min/KW	30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	75	min/KW	aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW	Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8595	min/KW	100% Basis
-ungeplante Instandhaltung	69	min/KW	aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	445	min/KW	Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	8081	min/KW	94% Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	3556	min/KW	Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4525	min/KW	56% Leistungsrate
-Ausschuss	1,2	Stk	
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4525	min/KW	100% Qualitätsrate
			OEE 53%

A3716 - Richtwalzwerk Hämmerle		GJ 2010/11	
			Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min	
-Keine Belegung	1440	min	Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min	30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	75	min	aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW	Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7875	min	100% Basis
-ungeplante Instandhaltung	69	min	aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	385	min	Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7421	min	94% Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	3621	min	Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	3800	min	51% Leistungsrate
-Ausschuss	1,3	Stk	
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	3800		100% Qualitätsrate
			OEE 48%

Entfettung Pero

A7383- Pero Entfettung neu			KW 04/2011 – 15/2011	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW		
-Keine Belegung	720	min/KW		Arbeitszeit: 19,5 Schichten
-Pause	570	min/KW		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	153	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8517	min/KW	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	147	min/KW		aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	402	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7968	min/KW	94%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	659	min/KW		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	7309	min/KW	92%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,0	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	7309	min/KW	100%	Qualitätsrate
			OEE	86%

A7383- Pero Entfettung neu			KW 35/2010 – 04/2011	
				Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min		
-Keine Belegung	1440	min		Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min		30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	150	min		aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW		Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7800	min	100%	Basis
-ungeplante Instandhaltung	302	min		aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	358	min		Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7140	min	92%	Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	340	min		Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	6800	min	95%	Leistungsrate
-Ausschuss	0,0	Stk		
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	6800		100%	Qualitätsrate
			OEE	87%

Walzwerk Sundweger

A3704 - Sundweger				KW 04/2011 – 15/2011	
					Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW			
-Keine Belegung	960	min/KW			19 Schichten
-Pause	570	min/KW			30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	42	min/KW			aus IH-Auswertung*
-Samstagsreinigung	120	min/KW			Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	8388	min/KW	100%		Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW			aus IH-Auswertung*
-Rüstzeit	885	min/KW			Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7438	min/KW	89%		Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	3088	min/KW			Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4350	min/KW	58%		Leistungsrate
-Ausschuss	0,3	Stk			
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4350	min/KW	100%		Qualitätsrate
				OEE	52%

A3704 - Sundweger				GJ 2010/11	
					Anmerkungen
Kalenderzeit	10080	min/KW			
-Keine Belegung	1440	min/KW			Arbeitszeit: ø18 Schichten
-Pause	570	min/KW			30min pro Schicht
-Geplante Instandhaltung	42	min/KW			aus IH-Auswertung
-Samstagsreinigung	120	min/KW			Samstag 20:00-22:00
Verfügbare Betriebszeit	7908	min/KW	100%		Basis
-ungeplante Instandhaltung	65	min/KW			aus IH-Auswertung
-Rüstzeit	771	min/KW			Aus rückgemeldeten Daten
Netto Betriebszeit	7072	min/KW	89%		Verfügbarkeitsrate
-Geschwindigkeitsverluste	2816	min/KW			Aus rückgemeldeten Daten
Nutzbare Betriebsmittelzeit	4300	min/KW	61%		Leistungsrate
-Ausschuss	0,2	Stk			
Wertschöpfende Betriebsmittelzeit	4300	min/KW	100%		Qualitätsrate
				OEE	54%