

Rüstprozessanalyse an einer in Montage befindlichen Drahtwalzstraße

Masterarbeit
von
Andreas Winkler, BSc



eingereicht am
Lehrstuhl Wirtschafts- und Betriebswissenschaften
der
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 16.12.2015

Eidesstattliche Erklärung

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

Leoben, 16.12.2015

(Andreas Winkler, BSc)

Gleichheitsgrundsatz

Aus Gründen der Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit darauf verzichtet, geschlechtsspezifische Formulierungen zu verwenden. Es wird ausdrücklich festgehalten, dass die bei Personen verwendeten maskulinen Formen für beide Geschlechter zu verstehen sind.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen recht herzlich bedanken, die mich bei dieser Masterarbeit unterstützt und betreut haben.

Mein erster Dank gilt meinem Hauptbetreuer Dipl.-Ing. Bernd Kleindienst. Herr Kleindienst vom Lehrstuhl für Wirtschafts- und Betriebswissenschaften der Montanuniversität Leoben hat mich durch sein Fachwissen und seine Ratschläge sehr unterstützt und betreut.

Außerdem danke ich Herrn Dipl.-Ing. Gunter Korp, Herrn Dipl.-Ing. Wolfgang Keller, Herrn Dipl.-Ing. Adrian Häuselmann, Herrn Dipl.-Ing. (FH) Axel Grabmeier, Herrn Friedrich Raiber und Herrn Adalbert Feigel von der Firma voestalpine Wire Rod Austria GmbH für die Zusammenarbeit und Unterstützung. Das Knowhow, welches mir diese Herren vermittelt haben, war sehr hilfreich bei der Durchführung meiner Masterarbeit.

Kurzfassung

Durch die steigende Dynamik und Komplexität des Marktes muss zunehmend auf die Produktivität und Flexibilität neuer Investitionen geachtet werden. Für Erfolg im Wettbewerb ist eine optimale Planung und ständige Verbesserung der Prozesse von Anlagen erforderlich. Vor allem Rüstprozesse gelten als nicht wertschöpfende Tätigkeit und müssen daher verschwendungsoptimiert und ressourcenschonend betrieben werden. Um die Effektivität und Produktivität zu erhöhen, soll der Fokus auf der Betriebsmittellogistik und dem Personaleinsatz liegen. Durch eine detaillierte Analyse der Prozesse können Verbesserungspotentiale aufgezeigt werden. Dies hat eine Kosten- sowie Zeiteinsparung zur Folge und führt zu einer besseren Ressourcenausnutzung.

Durch verschiedene Prinzipien, beispielsweise TPM, können Verluste und Verschwendungen in der Produktion und Instandhaltung verringert werden. Dabei wird durch die Eliminierung nicht wertschöpfender Tätigkeiten der Gesamtprozess optimiert und ständig weiterentwickelt. Durch Schulung der Mitarbeiter und dem Vorleben der Prinzipien können Optimierungen bezüglich der Organisation und des Zeitmanagements, sowie Vereinfachungen der Arbeiten durchgeführt werden.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem speziellen Fall der Analyse der Rüstprozesse und der Betriebsmittellogistik, am Beispiel des neuen Walzwerkes der voestalpine Wire Rod Austria GmbH. Dazu wird eine Rüstmatrix der Anlage erstellt. Diese hat die Aufgabe, einen Überblick über die verschiedenen Rüsttätigkeiten aufgrund von Dimensionswechseln zu geben. Diese Rüstmatrix bildet die Basis für die weitere Analyse bzw. Planung der verschiedenen Dimensionsumbauten. Daraus können Optimierungspotentiale und Maßnahmen abgeleitet werden. Durch eine bereits vorgenommene Einteilung der Anlage in Arbeitsbereiche ist es möglich, Verschwendungen im Bereich der Wegstrecken der Mitarbeiter zu reduzieren. Generell soll der Fokus der Analyse auf dem optimalen Einsatz der Ressourcen liegen, wodurch die Produktivität erhöht wird. Dabei ermöglichen verschiedene Methoden eine bestmögliche Zuteilung der Tätigkeiten bezüglich des Personals, der Zeit und der Betriebsmittel. Die für die Planung benötigten Informationen wurden dem Anlagenkonzept des Anlagenbauers Danieli entnommen, das dieser zur Verfügung gestellt hat.

Das Ergebnis dieser Arbeit ist einerseits eine Analyse der unterschiedlichen Rüstprozesse, welche für weitere Entscheidungen verwendet werden können. Andererseits werden zugleich Optimierungspotentiale bezüglich des Anlagenkonzeptes aufgezeigt, aus denen Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden können.

Abstract

To stay competitive it is important to constantly improve maintenance management. Especially when it comes to non-value-adding operations like setup processes it is essential to operate resource-efficient. To improve productivity as well as efficiency, resource logistics and personnel placement need to be planned in an optimal manner. It is possible to save both time and money. Various principals, for example TPM, can be used to create a production system that is as free of waste as possible. Furthermore, training of employees can help to organize and optimize time management.

The present master thesis deals with the analysis of setup processes and equipment logistics based on the new mill of the voestalpine Wire Rod GmbH Austria. For that purpose a general plan regarding the setup activities of the facility will be generated. It will provide an overview of the makeready processes. This general plan serves as the starting point for further analysis respectively corporate planning. As a result of this, potential for optimization and measures can be derived.

The focus of the master thesis lies on the optimal use of resources to generate a higher productivity. Required information was provided by system supplier Danieli. The master thesis provides not only an analysis of the various setup processes which can impact future decision making, but also a plan that reveals potential for optimization.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Gleichheitsgrundsatz	II
Danksagung	III
Kurzfassung	IV
Abstract	V
Inhaltsverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	X
Abkürzungsverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	2
1.3 Aufbau der Arbeit	2
2 Grundlagen und Konzepte einer verschwendungsfreien Produktion	4
2.1 Begriffliche Abgrenzung der Produktionswirtschaft.....	4
2.2 Verschwendungen in der Produktion	7
2.3 TPM – Total Productive Maintenance	11
2.3.1 Aufgaben und Ziele	11
2.3.2 Instrumente der Zielerreichung – Fünf Phasen des TPM.....	13
2.3.3 Die sieben Schritte zur autonomen Instandhaltung.....	15
2.3.4 Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness).....	18
2.4 Weitere Methoden zur Erhöhung von Produktivität und Anlagenverfügbarkeit.....	20
2.4.1 Konstruktion und Instandhaltung	20
2.4.2 Lean-Methoden	21
2.5 Zusammenfassung.....	24
3 Rüstprozessanalyse und Optimierungsmethoden	25
3.1 Der Begriff Rüsten	25
3.2 Analyse- und Planungsmethoden	26
3.2.1 Tätigkeitsanalyse.....	27
3.2.2 Rüstzeitanalyse	27
3.2.3 EKUV-Analyse.....	31

3.3	Effizientere Gestaltung und Optimierung der Rüstprozesse	33
3.3.1	SMED-Methode	33
3.3.2	SPEED-Rüsten	36
3.3.3	Sechs-Stufen-Methode	38
3.4	Standardisierung und Weiterentwicklung von Prozessen	40
3.5	Zusammenfassung	44
4	Analyse der Rüstprozesse einer sich in Montage befindlichen Drahtwalzstraße....	45
4.1	Firmenvorstellung	45
4.1.1	Voestalpine AG	45
4.1.2	Voestalpine Wire Rod Austria GmbH	46
4.2	Ausgangssituation	46
4.2.1	Ist-Analyse und Projektplanung	47
4.2.2	Wesentliche Begriffe	51
4.2.3	Aufbau der Anlage	53
4.2.4	Produktionsprozess	55
4.2.5	Erfassung der Rüstaktivitäten	56
4.3	Rüstprozessanalyse der Drahtwalzanlage	59
4.3.1	Rüstmatrix	59
4.3.2	Einteilung der Anlage in Arbeitsbereiche	63
4.3.3	Berechnung Mindestabstand der Kräne	65
4.3.4	Analyse der Hauptumbauten	66
4.3.5	Krananalyse	74
4.4	Zusammenfassung	79
5	Zusammenfassung und Ausblick	80
	Literaturverzeichnis	82
	Anhang A	a
	Anhang B	c
	Anhang C	d
	Anhang D	e
	Anhang E	f
	Anhang F	o
	Anhang G	z
	Anhang H	ff
	Anhang I	ii

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktionssystem	5
Abbildung 2: Produktionsfaktoren	6
Abbildung 3: Klassifizierungskriterien der Produktionstypen	6
Abbildung 4: Sieben Verschwendungsarten	9
Abbildung 5: Aufgaben der Instandhaltung	12
Abbildung 6: Säulen des TPM Konzeptes.....	13
Abbildung 7: Sieben Schritte zur autonomen Instandhaltung	16
Abbildung 8: OEE-Kategorien	19
Abbildung 9: Lean-Methoden	22
Abbildung 10: Lean-Maintenance-System	23
Abbildung 11: Definition der Rüstzeit	26
Abbildung 12: Ablauf einer Rüstzeitanalyse.....	28
Abbildung 13: Spaghetti-Diagramm der Laufwege	29
Abbildung 14: EKUV-Analyse	32
Abbildung 15: Beispiel der Optimierungen durch eine EKUV-Analyse	33
Abbildung 16: Prinzip der Rüstzeitminimierung	34
Abbildung 17: Stufen der SMED-Methode	35
Abbildung 18: Sechs-Stufen-Methode	39
Abbildung 19: Verbesserung durch Innovation und KVP	41
Abbildung 20: PDCA-Zyklus nach Deming	42
Abbildung 21: Effekte der KVP-Nutzung	43
Abbildung 22: Divisionen der voestalpine AG	45
Abbildung 23: Methoden der Informationsgewinnung	48
Abbildung 24: Teilprojekte/Teilaufgaben	49
Abbildung 25: Gantt-Chart der Teilprojekte.....	50
Abbildung 26: Ausschnitt Kaliberänderung	52
Abbildung 27: Aufbau Drahtwalzstraße.....	54
Abbildung 28: Produktionsprozess Drahtwalzstraße	56

Abbildung 29: Ausschnitt Netzplan	58
Abbildung 30: Brainstorming Rüstmatrix	59
Abbildung 31: Ausschnitt Rüstmatrix	60
Abbildung 32: Legende der Rüstmatrix	61
Abbildung 33: Ausschnitt Rüstmatrix mit logistischen Zielgrößen.....	62
Abbildung 34: Arbeitsbereiche der Walzanlage	64
Abbildung 35: Kranabstand (Haken zu Haken).....	65
Abbildung 36: Visuelle Darstellung des Rüstprozesses von 6 mm auf 6,5 mm	68
Abbildung 37: Zeitbalkendiagramm 6/6,5 Variante „Stillstand minimiert“	70
Abbildung 38: Zeitbalkendiagramm 6/6,5 Variante „Personal minimiert“	71
Abbildung 39: Personal/Stillstandszeit – Diagramm der Standardwalzgruppen	73
Abbildung 40: Personal/Stillstandszeit – Diagramm innerhalb der Standardwalzgruppen	73
Abbildung 41: Visualisierung Kranaktivitäten und Tätigkeitsgruppen	75
Abbildung 42: Diagrammschaubild der Kranmatrix	76
Abbildung 43: Kraneinsätze mit Zeitbezug.....	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Weltklassewerte für OEE.....	20
Tabelle 2: Beispiele aus einer Tätigkeitsanalyse im Wareneingang/-ausgang	27
Tabelle 3: Auswertung nach interne, externe und nicht wertschöpfende Tätigkeiten	30
Tabelle 4: Auswertung der Rüstzeiten nach Aktivitäten	31
Tabelle 5: Beispiel der Zeitaufnahme einzelner Arbeitsschritte	36
Tabelle 6: Standardwalzgruppen	55
Tabelle 7: Rüstrelevante Aggregate.....	57
Tabelle 8: Berechnung des Mindestabstandes der Kräne	65
Tabelle 9: Hauptumbauten der Dimensionen.....	66
Tabelle 10: Tätigkeitsanalyse des Umbaus von 6 mm auf 6,5 mm.....	67
Tabelle 11: Ergebnisse der Analyse	72
Tabelle 12: Anzahl der benötigten Kräne je Umbau	77

Abkürzungsverzeichnis

CTS	Changing Table Simulator
EKUV	Eliminieren, Kombinieren, Umstellen, Vereinfachen
ERP	Enterprise-Resource-Planning
KVP	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess
OEE	Overall Equipment Effectiveness
PDCA	Plan, Do, Check, Act
SMED	Single Minute Exchange of Die
SPEED	Standardisierung, Prozessoptimierung, Eliminierung, Einrichterqualifizierung, Dauerhaftes Training
TPM	Total Productive Maintenance

1 Einleitung

Durch die ständige Entwicklung neuer Technologien im Anlagenbereich und die zunehmende Globalisierung ist es in der Stahlindustrie für Premiumhersteller schwieriger geworden, sich auf dem Markt gegenüber den Konkurrenten zu differenzieren. Deshalb ist es enorm wichtig, neue Investitionen zu tätigen, um die erforderliche Leistung bzw. Qualität zu halten oder auch zu verbessern. Die Ressourcen, beispielweise Zeit und Mitarbeiter, müssen optimal eingesetzt werden, um Verschwendungen und somit Kosten im Produktionsbereich möglichst gering zu halten. Nur wer die Prozesse unter Einhaltung der Qualität effizient durchführen kann, setzt sich im Wettbewerb durch. Jegliche Verminderung der Auslastung führt zu einer Senkung der Produktivität, woraus sich ein geringerer Umsatz ergibt und Aufträge nicht im Zeitrahmen ausgeführt werden können.

Aufgrund dieser Ausgangslage müssen Unternehmen in neue, modernere Anlagen investieren. Dies verursacht enorme Investitionskosten, aber durch eine Steigerung der Produktivität und durch eine höhere Effizienz sowie Qualität der Produkte können Kunden gehalten bzw. gewonnen werden. Außerdem können durch verbesserte Technologien neue Produkte entwickelt werden. Durch einen höheren Ertrag bei gleichzeitig sinkenden Kosten erfolgt der Prozess der Amortisation.

Um die Effizienz der Prozesse zu erhöhen, müssen vor allem nicht wertschöpfende Tätigkeiten identifiziert und eliminiert werden. Eine Analyse ermöglicht es Verbesserungspotentiale aufzuzeigen, um die Anlage ressourceneffizienter und mit weniger Verlusten zu betreiben. Das bedeutet, dass mit Hilfe einer optimalen Gestaltung der Prozesse eine Steigerung der Produktivität erzielt wird, was sich wiederum positiv auf betriebswirtschaftliche Kennzahlen auswirkt.

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Firma voestalpine Wire Rod Austria GmbH produziert hochqualitativen Walzdraht im Premiumsegment. Durch neue Technologien und die geforderten Qualitätsansprüche des Marktes muss man neue Investitionen tätigen, um konkurrenzfähig zu bleiben und die Leistungen und Flexibilität der Drahtproduktion nachhaltig zu verbessern. Deshalb beschloss die voestalpine Wire Rod Austria GmbH, in eine neue, modernere Drahtwalzanlage zu investieren. Mit der Errichtung des weltweit fortschrittlichsten Drahtwalzwerkes sollen ein nachhaltiger Energieeinsatz erreicht und ein ergonomisch abgestimmtes Arbeitsumfeld der Mitarbeiter geschaffen werden. Dabei sollen sich die Faktoren Qualität, Flexibilität und Produktivität im Vergleich zur alten Anlage erhöhen. Unterschiede zwischen der neuen und alten Anlage lassen sich wie folgt definieren: Ein wesentlicher ist, dass es sich bei der Altanlage um eine zweiadrige Straße, bei der neuen Anlage nur noch um eine einadrige handelt. Daraus können sich zusätzliche Stillstände der neuen Anlage ergeben, falls unvorhersehbare Probleme auftreten. Aufgrund der einadrigen Anordnung der Walzstraße kann nicht mehr produziert werden, und dies hat wiederum eine Senkung der Produktivität zur Folge. Zudem entsteht

durch eine andere Konfiguration der neuen Anlage ein unterschiedliches Konzept der Produktionsabläufe. Die Neuanlage verfügt über komplexere Aggregate, und deshalb muss der Ablauf an das bestehende System angepasst werden. Außerdem besitzt diese Anlage einen höheren Automatisierungsgrad der Elemente. Darum muss das Personal geschult werden, um die Qualifikation in den verschiedenen Arbeitsbereichen zu erlangen. Aufgrund dessen sollen die Rüstprozesse möglichst effizient gestaltet werden, um eine hohe Produktivität zu gewährleisten. Für eine optimale Vorbereitung auf die Inbetriebnahme erfolgt eine Analyse der Rüstprozesse.

1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Die Firma voestalpine Wire Rod Austria GmbH befindet sich zurzeit in der Montage- und Inbetriebnahmephase der modernsten Drahtwalzstraße Europas. Der Fokus der Arbeit liegt auf der Analyse und Planung der Rüstprozesse der neuen Anlage, um eine höhere Effizienz und Produktivität dieser zu gewährleisten.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Rüstprozesse und die Betriebsmittellogistik der neuen Anlage zu analysieren. Die gewonnenen Informationen können für die Planung der Rüstprozesse verwendet werden. Dabei sollen Verschwendungen sowie Optimierungspotentiale identifiziert werden, um nachfolgend Maßnahmen zur Verbesserung der Prozesse zu entwickeln.

Um auftretenden Verschwendungen entgegenwirken zu können, werden im Rahmen dieser Arbeit nach einer systematischen Herangehensweise Lösungsvorschläge erarbeitet. Als erster Schritt wird eine Ist-Analyse der bestehenden Prozesse an der Altanlage durchgeführt. Diese dient dem allgemeinen Verständnis der Komplexität und gibt einen Überblick über die Rüstprozesse der verschiedenen Aggregate. Durch eine gezielte Befragung der Mitarbeiter und die Beobachtung der Altanlage werden die erforderlichen Prozesse eruiert. Dabei wird festgestellt, welche Wechselteile sich auf der Strecke befinden.

Anhand der gewonnenen Informationen wird im Anschluss eine Rüstmatrix der neuen Anlage erstellt. Mit Hilfe dieser Matrix können die Rüsttätigkeiten in Bezug auf die Dimensionswechsel abgelesen werden. Im weiteren Verlauf werden die einzelnen Rüstprozesse analysiert, dadurch lassen sich Optimierungsmaßnahmen aufzeigen. Zusätzlich erfolgt eine weitere Analyse der Kraneinsätze der Walzanlage, um Entscheidungen über eine weitere Investition eines Kranes zu erleichtern.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zum besseren Verständnis der Arbeit werden nach der Einleitung die grundlegenden Begriffe, sowie die Bedeutung einer verschwendungsfreien Produktion näher erläutert. Hauptsächlich wird auf das Prinzip der Total Productive Maintenance (TPM) zur kontinuierlichen Verbesserung in der Produktion eingegangen. Im dritten Kapitel werden zuerst ausgewählte Methoden der Analyse von Rüstprozessen sowie der allgemeine Begriff des Rüstens beschrieben. Zusätzlich wird als theoretische Grundlage aufgezeigt, welche Optimierungsmethoden es in der Literatur gibt, um die vorher definierten Verschwendungen zu eliminieren. Zuletzt wird in diesem Abschnitt noch der kontinuierliche Verbesserungsprozess erklärt, um eine Standardisierung

bzw. ständige Optimierung zu gewährleisten. Kapitel 2 und 3 haben die Aufgabe, eine theoretische Basis für die gestellte Aufgabe zu schaffen.

Im Anschluss an den theoretischen Teil wird in Kapitel 4, dem praktischen Teil der Arbeit, die Analyse der Rüstprozesse am Beispiel der voestalpine Wire Rod durchgeführt. Dabei wird im ersten Schritt das Unternehmen kurz beschrieben und näher auf die Vorgehensweise und Ergebnisse der Ist-Analyse eingegangen. Weiters werden der Verlauf der Durchführung der Arbeit und die Problemstellung beschrieben. Das wesentliche Ergebnis ist eine Rüstmatrix aller Rüstaktivitäten, mit der alle Rüstprozesse analysiert und geplant werden können. Zusätzlich werden weitere Analysen im Hinblick auf Wechselprozesse und Kraneinsätze durchgeführt. Die Ergebnisse dienen als Basis für die Beurteilung aller Rüstprozesse sowie der Betriebsmittellogistik.

Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick bezüglich der durchgeführten Untersuchung ab. In erster Linie wird dabei eine kritische Beurteilung hinsichtlich der Vorgehensweise abgegeben. Im Ausblick wird auf mögliche weitere Schritte eingegangen.

2 Grundlagen und Konzepte einer verschwendungsfreien Produktion

Dieses Kapitel befasst sich mit den Grundlagen und Konzepten einer verschwendungsfreien Produktion. Zu Beginn werden allgemeine Begriffe der Produktionswirtschaft erläutert. Im Anschluss daran erfolgt eine Beschreibung der eintretenden Schwachstellen und Verschwendungen in der Produktion. Danach wird auf das Konzept Total Productive Maintenance näher eingegangen und abgeschlossen wird dieser Abschnitt mit weiteren Methoden zur Erhöhung der Produktivität von Anlagen im Hinblick auf Instandhaltungsmaßnahmen. Dieses Kapitel stellt einen Kontext zum Begriff einer modernen und verschwendungsfreien Produktion her.

2.1 Begriffliche Abgrenzung der Produktionswirtschaft

Um auf die allgemeinen Informationen der Produktionswirtschaft einzugehen, werden am Beginn die Begriffe Unternehmen und Betrieb definiert:

„Das Unternehmen ist die Handlungseinheit der Eigentümer zum Verfolgen privatwirtschaftlicher Ziele. Insofern ist ein Unternehmen eine selbstständig planende und entscheidende, wirtschaftlich und rechnerisch selbstständige Einheit, die Markt- und Kapitalrisiken (auf eigene Rechnung und Gefahr) übernimmt und sich zur Verfolgung des Unternehmenszweckes und der Unternehmensziele einer oder mehrerer Betriebe bedient.“¹

„Ein Betrieb ist eine örtliche, technische und organisatorische Einheit zum Zwecke der Erstellung von Gütern und Dienstleistungen, charakterisiert durch einen räumlichen Zusammenhang und eine Organisation, „die auf die Regelung des Zusammenwirkens von Menschen und Menschen, Menschen und Sachen sowie von Sachen und Sachen im Hinblick auf gesetzte Ziele gerichtet ist“ (Kosiol).“²

Nach Gutenberg wird eine Unternehmung als ein in einer Marktwirtschaft autonom agierender und erwerbswirtschaftlich orientierter Betrieb verstanden.³ Die Wertschöpfungsprozesse einer Produktion finden in der wirtschaftlich bezeichneten Einheit Betrieb statt. Der Input (Produktionsfaktoren) wird im Transformationsprozess in den Output (Produkte und Dienstleistungen) umgewandelt. Dadurch kann das Produktionssystem als eine Art Blackbox gesehen werden. Innerhalb dieses Systems wird die Struktur durch Subsysteme beschrieben. Solche definieren sich als Anlagen, Werke oder einzelne Arbeitsplätze. Durch diese Einteilung der Subsysteme lassen sich Material- und Informationsflüsse ableiten. Das gesamte Produktionssystem wird durch ein äußeres, überbetriebliches Umfeld, das heißt, durch wirtschaftliche, technische, soziale, rechtliche, politische und ökologische Rahmenbedingungen

¹ Gabler, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/unternehmen.html#definition>, (Zugriff: 20.08.2015).

² Gabler, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/betrieb.html>, (Zugriff: 20.08.2015).

³ Vgl. Gutenberg, E. (1983): S. 507 ff.

beeinflusst. Die Beschreibung des Produktionssystems lässt sich, wie Abbildung 1 zeigt, darstellen.⁴

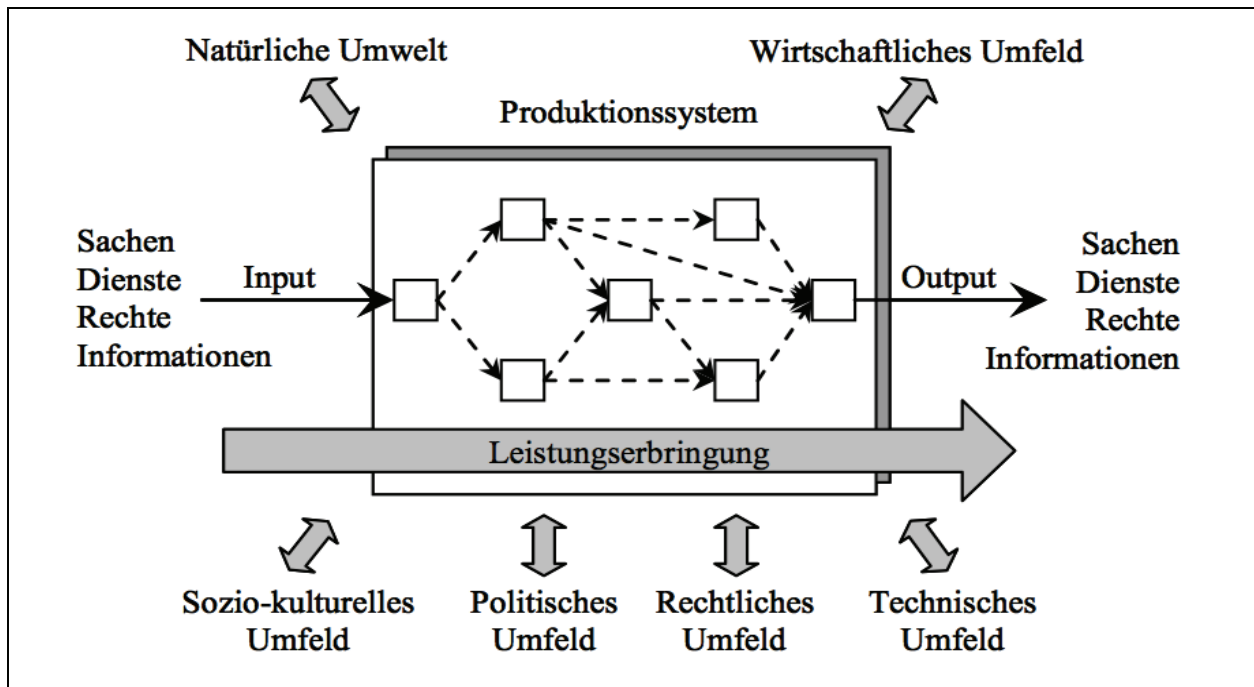


Abbildung 1: Produktionssystem⁵

Unter dem Begriff der Produktion versteht man die Fertigung, also die Be- und Verarbeitung von Rohstoffen zu Produkten, wobei hier der technische Aspekt im Fokus steht. Zudem kann der Begriff auch als Prozess der Leistungserstellung verstanden werden. Es lassen sich mehrere Entscheidungstatbestände innerhalb des Leistungserbringungsprozesses aufzählen.⁶

- Produktionsprogramm
- Produktionsmenge
- Fertigungstyp
- Fertigungsverfahren
- Gesamter produktionswirtschaftlicher Ablauf

Diese Faktoren zur Erbringung der Leistungserstellung im Betrieb werden durch Produktionsfaktoren definiert. Laut Gutenberg gibt es zwei unterschiedliche Gruppen der Produktionsfaktoren. Einerseits die Elementarfaktoren, die dem grundlegenden produktiven Einsatz dienen und sich in menschliche Arbeit, Betriebsmittel und Werkstoffe gliedern. Andererseits sind die dispositiven Faktoren für den Kombinationsprozess entscheidend, um die Elementarfaktoren richtig einzusetzen. Zu den dispositiven Faktoren zählen die Planungs-, Entscheidungs-, und Organisationsaktivitäten. Zusätzlich müssen noch aufgrund der optimalen Steuerung der dispositiven Faktoren die Elemente „Wissen“ und „Informationen“ hinzugefügt

⁴ Vgl. Dyckhoff, H.; Spengler, T. (2007): S. 3 f.

⁵ Quelle: Dyckhoff, H.; Spengler, T. (2007): S. 4.

⁶ Vgl. Weber, W.; Kabst, R. (2006): S. 85 f.

werden. Zur Veranschaulichung der Unterteilung der Produktionsfaktoren dient die nachfolgende Abbildung 2.⁷

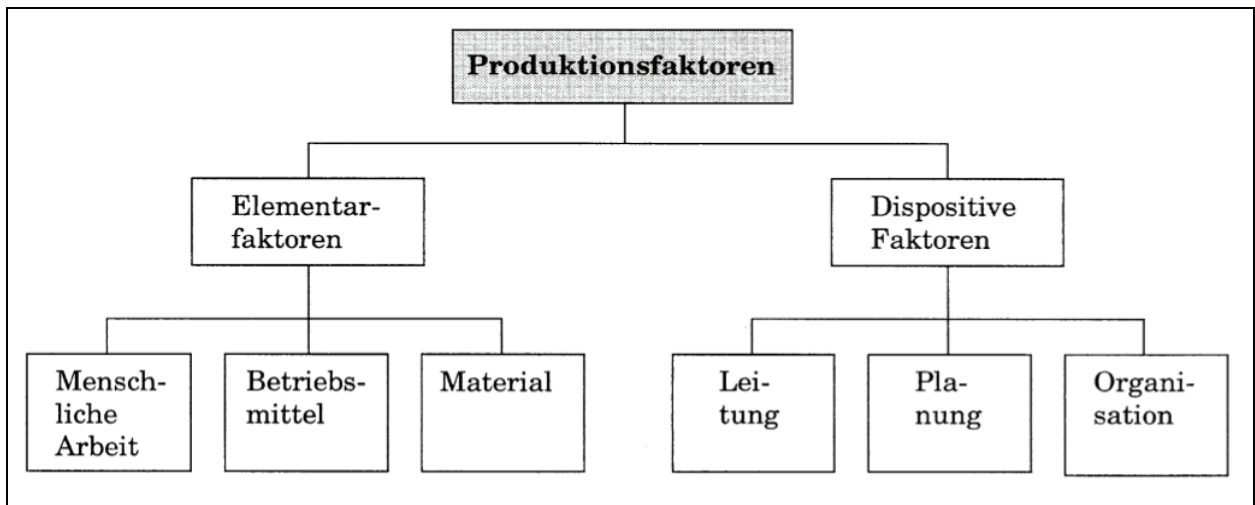


Abbildung 2: Produktionsfaktoren⁸

Die verschiedenen Produktionstypen lassen sich anhand des Produktionssystems in verschiedene Kriterien unterteilen. Die Klassifizierung kann anhand des Inputs, der Transformation und des Outputs erfolgen (siehe Abb. 3).⁹

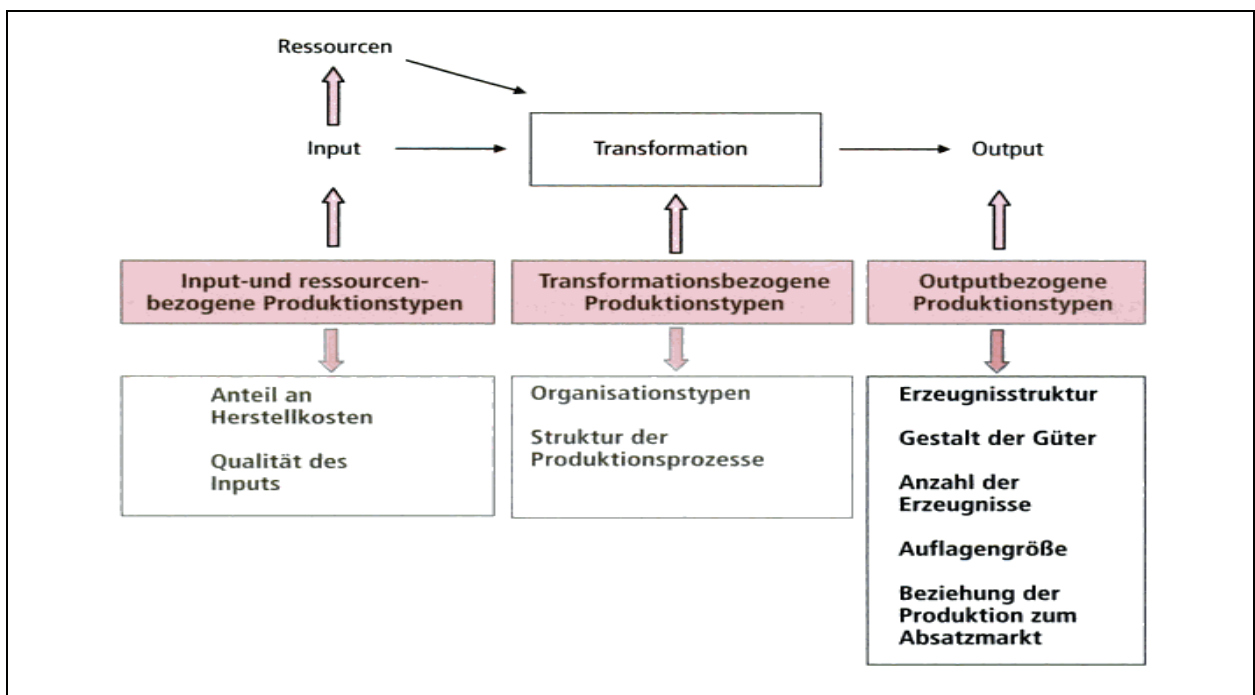


Abbildung 3: Klassifizierungskriterien der Produktionstypen¹⁰

Beispielhaft wird nur auf ein Kriterium der outputbezogenen Produktionstypen eingegangen. Diese können in Erzeugnisstruktur, Gestalt der Güter, Anzahl der Erzeugnisse, Auflagengröße

⁷ Vgl. Wannenwetsch, H. (2007): S. 405.

⁸ Quelle: Wannenwetsch, H. (2007): S. 405.

⁹ Vgl. Krummer, S. et al (2009): S. 188.

¹⁰ Quelle: Krummer, S. et al (2009): S. 188.

und Beziehung der Produktion zum Absatzmarkt gegliedert werden. Ein bekanntes und diskutiertes Kriterium ist die Unterscheidung nach der Auflagengröße. Dieses bezeichnet die Anzahl der gefertigten Erzeugniseinheiten der ununterbrochenen Produktion. Demnach lassen sich vier verschiedene Produktionen unterscheiden:¹¹

- Massenproduktion
- Sortenproduktion
- Serienproduktion
- Einzelproduktion

Unter Massenproduktion versteht man das Produzieren von großen Mengen eines Gutes in einem nicht begrenzten Zeitfenster. Ein Spezialfall in der Herstellung ist die abgeänderte Funktion der Sortenproduktion. Dort werden auf den gleichen Produktionsanlagen mehrere Varianten der Güter hergestellt. Der Unterschied zur Serienproduktion ist wiederum, dass hier vor einem Rüstvorgang mehrere identische Erzeugnisse hergestellt werden. Bei der Einzelproduktion herrscht ein hoher Grad der Flexibilität, da die Produkte einzeln angefertigt werden.¹²

2.2 Verschwendungen in der Produktion

Nachdem die wesentlichen Begriffe der Produktionswirtschaft beschrieben wurden, wird auf die Schwachstellen bzw. Verschwendungen der klassischen Produktion eingegangen.

Durch unterschiedliche strategische bzw. organisatorische Ausrichtung im Unternehmen lassen sich Faktoren aufzählen, die für Veränderungen in der Produktion stehen. Zu erwähnen sind hierbei der Auftragstyp, das Planungsprinzip, die Systemunterstützung und die Prozessoptimierung. Zu Beginn muss jedes Unternehmen den Auftragstyp festlegen, das heißt, es muss entscheiden, ob nach einem Pull-Prinzip (Auftragsfertigung, nachfragegesteuert) oder nach einem Push-Prinzip (Lagerfertigung, prognosegesteuert) gefertigt werden soll. Diese Entscheidung erfolgt je nach Marktanforderung, Absatzmenge, Komplexität, Losgröße und anderen Bedingungen. Der zweite Parameter beschreibt das Planungsprinzip, welches nicht vom Auftragstyp abhängig ist. Der Bedarf der Baugruppen, Halbfabrikate und Zukaufteile wird dabei zentral geplant. Wiederbeschaffungszeiten sowie eine optimale Losgröße sind Regeln für eine Gestaltung der Prozesse. Unter dem Begriff Systemunterstützung wird der Einsatz von ERP-Systemen verstanden. Hauptaufgaben sind unter anderem die Produktionsplanung und -steuerung sowie die Materialbedarfsplanung und die Bestandsführung. Als letzten Einflussfaktor der Prozessoptimierung ist die Gestaltung der Arbeitssysteme zu erwähnen. Dabei gewinnen Lean-Methoden immer mehr an Bedeutung (vgl. Kapitel 2.4.2). Durch die erwähnten Eigenschaften entstehen Probleme, die aus der Produktion resultieren:¹³

- *Konzentration auf Einzelprozesse*: In der Regel entsteht im Unternehmen eine starke Fokussierung auf Einzelprozesse. Die Aufgabe des Lagers ist eine Bestandssenkung,

¹¹ Vgl. Krummer, S. et al (2009): S. 188 f.

¹² Vgl. Krummer, S. et al (2009): S. 191 f.

¹³ Vgl. Kletti, J.; Schuhmacher, J. (2011): S. 35 ff.

die Produktion versucht, durch hohe Losgrößen Rüstzeiten zu reduzieren, und der Einkauf will niedrige Preise durch den Kauf hoher Stückzahlen erzielen. Dabei werden die Kosten sowie andere Kennzahlen für jeden Einzelprozess optimiert, jedoch ergibt die Summe aller Einzelprozesse kein Optimum für den gesamten Prozess. Negative Auswirkungen sowie Zielkonflikte belasten dadurch den Gesamtprozess.

- *Mangelnde Transparenz*: Häufig werden in der Produktion wichtige Daten und Kennzahlen aufgrund nur manueller und rudimentärer Datenerfassung nicht richtig aufgezeichnet und ausgewertet. Außerdem werden die Stammdaten in einem ERP-System unzureichend gepflegt, und der Informationsfluss bezieht sich nur auf eine Richtung. Das heißt, dass bei Rückflüssen der Informationen, relevante Daten des Prozesses vergessen werden bzw. verloren gehen.
- *Mangelnde Qualität*: Produkte des Ausschusses oder der Nacharbeit müssen aus den Prozessen entfernt werden. Zusätzlich entstehen weitere Kosten, die auf Personal, Maschine und Material verteilt werden, da die Teile ausgebessert werden müssen. Qualitätsdefizite können in der Bearbeitung durch instabile Prozesse oder durch andere Probleme entstehen.
- *Mangelnde Effizienz*: Natürlich wirken sich auch alle anderen Probleme in der Produktion auf die Effizienz aus. Aber im Wesentlichen liegt die Schwachstelle einer Folge schlecht geplanter Rüst-, Bearbeitungs- und Unterstützungsprozesse zugrunde.
- *Hohe Bestände*: Hohe Bestände führen zu einer hohen Kapitalbindung. Darum ist es ein Ziel von Unternehmen, die Bestandskosten permanent zu senken. Jedoch müssen auch der Sicherheitsbestand und die Wiederbeschaffungszeit berücksichtigt werden. Denn sind keine Materialien vorhanden, kann nicht produziert werden, und dies führt wiederum zu einer Verminderung der Produktivität.
- *Lange Durchlaufzeiten*: Die Durchlaufzeit bestimmt die Zeit, in der ein Produkt die gesamte Wertschöpfungskette durchläuft. In Unternehmen wird oft zu wenig darauf geachtet, da die genaue Bedeutung häufig nicht bekannt ist. Aber eine kürzere Durchlaufzeit steht in einem Zielkonflikt mit Kapazitätsauslastung, Beständen und Kosten. Dadurch müssen bei einer Planung auch diese Faktoren berücksichtigt werden.
- *Schlechte Termintreue*: Probleme anderer Faktoren haben zur Folge, dass diese sich negativ auf die Prozesse auswirken und dabei eine schlechtere Termintreue der Aufträge ergeben.

Grundlegend ist zu erwähnen, dass sich die zuvor erwähnten Faktoren der Produktion gegenseitig beeinflussen und dadurch schwer einzeln betrachtet werden können. Darum soll eine Optimierung des Gesamtprozesses erfolgen, indem der gesamte Fluss verbessert wird und nicht nur einzelne Bereiche, die sich wiederum negativ auf andere Abteilungen auswirken können. Zudem wird auf die Probleme bei der Instandhaltung eingegangen, welche sich wie folgt gliedern:¹⁴

¹⁴ Vgl. Pawellek, G. (2013): S. 110 f.

- *Herstellungsbedingt*: Diese lassen sich auf die Konstruktion zurückführen. Ursachen dafür können falsche Werkstoffe, schlechte Fertigungstechnologie oder Konstruktionsfehler sein.
- *Betriebsbedingt*: Betriebsbedingte Schwachstellen entstehen erst in einer späteren Phase. Sie können durch Instandhaltungsmaßnahmen entstehen. Außerdem unterliegen Anlagen sowie Ersatzteile unterschiedlichen Belastungen, und dadurch entwickeln sich weitere Probleme.
- *Technologie*: Ein Beispiel wäre der Einsatz eines neuen Werkstoffes. Man kann Verfahren planen, aber Störungen sind nicht vorhersehbar. Jedoch werden ständig Maßnahmen für Verbesserungen eingeleitet, um dieser Schwachstelle entgegenzuwirken.

All diese Schwachstellen der Produktion und Instandhaltung stehen im engen Zusammenhang mit den Verschwendungsarten. Darunter lassen sich drei Grundtypen unterscheiden: Muri, Mura und Muda. Diese Begriffe stammen aus dem Japanischen und definieren die Störungen im Produktionssystem. Entwickelt wurde diese Einteilung vom Produktionsleiter von Toyota, Taiichi Ohno. Muri (Überlastung) bezieht sich auf die Überbeanspruchung der Arbeitskräfte und die dabei entstehenden Verluste im Arbeitsprozess. Die Folgen daraus sind erhöhte Fehlerhäufigkeit und Unzufriedenheit am Arbeitsplatz. Mura (Abweichung) definiert Verluste im Bereich der Kapazitätsplanung. Diese entstehen durch nicht ausgelastete Kapazitäten oder durch Verluste einer Warteschlangenbildung. Der Begriff Muda bedeutet im Allgemeinen „sinnlose Verschwendungen“, und daraus leiten sich die sieben Verschwendungsarten ab, welche in Abbildung 4 dargestellt sind.¹⁵

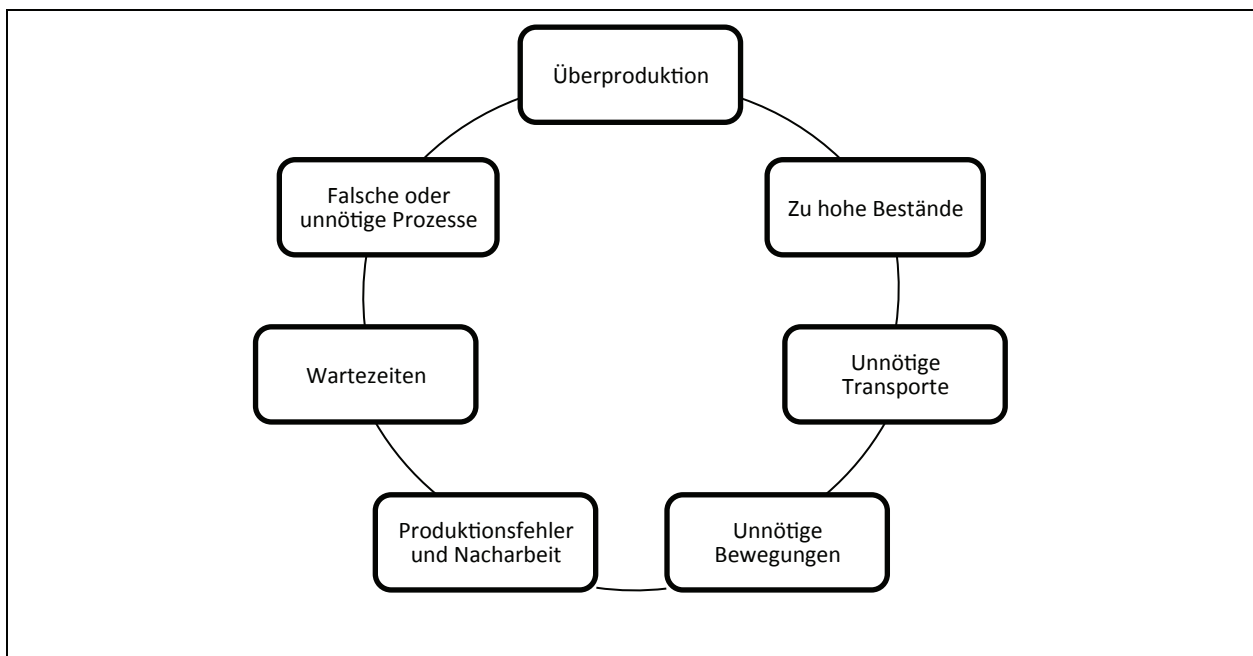


Abbildung 4: Sieben Verschwendungsarten¹⁶

¹⁵ Vgl. Syska, A. (2006): S. 14 f.

¹⁶ Quelle: in Anlehnung an Töpfer, A. (2009): S. 140.

Die sieben Verschwendungsarten werden nachfolgend näher betrachtet.¹⁷

- *Überproduktion*: Eine Folge unzureichender Kapazitätsauslastungsplanung, die nicht zeitlich mit den Faktoren Mitarbeiter und Produktionsverfahren abgestimmt ist, ist eine vermehrte Produktion nicht benötigter Stückzahlen. Zusätzliche Gründe dafür können auch in der Strategie zu finden sein, z. B. durch den Aufbau eines Sicherheitsbestandes, um Prozessfehlern entgegenwirken zu können. Dies führt zu einem hohen Bedarf an Lagerfläche und bedeutet eine hohe Kapitalbindung.
- *Zu hohe Bestände*: Ursachen dafür könnten eine unsichere Lieferbeziehung, Qualitätsprobleme des Zulieferers sowie die Bestellung von hohen Losgrößen sein. Ein hoher Lagerbestand fordert erhöhte Leistung der Mitarbeiter aufgrund einer Überproduktion, und dies wirkt sich durch eine erhöhte Fehlerrate, Krankenstände und Produktivitätsverluste aus.
- *Unnötige Transporte*: Jeglicher Transport ergibt Verschwendungen, da diese nur die Positionen der Materialien in der Fabrik verändern und nichts zum Wertschöpfungsprozess beitragen.
- *Unnötige Bewegungen*: Diese werden durch ungünstige und nicht ergonomische Anordnungen von Werkzeugen oder Maschinen erzeugt. Nachteile sind etwa, dass mit höheren Krankenständen aufgrund gesundheitlicher Probleme zu rechnen ist und durch den höheren Wegeaufwand Verluste im Bereich der Produktivität entstehen.
- *Produktionsfehler und Nacharbeit*: Ist der Prozess nicht stabil, können Abweichungen aufgrund der Qualität der Produkte entstehen. Diese müssen vor der Auslieferung nachbearbeitet werden oder scheiden als Ausschuss aus dem Prozess aus, was eine Erhöhung der Herstellungskosten nach sich zieht. Weitere Auswirkungen wären Reklamationen von Kunden bzw. Verluste in den Bereichen Zeit, Energie und Material.
- *Wartezeiten*: Wartezeiten entstehen entweder durch nicht vorhandenes Material, nicht vorhandene Arbeitskraft oder durch Störungen der Maschinen, wodurch die Stillstandszeit erhöht wird.
- *Falsche oder unnötige Prozesse*: Die Überbearbeitung entspricht überflüssigen Arbeitsvorgängen in den Prozessen. Durch das mehrfache Bearbeiten entstehen erhöhte Kosten ohne Umsatzsteigerungen.

Die Beseitigung von Schwachstellen bzw. Verschwendungen gilt als Grundlage für die Erhöhung der Produktivität und Effizienz der Produktion bzw. einer Anlage. Es wird zwischen wertschöpfenden und nicht wertschöpfenden Aktivitäten und Prozessen unterschieden. Letztere sollen aufgedeckt und durch entsprechende Maßnahmen optimiert werden.¹⁸

¹⁷ Vgl. Dombrowski, U. et al (2009): S. 162 ff.; Vgl. Reinhart, G. et al (2012): S. 235 ff.

¹⁸ Vgl. Reinhart, G. et al (2012): S. 235 ff.

2.3 TPM – Total Productive Maintenance

Nachdem die grundlegenden Aspekte und Verschwendungen der Produktion erklärt wurden, befasst sich dieser Unterpunkt mit dem Prinzip des Total Productive Maintenance.

Total Productive Maintenance (TPM) ist ein Konzept, das für die Produktionswirtschaft bzw. das Anlagenmanagement entwickelt wurde. Im Wesentlichen soll die Produktion im Hinblick auf die Instandhaltung der Anlagen über die gesamte Lebensdauer im Bereich der Vorbeugung und Verminderung von Verschwendungen optimal gestaltet und ständig verbessert werden. In diesem Konzept sollen alle Bereiche und Ebenen der Instandhaltung miteinbezogen werden. Dies bedeutet, für eine erfolgreiche Einsetzung des Konzeptes muss es Teil der Unternehmenskultur sein. Im Prinzip sollen alle Abteilungen in den Prozess eingreifen können, um Anlagen- und Qualitätsstörungen rechtzeitig zu erkennen und frühzeitig zu beheben. TPM fordert die Ergebnisse von null Fehlern bzw. null Verlusten, was zu enormen Produktivitätssteigerungen führen kann. Kriterien für diese Steigerung definieren sich durch Ausfallreduzierung, Anlageneffizienzsteigerung und Verminderung der Instandhaltungskosten.¹⁹

Zur zeitlichen Entwicklung ist zu erwähnen, dass sich dieses Konzept in mehreren Stufen über 30 Jahre entwickelt hat. Die Vorarbeit bezieht sich auf die Arbeiten von Deming und Crosby in den 1950er und 1960er Jahren. Durchgesetzt hat es sich aber in der Zeitspanne von 1969 bis 1971 bei der Firma Nippondenso, einer Tochterfirma der Toyota-Gruppe. Ausgehend von der erhöhten Automatisierung der Produktion im Laufe der Zeit konnten sich vermehrt Optimierungsmaßnahmen im Bereich der Instandhaltung ableiten, da diese bereits zunehmend zum Problem geworden waren. Dadurch setzte sich TPM bei den Instandhaltungs-, Organisations- und Managementmaßnahmen durch und wurde in den verschiedensten Branchen eingesetzt. Heutzutage findet TPM auch eine breite Anwendung in Europa und den USA.²⁰

2.3.1 Aufgaben und Ziele

Während der Lebensdauer von Bauteilen bewirken Verschleiß, Alterung und Korrosion Veränderungen der Zustände. Einwirkungen mechanischer, thermischer, chemischer und physikalischer Art führen zu einer Zerstörung bzw. Abnutzung der Elemente. Für die Sicherstellung und den Austausch der Bauteile an Anlagen ist der Bereich Instandhaltung verantwortlich. Dieser Begriff wird immer dort ausgeübt, wo die Funktion – und damit auch der verbundene Wert technischer Objekte – sicherzustellen und zu erhalten ist. Die dabei entstehenden Aufgaben umfassen die Verzögerung von²¹

- Verschleißvorgängen,
- Abnutzungsvorgängen,
- Zerstörungsvorgängen und
- Verfallsvorgängen,

¹⁹ Vgl. Biedermann, H. (2008): S. 154 f.; Vgl. Pawellek, G. (2013): S. 4 f.

²⁰ Vgl. Biedermann, H. (2008): S. 154; Vgl. Zielowski, C. (2006): S. 181.

²¹ Vgl. Strunz, M. (2012): S. 1 ff.

um eine möglichst zerstörungsfreie Nutzung zu erhalten. Durch die richtige Instandhaltung entstehen aufgrund der geringeren Wechselvorgänge der Austauschelemente weniger Stillstände, wodurch die Anlage effektiver betrieben werden kann. Dabei stehen die Sicherung eines verschwendungsfreien Einsatzes von Ressourcen und eine möglichst störungsfreie Produktion im Vordergrund. Die verschiedenen Aufgaben der Instandhaltung werden in Abbildung 5 erklärt.²²

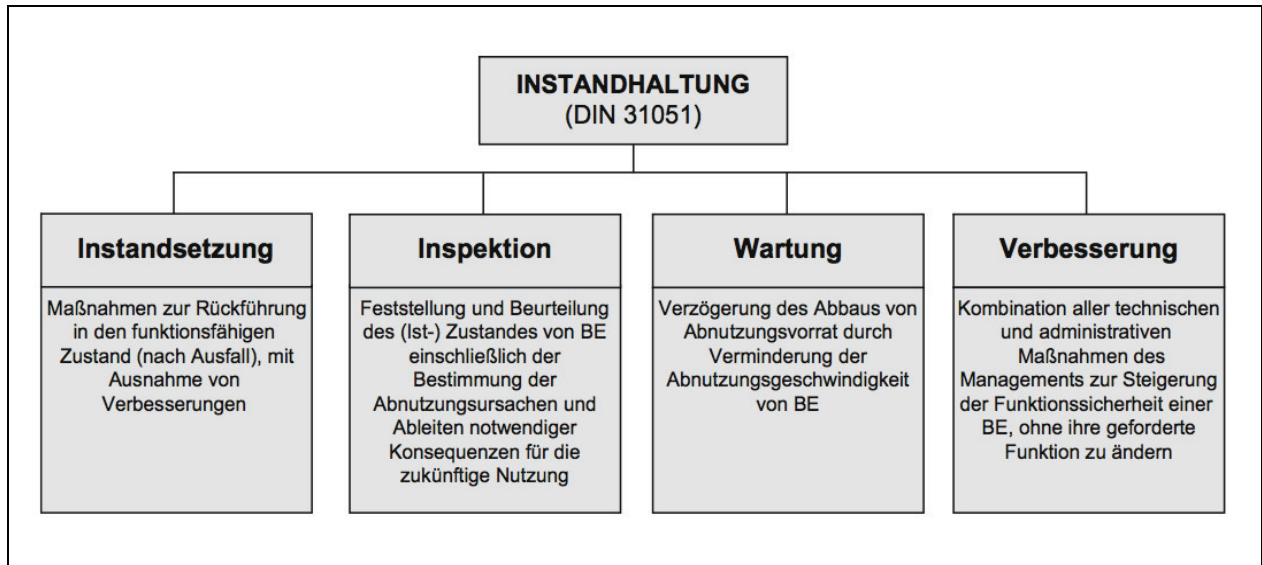


Abbildung 5: Aufgaben der Instandhaltung²³

Dabei wird nach DIN 31051 der Begriff Instandhaltung in die vier Bereiche Instandsetzung, Inspektion, Wartung und Verbesserung aufgeteilt. Diese Aufgaben sind für die Erhaltung der Qualität und Wirtschaftlichkeit notwendig.²⁴

Um eine Anlage effizienter und ressourcenschonender betreiben zu können, verwendet man das TPM-Prinzip. Alle TPM-Ansätze folgen dem gleichen Prinzip der Vermeidung von Verschwendungen und der fehlerfreien Produktion. Dies bedeutet, Produkte ohne Mängel und ohne Behinderung der Produktion durch Ausfälle und Störungen der Maschinen herstellen zu können. TPM soll durch den gesamten Lebenszyklus der Anlage betrieben und gefördert werden. Dabei soll die Produktivität der Anlage durch ständige Verbesserung der Teilbereiche optimiert werden. Die Basis für eine hohe Anlageneffektivität liegt nicht allein im Bereich der Instandhaltung, sondern auch in einer instandhaltungsgerechten Organisation aller Elemente. Bei TPM lassen sich mehrere Konzepte unterscheiden, doch fast alle begrenzen sich auf eine Art Säulenstruktur. Durch die einzelne Umsetzung der Säulen wird das Gesamtziel der wertorientierten Instandhaltung erreicht. Hauptsächlich verfolgt TPM den Ansatz bezüglich der fünf Hauptaktivitäten, welche im nächsten Unterpunkt genauer beschrieben werden. Die TPM-Philosophie strebt nach dem Finden der in dem Produktionsprozess vorhandenen Verlustquellen (siehe Unterpunkt 2.3.4) und will dabei Verbesserungspotentiale aufzeigen.²⁵

²² Vgl. Strunz, M. (2012): S. 1 ff.

²³ Quelle: Strunz, M. (2012): S. 3.

²⁴ Vgl. Strunz, M. (2012): S. 3.

²⁵ Vgl. Reichel, J.; Müller, G.; Mandelartz, J. (2009): S. 80 ff.

2.3.2 Instrumente der Zielerreichung – Fünf Phasen des TPM

Die Schwerpunkte zur Beseitigung der Verlustquellen gliedern das Konzept in fünf Kernelemente. Diese fünf Säulen bilden die Basis für eine erfolgreiche Implementierung von TPM, wobei sich dieses Modell auf Nakajima im Jahr 1988 zurückführen lässt. Die Säulen stellen Teilziele des Gesamtsystems auf dem Fundament des 5-S-Programmes und der kontinuierlichen Verbesserung in kleinen Schritten dar.²⁶

Das Konzept ist in der nachfolgenden Abbildung 6 dargestellt, daraus lassen sich folgende Hauptaktivitäten ableiten:²⁷

- Beseitigung von Schwerpunktproblemen
- Autonome Instandhaltung
- Geplantes Instandhaltungsprogramm
- Schulung und Training
- Instandhaltungsprävention

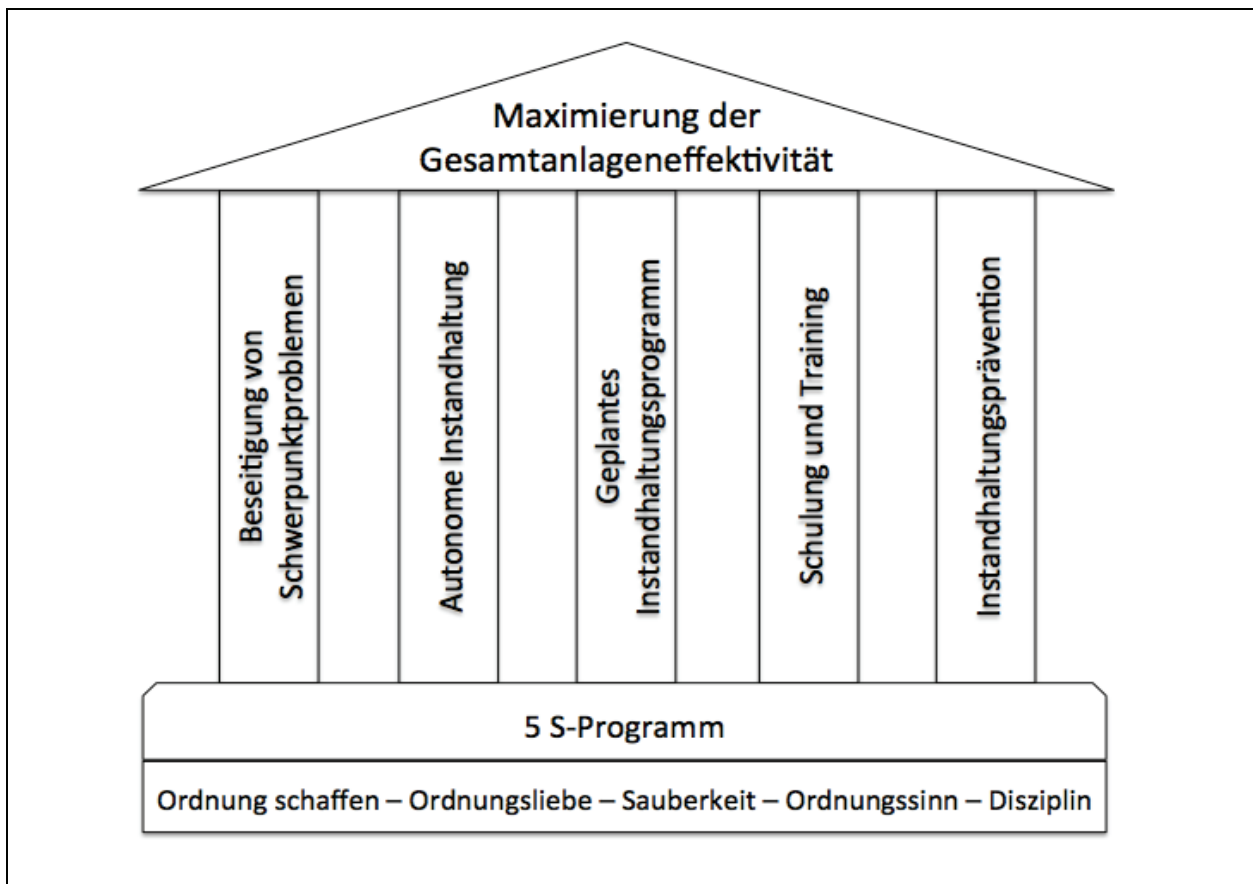


Abbildung 6: Säulen des TPM Konzeptes²⁸

In der ersten Säule geht es um die Eliminierung der Hauptverluste zur Erhöhung der Anlageneffektivität. Die OEE-Kennzahl (Overall Equipment Effectiveness) ist ein Maß für die Wertschöpfung einer Anlage. Mit ihr können sowohl die Produktivität, als auch deren Verluste

²⁶ Vgl. Chong, M. Y. et al (2012): S. 469 f.

²⁷ Vgl. Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): S. 37.

²⁸ Quelle: Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): S. 37 (leicht modifiziert).

aufgezeigt werden. Auf diese Kennzahl wird im Unterkapitel 2.3.4 genauer eingegangen. Durch weitere Methoden, beispielsweise die Pareto-Analyse, werden die Stillstände analysiert, und dadurch wird erkennbar, welcher geplante oder ungeplante Stillstand sich am stärksten auswirkt.²⁹

Die nächste Säule wird als autonome Instandhaltung definiert. TPM entwickelt eine zielgerichtete Einbindung der Mitarbeiter in alle Problemlösungsprozesse. Dies bedeutet eine Einbeziehung jedes Mitarbeiters in allen Ebenen und Abteilungen. Dadurch entwickelt sich eine Motivation zur Instandhaltung, welche durch Gruppenarbeit und Engagement gefördert wird und Instandhaltungsaufgaben werden den Produktionsmitarbeitern übertragen.³⁰

Die dritte Säule beschreibt die Maßnahmen eines geplanten Instandhaltungsprogrammes. Daraus lassen sich mehrere Aufgabenbereiche ableiten: Analyse der Anlagen für das Definieren von Instandhaltungsprioritäten, Wartungszyklen schaffen, sowie Analyse der Einflüsse von Defekten und Beseitigung dieser für lebensverlängernde Maßnahmen, Einführung eines Informations-, Planungs- und Steuerungssystems für das Liefern der benötigten Informationen bezüglich der Instandhaltung und Entwicklung von prozessorientierten Instandhaltungsaufgaben.³¹

Schulung und Training definiert die Qualifizierung und Förderung der Mitarbeiter. Informationen und Wissen sollen stets weitergegeben und ausgebaut werden. Dies beinhaltet das Wissen von Basiskenntnissen, das Erlernen von Kommunikations- und Problemlösungstechniken, die für die Teamarbeit notwendig sind, sowie die Weiterbildung in Instandhaltungs- und Fertigungskenntnissen.³²

Die letzte Säule beschreibt die Instandhaltungspräventionen. Das Hauptaugenmerk soll im Bereich der Konstruktion und Entwicklung liegen. Denn durch unzureichende Planung im Zeitrahmen des Entwurfes entstehen vermehrt Fehler im nachfolgenden Betrieb. Beispiele dafür wären, dass die Reinigung und Inspektion leichter gestaltet wird, sowie der Einbau von Ersatzteilen möglichst einfach erfolgen kann.³³

Die 5-S-Methode definiert den Sockel des TPM-Säulendiagrammes und dient als fundamentale Methode der kontinuierlichen Verbesserung. Bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen und -systemen für ein sauberes und leistungsfähiges Arbeitsumfeld sowie der Optimierung von Prozessabläufen finden die 5 S ihre Wirkungen. Diese lassen sich wie folgt beschreiben:³⁴

- *Seiri (Aussortieren)*: Alle Gegenstände werden nach der Wichtigkeit der Verwendung sortiert bzw. können aus dem Prozess ausgeschieden werden.
- *Seiton (Aufräumen und Ordnung sichtbar machen)*: Alle Gegenstände werden ergonomisch angeordnet, und es erfolgt eine Kennzeichnung der Plätze.

²⁹ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 215 ff.

³⁰ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 215 ff.

³¹ Vgl. Bracher, M. (2009): S. 87 f.

³² Vgl. Bracher, M. (2009): S. 87 f.

³³ Vgl. Bracher, M. (2009): S. 87 f.

³⁴ Vgl. Schmitt, R.; Pfeifer, T. (2015): S. 514 ff.; Vgl. Kletti, J.; Schuhmacher, J. (2011): S. 95.

- *Seiso (Arbeitsplatz sauber halten)*: Der Arbeitsplatz sowie die Betriebsmittel werden gereinigt.
- *Seiketsu (Anordnungen zur Regel machen)*: Es werden Regeln entwickelt und aufrechterhalten, um den verbesserten Zustand zu behalten.
- *Shitsuke (Alle Punkte einhalten und ständig verbessern)*: Die Regeln werden eingehalten, und man übt Selbstdisziplin, damit die Anwendung nicht ein einmaliges Ereignis bleibt. Zudem sollen 5-S-Audits angewandt werden, um die Kontrolle zu gewährleisten und den Ist-Zustand zu beschreiben.

Die verschiedenen Säulen und der Sockel des TPM-Konzeptes beschäftigen sich mit einer optimalen Planung sowie einer ständigen Verbesserung aller im Betrieb befindlichen Prozesse, um die gesamte Anlageneffektivität zu erhöhen. Zusätzlich müssen die Prozesse der Methode der kontinuierlichen Verbesserung erfolgen. Dieses Prinzip wird in Kapitel 3 genauer betrachtet, um die Anwendung zu verstehen.³⁵

2.3.3 Die sieben Schritte zur autonomen Instandhaltung

In der Produktionstheorie werden die Prozesse nach einer Arbeitsteilung und Aufgabenverteilung fast überall durchgeführt. Jedoch steht eine Kategorisierung der Mitarbeiter in verschiedene Arbeitsbereiche, beispielweise Produktionsmitarbeiter und Instandhalter, einer höheren Anlageneffektivität im Wege. Aus der Sicht von TPM beeinträchtigt die Trennung der Mitarbeiter in Abteilungen die Behandlung der Instandhaltungsprobleme. Dadurch bekommt der Begriff der autonomen Instandhaltung seine Bedeutung, bei der Produktionsmitarbeiter teilweise Instandhaltungsmaßnahmen selbst durchführen sollen. Komplizierte Reparaturen bleiben Aufgabe der Instandhaltung, jedoch kann sich der Produktionsmitarbeiter mit der Funktion der Anlage auseinandersetzen. Deshalb wurden die sieben Schritte der autonomen Instandhaltung entwickelt, bei der die Produktionsmitarbeiter die Maßnahmen erlernen und umsetzen können. Die Schritte wirken sich auch auf die Kennzahl OEE (siehe Punkt 2.3.4) aus. Je mehr Schritte erlernt und von den Mitarbeitern umgesetzt werden, desto höher wird auch der OEE bzw. die Gesamtanlageneffektivität. Diese Methodik erfordert zwar ein Umdenken des Standardbetriebes, jedoch wird den Maschinenbedienern mehr Verantwortung für ihre Anlagen und die Prozessqualität übertragen. Aufgrund der Möglichkeit, selbstbestimmter und verantwortungsvoller Entscheidungen zu treffen, steigt die Motivation der Mitarbeiter. In Abbildung 7 sind die sieben Schritte zur autonomen Instandhaltung dargestellt, anschließend werden sie im Detail beschrieben.³⁶

³⁵ Vgl. Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): S. 37 f.

³⁶ Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 108 f.

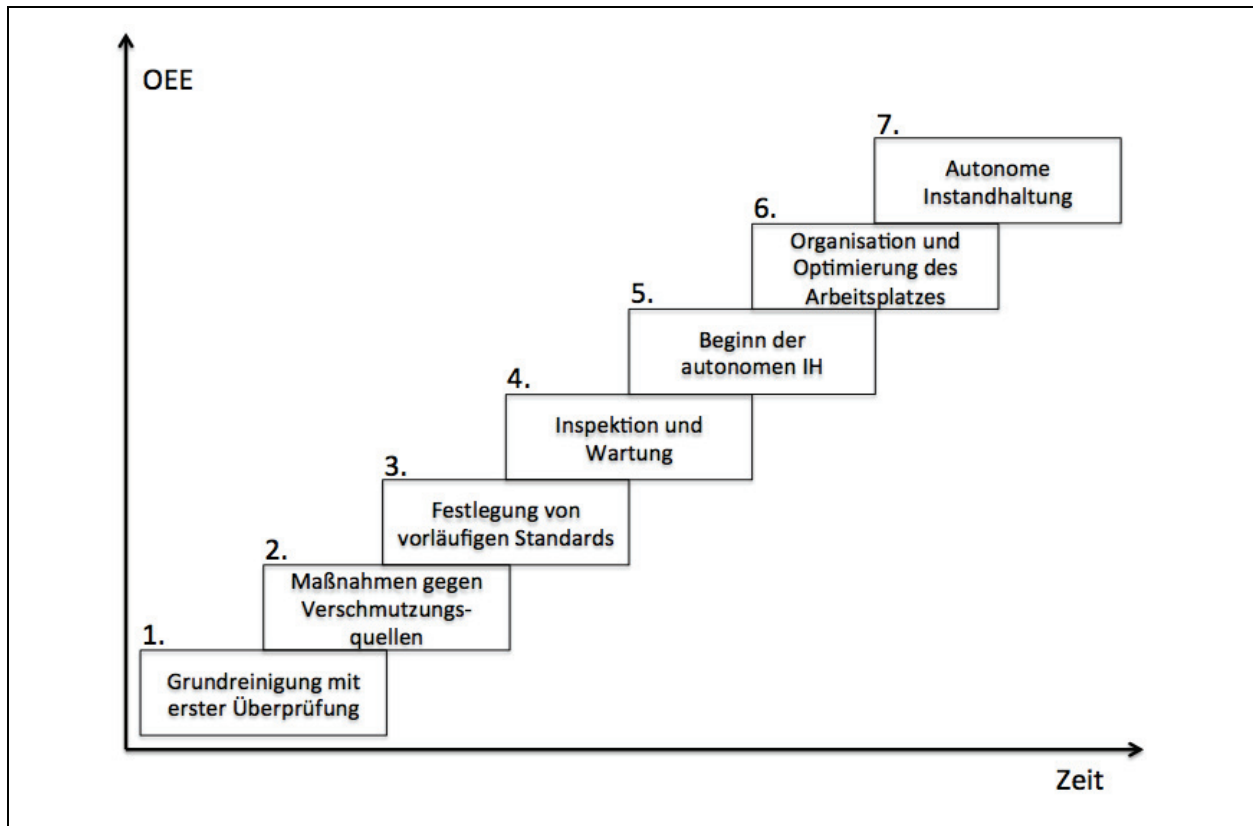


Abbildung 7: Sieben Schritte zur autonomen Instandhaltung³⁷

Schritt 1: Grundreinigung mit erster Überprüfung

Im ersten Schritt geht es um die Reinigung der gesamten Produktionsanlage. Der Beginn sollte nicht bei bereits sauberen Maschinen durchgeführt werden, da die Motivation darunter leiden kann. Der Prozess soll so gründlich gestaltet werden, damit dieser nicht nur der Reinigung der Anlage dient, sondern die Mitarbeiter auch die Bauteile und -gruppen kennenlernen. Damit werden oft nicht wahrgenommene Teile inspiziert, und man versteht den Kontext zur Anlagenfunktion. Die Mitarbeiter handeln nach dem Motto „Reinigung ist Inspektion“ und können sofort gefundene Fehler kennzeichnen, um im nächsten Schritt Maßnahmen setzen zu können. Die Kennzeichnung erfolgt direkt an der Problemstelle durch sogenannte TPM-Anhänger, wo die Informationen zum Fehlerort, die Beschreibung und die Zuordnung vermerkt werden. Zusätzlich können die Anhänger noch in drei unterschiedliche Farben gegliedert werden. Diese lassen sich in Tätigkeiten der Instandhaltung, des Bedienpersonals und eines Sicherheitsrisikos unterteilen. Im Prinzip kommen bei diesem Schritt Schwachstellen zum Vorschein, die bei einer verschmutzten Anlage nicht auffindbar gewesen wären. Kleine Probleme sollen bereits analysiert und ausgebessert werden, bevor daraus große Schwachstellen entstehen.³⁸

Schritt 2: Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen

Ursachen der Verunreinigungen werden erkannt und beseitigt. Eine Reduzierung der erforderlichen Wartungszeit durch verbesserte Zugänglichkeit der Stellen wird angestrebt, und

³⁷ Quelle: Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): S. 61 (leicht modifiziert).

³⁸ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 227 f.; Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 111.

zusätzlich werden Maßnahmen eingeleitet, um zukünftigen Verschmutzungen entgegenzuwirken und diese zu eliminieren. Der Fokus sollte darauf liegen, die Anlage gar nicht erst verschmutzen zu lassen, anstatt sie ständig zu reinigen.³⁹

Schritt 3: Festlegen von vorläufigen Standards

Nach den ersten beiden Schritten sollen Standards für die Basisinstandhaltungsarbeiten, beispielsweise Reinigungs-, Inspektions-, und Wartungsstandards, entwickelt und festgelegt werden. Der Begriff der Vorläufigkeit ist darauf zurückzuführen, da in Schritt fünf eine detailliertere Gestaltung der Standards erfolgt. Diese sollten gemeinsam mit jenen Mitarbeitern erstellt werden, die später damit arbeiten, um Fehlinformationen und Fehlinterpretationen auszuschließen.⁴⁰

Schritt 4: Inspektion und Wartung der gesamten Anlage

Der Zustand der gesamten Produktionsanlage wird durch die Produktionsmitarbeiter, bezogen auf die Inspektions- und Wartungsmaßnahmen, festgestellt, dabei findet eine Schulung aller Maßnahmen der Instandhaltung statt. Vorab werden Pläne für die Inspektion und Wartung gefertigt, wodurch sich die Mitarbeiter in diese Unterlagen einarbeiten können, um die Materie besser zu verstehen. Dieser Schritt nimmt sehr viel Zeit in Anspruch, da die Mitarbeiter die Fähigkeiten der Arbeiten entwickeln müssen, da sie ihre Maschinen verstehen müssen.⁴¹

Schritt 5: Beginn der autonomen Instandhaltung

Hier werden die vorher definierten Standards verwendet, um Prüfformulare für die selbständige Inspektion auszuarbeiten. Die Erfahrungen aus Schritt vier fließen in die Entwicklung mit ein und werden mit der Abteilung besprochen, um Verantwortliche zu definieren. Die Standards sollen Informationen bezüglich des Durchführungsortes, des Endzustands, der verwendeten Methoden, der notwendigen Werkzeuge und Hilfsstoffe, des Zeitaufwands, der Wiederholungsintervalle und der Verantwortlichkeiten enthalten.⁴²

Schritt 6: Organisation und Optimierung des Arbeitsplatzes

Die Schritte eins bis fünf definieren Aktivitäten, die die Maschinenmitarbeiter betreffen. Darüber hinaus sollen in der nächsten Phase Verbesserungen bezüglich des Arbeitsumfeldes geschehen. Für eine Schaffung und Aufrechterhaltung eines sauberen und verschwendungsfreien Arbeitsplatzes können die Bereiche der Prozessqualität, Arbeitseffektivität und der Arbeitssicherheit optimiert werden. Diese Verbesserungen können in Standards der Organisation und Ordnung zusammengefasst werden. Dabei müssen alle Geschehnisse bezüglich der Herstellung der Produkte berücksichtigt werden, welche vom Anlagenbediener bis hin zur Werkzeugbeschaffung und Funktionalität dieser gelten.⁴³

Schritt 7: Autonome Instandhaltung

In den vorherigen Schritten hat der Mitarbeiter mehr Verantwortung für seinen Aufgabenbereich bekommen. Er soll in der Lage sein, die Maschinen, mit denen er arbeitet, selbstbestimmend zu

³⁹ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 229.

⁴⁰ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 229 f.

⁴¹ Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 112.

⁴² Vgl. Matyas, K. (2010): S. 231.

⁴³ Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 113.

inspizieren und zu warten. Mit dem letzten Schritt soll eine ständige Verbesserung der Prozesse und der Anlageneffektivität erfolgen, wobei Schwachstellen laufend identifiziert und beseitigt werden sollen.⁴⁴

2.3.4 Gesamtanlageneffektivität (OEE – Overall Equipment Effectiveness)

Overall Equipment Effectiveness (OEE), zu Deutsch Gesamtanlageneffektivität, ist eine Kennzahl des TPM-Konzeptes. Mit Hilfe dieser Kennzahl soll die Gesamtanlageneffektivität und -effizienz durch verminderte Rüstzeiten, Null-Stillstände und fehlerlose Produktion verbessert werden. Mittels OEE werden Produktionsprozesse messbar gemacht, und daraus werden Informationen darüber ersichtlich, wie gut die Maschinen arbeiten und wie gut der Prozess beherrscht wird. Somit lassen sich durch die Beobachtung der Verlustursachen, Optimierungen bezüglich der Prozesse ableiten.⁴⁵

Wie bereits erwähnt, strebt die TPM-Philosophie nach dem Finden der in dem Produktionsprozess vorhandenen Verlustquellen und will dabei Verbesserungspotentiale aufzeigen. Es lassen sich drei Hauptbereiche mit jeweils zwei Verlustkriterien dieser Quellen definieren.⁴⁶

1. Stillstands- bzw. Ausfallzeitverluste (Verluste des Nutzungsgrades):

- Technische Störungen und ungeplante Ausfälle (Ausfallzeiten durch ungeplante und unerwartete Ausfälle)
- Einrichte- und Rüstverluste durch Korrekturen und Abstimmungen

2. Geschwindigkeitsverluste (Verluste des Leistungsgrades):

- Leerlauf und Kurzstopps (Fehlermeldungen durch Sensoren)
- Verringerte Taktgeschwindigkeit (Differenz zwischen geplanten und aktuellen Anlageleistungen)

3. Verluste durch Fehler (Verluste des Qualitätsgrades):

- Anlauf- und Ausbeuteverluste (Verluste zwischen Produktionsbeginn und stabiler Produktion)
- Ausschuss und Nacharbeit (Produktionsfehler und deren Beseitigung)

Diese sechs Verlustquellen, auch als „Six Big Losses“ definiert, sind für eine ineffektive Anlagenleistung verantwortlich. Dadurch kann die Gesamtanlageneffizienz bzw. Produktivität durch die drei unterschiedlichen Faktoren Verfügbarkeit, Leistungseffizienz und Qualitätsrate beschrieben werden. Außerdem können auch Personaleinsatzersparungen erzielt werden.⁴⁷

⁴⁴ Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 113.

⁴⁵ Vgl. Schenk, M. (2010): S. 81; Vgl. May, C.; Koch, A. (2008): S. 245.

⁴⁶ Vgl. Biedermann, H. (1993): S. 28; Vgl. Bracher, M. (2009): S. 84; Vgl. Chan, F. et al (2005): S. 75 ff.

⁴⁷ Vgl. Biedermann, H. (1993): S. 28 f.

Der OEE versucht, die Verlustquellen transparent zu machen. Die Kategorisierung lässt sich in Zeit-, Geschwindigkeits- und Qualitätsverluste unterteilen, wie in Abbildung 8 ersichtlich wird. Ausgangspunkt einer OEE-Analyse ist die vorgegebene bzw. geplante Betriebszeit zur Erfüllung der Produktionsaufgaben.⁴⁸

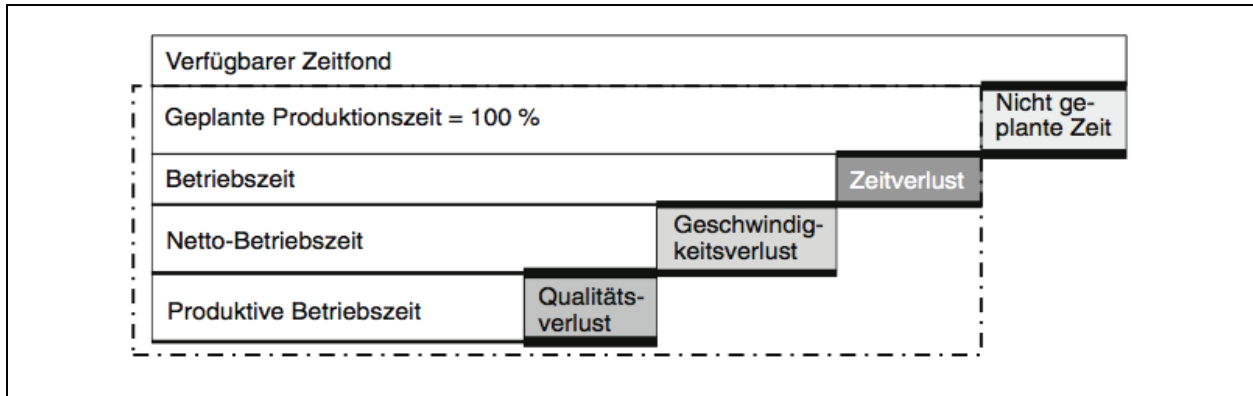


Abbildung 8: OEE-Kategorien⁴⁹

Zu erkennen ist, dass für die Berechnung der produktiven Betriebszeit alle geplanten Stillstände abgezogen werden. Demnach untersucht der OEE mögliche Produktivitätsverluste, die in den Prozessen zur Erstellung der Produkte auftreten können. Ursachen und Wirkungen der Verlustbringer sollen entdeckt und entsprechende Maßnahmen zur Optimierung eingeleitet werden.⁵⁰

Die Grundlagen der Berechnung ergeben sich aus der Abbildung 8 und den Verlustkriterien. Ausgangspunkt ist die geplante Produktionszeit (= verfügbare Zeit minus ungeplante Zeit). Daraus entwickeln sich folgende Überlegungen über die Faktoren der Kennzahl:⁵¹

1. Läuft die Maschine, kann diese auch eingesetzt werden und steht der Produktion zur Verfügung. Dieser *Verfügungsgrad* definiert das Verhältnis der Betriebszeit zur geplanten Produktionszeit.
2. Der zweite Faktor beschreibt den Leistungsgrad der Maschine. Dieser errechnet sich aus der Relation der theoretischen Ausbringungsmenge der Maschine bei höchster Geschwindigkeit und der Zahl der tatsächlich erstellten Stücke.
3. Zum Schluss werden noch die fehlerfreien Stücke im Verhältnis zur gesamten Anzahl berechnet, welche als Qualitätsgrad bestimmt werden.

Daraus leitet sich folgende Formel für die OEE-Kennzahl ab:⁵²

$$OEE = \text{Verfügbarkeit} \times \text{Leistung} \times \text{Qualität}$$

Die Differenzen dieser drei Verluste lassen sich in Abbildung 8 zur Bestimmung der produktiven Betriebszeit aufzeigen. Bei der Berechnung ist zu erwähnen, dass der Betrag der Kennzahl aufgrund der Multiplikation von drei Werten meistens nicht sehr hoch ausfallen wird. In der

⁴⁸ Vgl. Schenk, M. (2010): S. 81 f.; Vgl. Godfrey, P. (2002): S. 110 f.

⁴⁹ Quelle: Schenk, M. (2010): S. 81.

⁵⁰ Vgl. Schenk, M. (2010): S. 81 f.

⁵¹ Vgl. May, C.; Koch, A. (2008): S. 247 f.; Vgl. Reitz, A. (2008): S. 68 ff.

⁵² Vgl. Reitz, A. (2008): S. 68 ff.

Praxis weichen die Werte je nach Branche und Unternehmung voneinander ab. Eine Richtlinie von Topwerten zeigt die Tabelle 1 auf.⁵³

Tabelle 1: Weltklassewerte für OEE⁵⁴

OEE-Bestandteil	Weltklassewert
Verfügbarkeit	90,0 %
Leistung	95,0 %
Qualität	99,9 %
OEE	85,0 %

Studien haben gezeigt, dass der durchschnittliche OEE-Wert in den produzierenden Unternehmen bei ca. 60 % liegt. Dadurch entsteht ein großer Spielraum zur Erreichung des Weltklasseniveaus, wobei die Richtung nach Optimierungen in Unternehmen bezüglich der Produktionslogistik deutlich gemacht wird. Die Kennzahl OEE soll eine Art „Verlustbrille“ für das TPM-Konzept darstellen, wobei nachfolgende Verbesserungen getroffen werden können und somit die Effektivität erhöht wird.⁵⁵

2.4 Weitere Methoden zur Erhöhung von Produktivität und Anlagenverfügbarkeit

Im Prinzip beschreibt TPM ein umfassendes Produktionssystem, wobei die Idee der ständigen Verbesserung höchste Priorität hat. Zusätzlich zu diesem Konzept können weitere Methoden angewandt und Parallelen zu anderen Prinzipien gezogen werden. Nachfolgend werden verschiedene Ansätze zur Erhöhung der Produktivität von Anlagen erklärt.

2.4.1 Konstruktion und Instandhaltung

Die Begriffe Konstruktion und Instandhaltung stehen immer mehr in Beziehung zueinander, denn durch die verbesserte Konstruktion der Teile an Anlagen lassen sich Fortschritte im Bereich der technischen Verfügbarkeit erzielen. Dies wirkt sich dann wieder auf die Wirtschaftlichkeit aus, wobei in Zukunft die Instandhaltungskosten so gering wie möglich gehalten werden sollen. Außerdem erzielt man eine höhere Nutzungsdauer der Verschleißteile, und Reparaturen können zugleich effizienter gestaltet werden, wodurch wieder Verschwendungen vermieden werden. Um die Kosten der Instandhaltung so gering wie möglich zu halten, setzt man auf instandhaltungsarme und instandhaltungsgerechte Konstruktion.⁵⁶

Der Grundsatz der instandhaltungsarmen Konstruktion beschäftigt sich mit der Verlängerung der Lebensdauer und einer Reduzierung von Ausfällen. Diese abnutzungsvermindernde und

⁵³ Vgl. Schenk, M. (2010): S. 84 f.

⁵⁴ Quelle: Schenk, M. (2010): S. 85 (leicht modifiziert).

⁵⁵ Vgl. Schenk, M. (2010): S. 85.

⁵⁶ Vgl. Strunz, M. (2012): S. 75 f.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 242.

beanspruchungsgerechte Konstruktion wird durch die Materialart und die Umgebungseinflüsse charakterisiert. Zusätzliche Bedeutung haben die Formgebung und die Art der Verbindungsteile. Als Beispiele lassen sich die Faktoren Schmierung, Oberflächengüte und Korrosionsschutz aufzählen. Außerdem muss in der Planung darauf geachtet werden, die Prozesse so zu gestalten, dass durch den Stoffstrom keine zusätzlichen Abnützungen und Verschmutzungen entstehen.⁵⁷ Die Instandhaltungsgerechte Konstruktion ist in Anbetracht knapper werdender Ressourcen maßgebend erforderlich. Dabei sollen die Instandhaltungsteile einer Anlage so angeordnet sein, dass die Maßnahmen der Instandhaltung in kurzer Zeit mit wenig Aufwand vorgenommen werden können. Dadurch entsteht ein Zusammenhang zwischen der instandhaltungsgerechten Konstruktion und den produktspezifischen Anforderungen. Die Parameter der Produktentwicklung lassen sich in Funktion, Herstellung, Markt, Wirtschaftlichkeit und Planung gliedern.⁵⁸

Eine Methode, die arbeitsteilige Gestaltung und die Instandhaltungsgerechtigkeit in die Innovationsprozessen miteinzubeziehen, stellt das Simultaneous Engineering dar. Durch eine Verkürzung der Entwicklungszeiten sollen dabei die Entwicklungskosten reduziert werden. Grundsätzlich werden sequentielle, arbeitsteilige Abläufe durch Parallelisierung und Integration in der Entwicklung ausgetauscht. Durch eine parallele Anpassung der Aufgaben lässt sich die Dauer enorm verkürzen. Zusätzlich können durch die frühe Einbindung aller Beteiligten die Prozesse besser verstanden und abgestimmt werden. Bei Simultaneous Engineering sollen die Aufgaben miteinander verzahnt ablaufen und in Intervallen synchronisiert werden. Durch die frühe Abstimmung der Bereiche fließen Erfahrungen der unterschiedlichen Mitarbeiter mit ein, und dadurch kann ein durch mangelnde Kommunikation verursachter hoher zukünftiger Änderungsaufwand vermieden werden.⁵⁹

2.4.2 Lean-Methoden

Im gesamten Kapitel lässt sich ein roter Faden im Hinblick auf Verminderungen von Verschwendungen erkennen. Diese Kernidee zur effizienteren Gestaltung der gesamten Wertschöpfungskette wird weiters durch den Begriff „Lean Production“ beziehungsweise „Lean Management“ beschrieben. Übersetzt heißt dies „schlanke Produktion“ bzw. „schlankes Management“ und definiert im Prinzip eine verschwendungsfreie Vorgehensweise. Mit Lean Management sollen die wertschöpfenden Tätigkeiten optimal angeordnet werden, wodurch man eine Reduzierung der Kosten bei gleichzeitigem Anstieg der Kundenzufriedenheit erhält. Jedoch erklärt der Ansatz nicht eine Methode, sondern ist als Zustandsbeschreibung aufzufassen. Daraus leiten sich aber verschieden Methoden ab, die voneinander abhängig sind und als Gesamtes eingesetzt werden müssen, um die Vision des Lean Management zu verwirklichen. Dabei werden nicht wertschöpfende Prozesse durch Methoden eliminiert oder neu gestaltet, um die Wertschöpfung herzustellen. Ein Ansatz der Verschwendungsverminderung, der bereits beschrieben wurde, ist TPM. TPM kann als Teil des Lean

⁵⁷ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 242 f.

⁵⁸ Vgl. Strunz, M. (2012): S. 75 f.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 244.

⁵⁹ Vgl. Steven, M. (2007): S. 164 f.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 247 f.

Management gesehen werden. Zusätzliche Methoden werden im nachfolgenden Baukasten (siehe Abb. 9) aufgelistet.⁶⁰

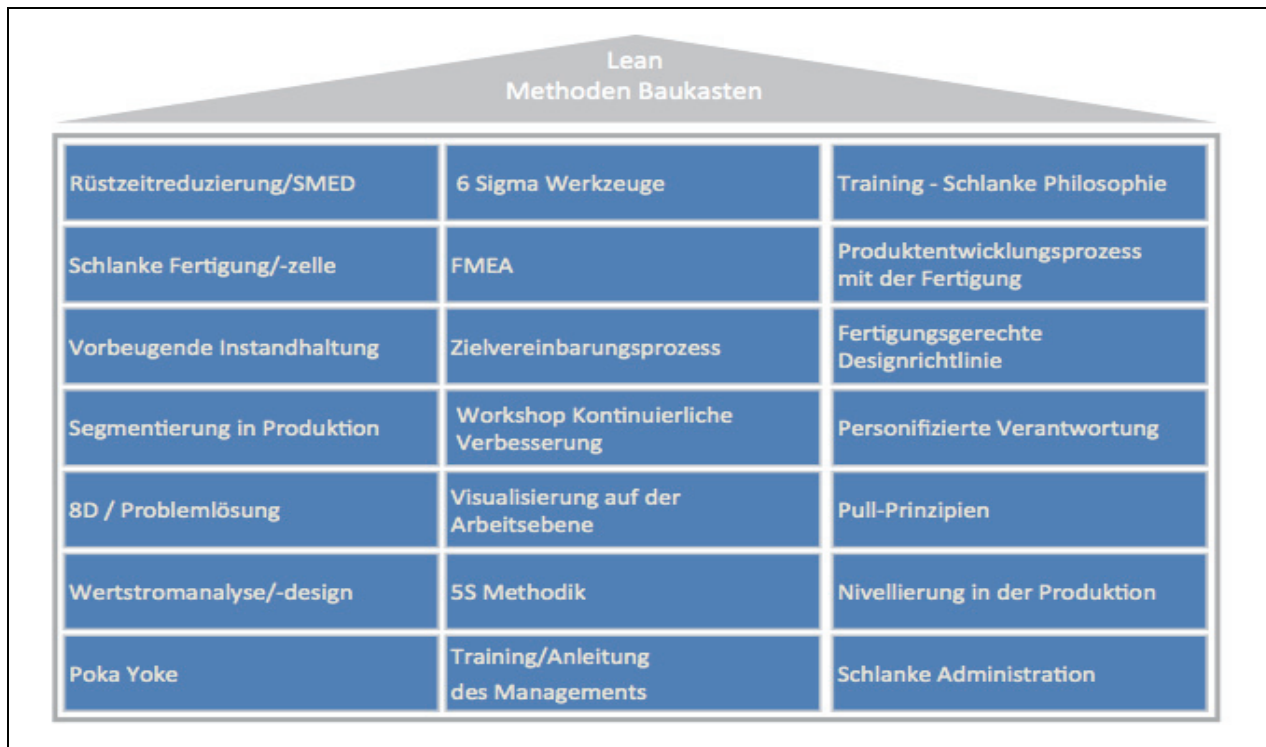


Abbildung 9: Lean-Methoden⁶¹

Dieser Baukasten soll als Grundlage des Konzeptes zur Effizienzsteigerung dienen. Die Methoden helfen beim Verstehen von Problemen, jedoch dürfen sie nicht als Lösung für alles verstanden werden. Die Philosophie einer schlanken Unternehmensorganisation soll im Blickpunkt aller Faktoren betrachtet werden, und vor allem muss dieses Konzept im Betrieb akzeptiert werden. Unternehmen, die diese Transformation absolvieren, können mit einer höheren Produktivität und Qualität rechnen. Dabei soll der Fokus auf eine ständige Verbesserung gerichtet sein.⁶²

Das „Schlankmachen“ der Instandhaltung wird mit dem Begriff „Lean Maintenance“ definiert. Wesentliche Bedeutung dabei haben die Faktoren Effektivität und Effizienz, das heißt, die richtigen Dinge für die Entwicklung des Verbesserungspotentials tun und zusätzlich die Dinge auch richtig tun, um die Instandhaltungsprozesse selbst zu optimieren. Dabei sollen, wie bereits erwähnt, Verschwendungen aufgezeigt und anschließend eliminiert werden, wobei auch alle unterstützenden Prozesse in Betracht gezogen werden müssen. Zusätzlich kommen wieder die bereits erwähnten Tools und Konzepte zur Anwendung. In einem solchen System der Instandhaltung soll die Organisation ausgehend vom Produktionssystem durchdacht werden. Die Produktion laut Auftragsorientierung (Pull-Prinzip) muss im Mittelpunkt stehen, um Verschwendungen bereits im Vorhinein zu vermeiden. Dabei versucht das Unternehmen, das Angebot nach der Nachfrage des Konsumenten auszurichten. Diese Strategie zielt dabei auf

⁶⁰ Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 141 ff.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 184; Vgl. Shinkle, G. (2005): S. 45 ff.

⁶¹ Quelle: Günthner, W. A.; Boppert, J. (2013): S. 319.

⁶² Vgl. Biedermann, H. (2011): S. 59 ff.

den Verbraucher ab, der ein Produkt kaufen soll. Dadurch ist es möglich Verschwendungen durch Überproduktion zu reduzieren. Die Konzentration muss dabei auf den wertschöpfenden Prozessen liegen. Nachfolgend ist das Lean-Maintenance-System als visuelle Darstellung (siehe Abb. 10) abgebildet, um die Einflüsse zu charakterisieren.⁶³

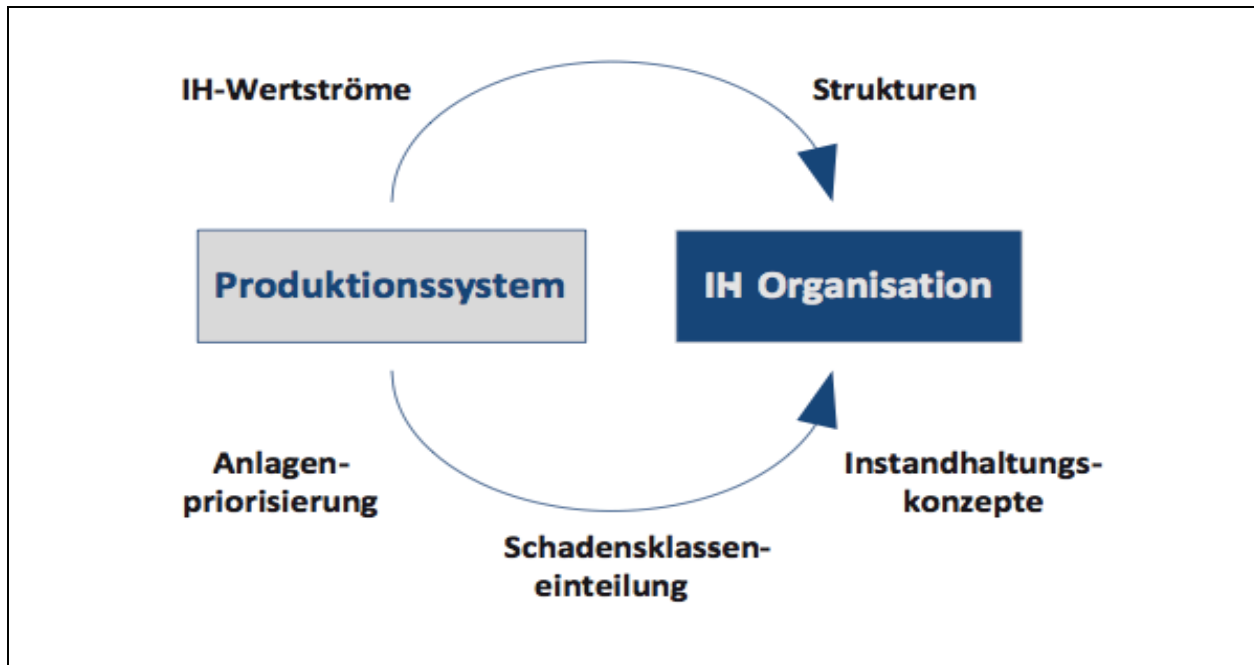


Abbildung 10: Lean-Maintenance-System⁶⁴

Für das Erreichen der Ziele dieses Systems müssen Prinzipien gemäß „Lean Thinking“ angepasst werden. Dabei spielen die Kundenorientierung, die Wertstromorientierung, das Fluss-Prinzip, das Pull-Prinzip und das Streben nach Perfektion eine essentielle Rolle. Prozesse sollen dabei standardisiert werden, sodass Methoden für Optimierungen angewandt werden können.⁶⁵

Grundsätzlich wird hier ein Einblick in das Lean Management gegeben. Dabei soll der Grundgedanke der Vermeidung von Verschwendungen nochmals, wie bereits bei dem TPM-Ansatz erklärt, aufgezeigt werden.

⁶³ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 184 ff.

⁶⁴ Quelle: Matyas, K. (2010): S. 187.

⁶⁵ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 189.

2.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass verschiedene Verschwendungsformen in einem Produktionssystem auftreten können. Deshalb ist es die Aufgabe der Produktion, nicht stabile Prozesse zu eruieren, diese aufzuzeigen und mit gegebenen Maßnahmen zu optimieren. Im Hinblick darauf stehen die Begriffe Total Productive Maintenance und Lean Management im engen Bezug zueinander, wobei Lean Management als die Gesamtheit der Prinzipien, Methoden und Verfahren zur effizienten Gestaltung einer „schlanken“ Wertschöpfungskette industrieller Güter zu verstehen ist. Zudem liegt der Verantwortungsbereich von Total Productive Maintenance in der kontinuierlichen Verbesserung aller Abteilungen eines Unternehmens, wobei der Hauptfokus auf der Produktion liegt. Sinn und Zweck ist es, jegliche Verlustquellen zu identifizieren und anschließend zu eliminieren. Zusätzlich bestehen in diesem Konzept entwickelte Kennzahlen, beispielsweise OEE (Overall Equipment Effectiveness). OEE (Gesamtanlageneffektivität) ist ein Maß für die Wertschöpfung einer Anlage. Mit dieser können sowohl die Produktivität als auch deren Verluste, aufgezeigt werden.

3 Rüstprozessanalyse und Optimierungsmethoden

Nachdem sich Kapitel 2 mit dem Bereich der Produktion und Instandhaltung befasst hat, wird nun näher auf den Bereich der Rüstprozesse eingegangen. Vorab wird allgemein der Begriff Rüsten erklärt. Anschließend werden ausgewählte Analysemethoden der Rüstprozesse beschrieben. Weiters erfolgt die Beschreibung von Optimierungsmethoden zur besseren Gestaltung dieser Prozesse. Abgeschlossen wird dieser Abschnitt mit der Methodik des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP-Zyklus), um darzustellen, welchen Einfluss dieses Prinzip auf die Optimierung bzw. Beseitigung von Schwachstellen der Prozesse hat.

3.1 Der Begriff Rüsten

Das Rüsten umfasst alle Aktivitäten, die zur Vorbereitung eines Arbeitssystems für die Erfüllung der anstehenden Arbeitsaufgabe erforderlich sind. Zum Rüsten zählen die Bereitstellung der benötigten Betriebsmittel und gegebenenfalls der zur Ausführung erforderlichen Informationen. Das Rüsten umfasst auch das eventuelle Rückversetzen der Betriebsmittel in den ursprünglichen Zustand.⁶⁶

Mittels Reduzierung von Rüstzeiten sollen die Produktivität gesteigert, Verschwendungen vermieden und die Durchlaufzeit erhöht werden. Die Schritte eines Umrüstprozesses von Anlagen lassen sich wie folgt gliedern (visualisiert in Abbildung 11):⁶⁷

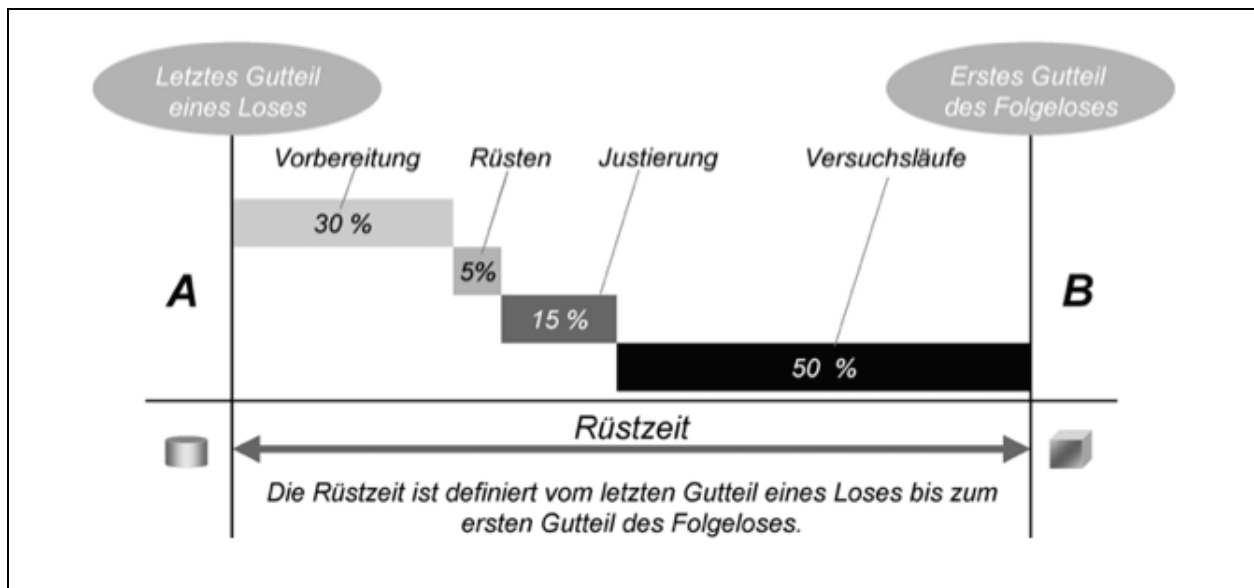
- *Vorbereitung und Nachjustierung, Material- und Werkzeugverwaltung:* Rechtzeitige und richtige Bereitstellung aller Teile und Werkzeuge am richtigen Ort zuzüglich aller nachfolgenden Aufräumarbeiten. (Anteil: 30 % der Gesamtrüstzeit)
- *Montage und Demontage von Werkzeugen:* Entfernung der jeweiligen Austausch Elemente und Montage der neuen Bearbeitungsteile. (Anteil: 5 % der Gesamtrüstzeit)
- *Zentrierung, Messung und Einstellung:* Jegliche Mess- und Einstellarbeiten für die Bearbeitung des nächsten Prozessschrittes. (Anteil: 15 % der Gesamtrüstzeit)
- *Probelauf und Justierung:* Ein Probewerkstück wird justiert, und anschließend wird kontrolliert, ob die Bedingungen bezüglich der Toleranzen stimmen.

Während dieser Tätigkeiten kann die Maschine nicht produktiv genutzt werden, da keine Erzeugnisse produziert werden. Durch diesen Prozess liefern die Anlagen bzw. Maschinen keinen Ertrag, dadurch entsteht die Aufgabe der Reduzierung der Rüstzeiten, um Verschwendungen zu verringern und die Effektivität zu erhöhen. Nachfolgend ist die Definition der Rüstzeit grafisch dargestellt.⁶⁸

⁶⁶ Vgl. Meinberg, U.; Topolewski, F. (1995): S. 420.

⁶⁷ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 89 f.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 236.

⁶⁸ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 89 f.

Abbildung 11: Definition der Rüstzeit⁶⁹

In Abbildung 11 ist zu erkennen, dass der Vorgang des Rüstens nur sehr wenig Zeit vom gesamten Prozess in Anspruch nimmt. Die wesentlichen Faktoren des Zeitverbrauchs betreffen die Vorbereitung sowie die Versuchsläufe der Anlage. Darum liegt in diesen Bereichen viel Optimierungspotential, auf welches aber erst in den späteren Punkten näher eingegangen wird. Noch zu erwähnen ist, dass man beim Rüstvorgang generell zwischen zwei Arten von Rüsttypen unterscheidet.⁷⁰

- Internes Rüsten: Tätigkeiten, bei denen sich die Maschine bzw. Anlage im Stillstand befinden muss (Austausch von Werkstücken)
- Externes Rüsten: Tätigkeiten, die bei laufender Anlage parallel durchgeführt werden können (z. B. Materialvorbereitung)

Grundsätzlich müssen Unternehmen heutzutage schnell und flexibel auf verschiedene Kundenwünsche reagieren können. Für den Auftragserhalt ist neben Preis und Qualität oft das Lieferdatum entscheidend. Deshalb kann das zeitaufwendige Rüsten im Produktionsprozess als Schwachstelle gesehen werden. Hohe Rüstzeiten sind Treiber für eine hohe Losgrößenbildung, wodurch die Bestände und die Durchlaufzeiten erhöht werden. Dabei nehmen die Flexibilität sowie die Maschinenverfügbarkeit drastisch ab. Dies hat zur Folge, dass sich bei längeren Rüstzeiten eine Verringerung der effizienten Nutzung der Produktionsmittel ergibt. Somit spielt der Rüstprozess eine enorme Rolle im Bereich der Produktion und Instandhaltung.⁷¹

3.2 Analyse- und Planungsmethoden

Für die Analyse und Erleichterung der Planung von Rüstprozessen werden in diesem Unterpunkt dafür ausgewählte Methoden näher beschrieben. Um Optimierungsmaßnahmen einleiten zu können, müssen die Prozesse zuerst transparent gemacht werden. Im Folgenden

⁶⁹ Quelle: Lunau, S. et al (2007): S. 204.

⁷⁰ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 90 ff.

⁷¹ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 90 ff.

wird ein Überblick über die verschiedenen Analyseelemente gegeben, die sich auf die Rüstprozesse beziehen.

3.2.1 Tätigkeitsanalyse

Durch eine Tätigkeitsanalyse werden alle Aktivitäten eines Prozesses eruiert. Außerdem können zusätzlich Informationen bezüglich Optimierungspotentiale im Bereich von Verschwendungen getroffen werden. Dadurch wird Transparenz der Prozesse sowie der Zahlen, Daten und Fakten geschaffen. Bei der Umsetzung ist zu unterscheiden, ob man sich in der Planungsphase befindet oder ob die Prozesse bereits existieren. In der Planungsphase werden die Tätigkeiten betrachtet und aufgelistet, die für den jeweiligen Prozess vorgesehen sind. Jedoch können Fehler bei den Informationen entstehen oder die Informationen ändern sich im Laufe des Projektes, da die Prozesse noch nicht gegeben sind und keine Kontrolle der Plausibilität erfolgen kann. Bei der Analyse der bereits existierenden Prozesse müssen vorab die Mitarbeiter sowie der Betriebsrat informiert werden. Der betreffende Mitarbeiter wird dann von einem Beobachter bei der Durchführung seiner Arbeitsprozesse begleitet, welcher alle Aktivitäten der erbrachten Leistungen notiert. Es ist sinnvoll, die Zeiten sowie die zurückgelegten Wegstrecken aufzuzeichnen. Danach werden alle Informationen in einer Tabelle aufgelistet, und zusätzlich kann eine Unterteilung in wertschöpfende und verschwendungsorientierte Prozesse erfolgen. Ein Beispiel einer solchen Tätigkeitsanalyse ist in Tabelle 2 dargestellt. Dabei werden die Tätigkeiten eines Warenausgangsprozesses mit den entsprechenden Informationen aufgelistet.⁷²

Tabelle 2: Beispiele aus einer Tätigkeitsanalyse im Wareneingang/-ausgang⁷³

Tätigkeit	Zeit [min]	Tätigkeitsart	Laufweg [m]
Verpackungsmaterial holen	4	Verschwendung	120
Warten auf Stapler	2,5	Verschwendung	-
Teile wiegen, im System erfassen	3	Wertschöpfend	4
Kran „holen“ zum Umsetzen	0,5	Unterstützend	20

3.2.2 Rüstzeitanalyse

Auf der Suche nach Maßnahmen für die Optimierung der Rüstprozesse müssen zuerst die Rüstzeiten erfasst werden. Verbesserungsmöglichkeiten lassen sich meistens eher im Bereich der Organisation als bei der Technik finden. Zu Beginn einer Rüstzeitanalyse ist der Abgrenzungsbereich der Daten festzulegen – in Abbildung 12 ist der Ablauf einer Rüstzeitanalyse dargestellt. Nach der Festlegung der Rahmenbedingungen wird der Rüstprozess auf die Einflussgrößen und deren Wirkung hin analysiert. Abschließend werden

⁷² Vgl. Kamiske, G. F. (2015): S. 334 f.

⁷³ Quelle: Kamiske, G. F. (2015): S. 335 (leicht modifiziert).

die Ursachen quantifiziert und einer Bewertung unterzogen. Der Kreislauf schließt sich durch Optimierungsmethoden und deren Maßnahmen, die im Unterpunkt 3.3 beschrieben sind. Ein solcher Prozess ist für die Transparenz von Verschwendungen enorm wichtig.⁷⁴

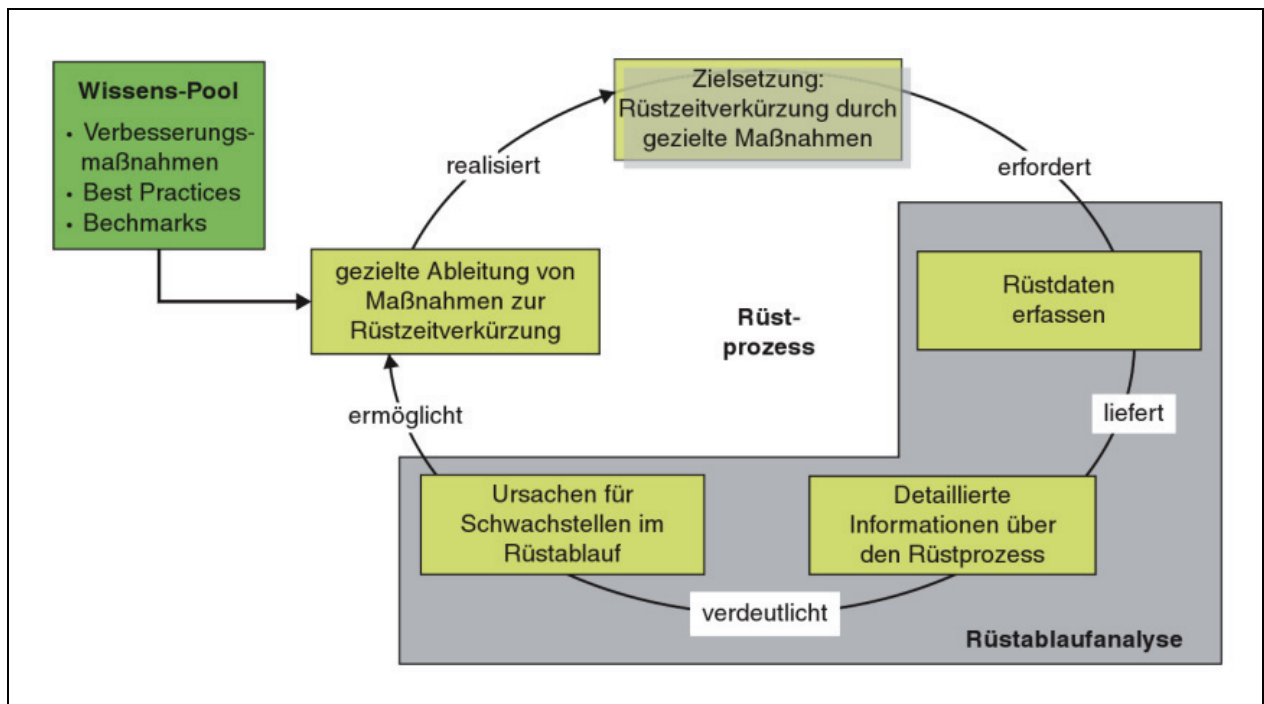


Abbildung 12: Ablauf einer Rüstzeitanalyse⁷⁵

Durch die oben beschriebene Tätigkeitsanalyse können die Aktivitäten des Rüstprozesses erfasst werden. Danach muss eine Erfassung der Rüstzeiten erfolgen, welche sich in folgende Schritte gliedert:⁷⁶

- Festlegen, welche Rüsttypen wie oft aufgenommen werden müssen
- Feststellen, wann Rüstvorgänge stattfinden
- Aufnahme von Rüstvorgängen
- Gespräch mit dem Mitarbeiter
- Auswertung der Rüstaufnahmen

Diese Schritte werden nachfolgend genauer beschrieben.

Festlegen, welche Rüsttypen wie oft aufgenommen werden müssen

Die Rüstvorgänge werden nach bestimmten Rüsttypen eingeteilt, wobei die Einteilung in verschiedene Gruppen anhand der Zeitbereiche erfolgt. Beispielsweise werden diese nach der benötigten Zeit in „kurz“, „mittel“ und „lang“ gegliedert. Der Gedanke dabei ist, dass längere Vorgänge eine höhere Frequenz und einen höheren Anteil an der Gesamtrüstzeit haben, somit sollten bei diesem Rüsttyp mehrere Aufnahmen erfolgen.⁷⁷

⁷⁴ Vgl. Koch, S. (2015): S. 294.

⁷⁵ Quelle: Koch, S. (2015): S. 294.

⁷⁶ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

⁷⁷ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

Feststellen, wann Rüstvorgänge stattfinden

Für diesen Schritt ist eine authentische Rüstaufnahme von Vorteil. Eine vorherige Absprache über die Aufnahmen sollte vermieden werden, da die Ergebnisse sonst durch die Vorbereitung der Mitarbeiter verfälscht werden könnten. Natürlich müssen nach Beendigung der Beobachtungen die Mitarbeiter informiert und alles besprochen werden. Außerdem sollen keine versteckten Aufnahmen erfolgen.⁷⁸

Aufnahme von Rüstvorgängen

Die Aufnahme von Aktivitäten soll nicht die Grundlage für eine Leistungsbeurteilung oder anderes sein, sondern die Potentiale für Optimierungen aufzuzeigen. Eine Aufgliederung der Rüstvorgänge hat den Zweck, gewisse Prozesse genauer unter die Lupe zu nehmen. Natürlich stellt sich hier immer die Frage der Sinnhaftigkeit und der Optimierungspotentiale. Beispielhaft wird nachfolgend ein Ausschnitt eines Spaghetti-Diagrammes (siehe Abbildung 13) abgebildet. Sinn und Zweck dieses Diagrammes ist es, die Laufwege der Mitarbeiter im Rüstprozess aufzuzeigen, um Optimierungsmaßnahmen dieser Verschwendungsart ableiten zu können.⁷⁹

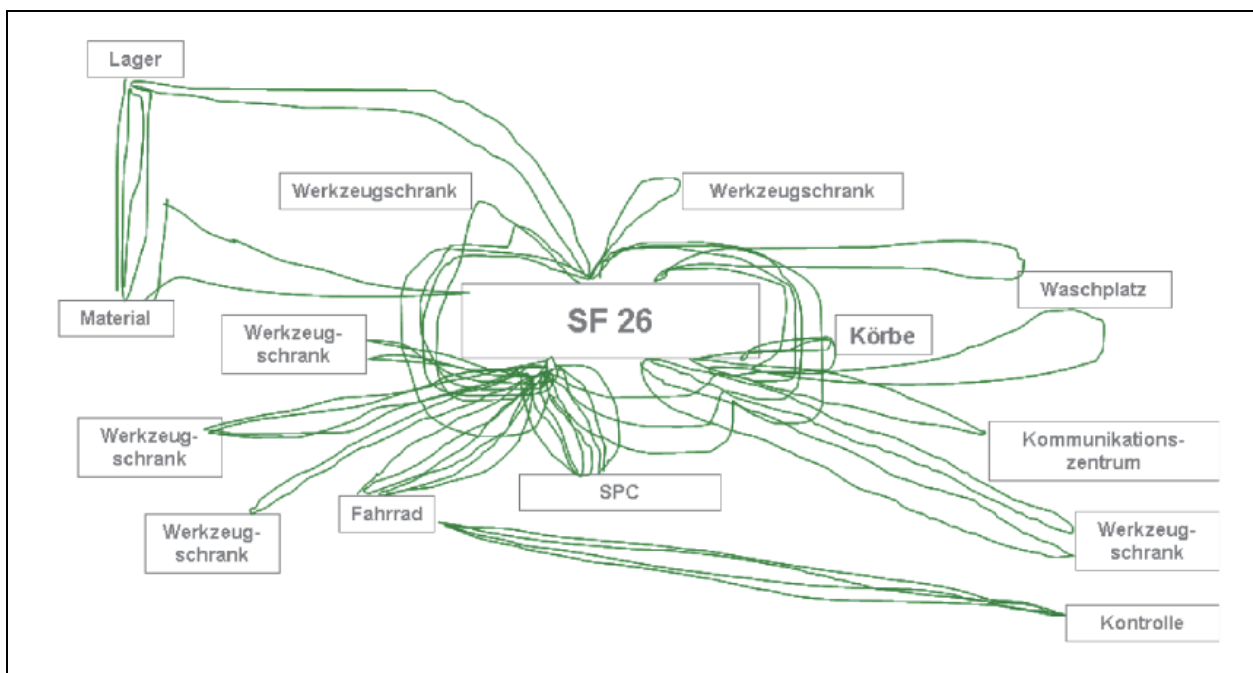


Abbildung 13: Spaghetti-Diagramm der Laufwege⁸⁰

Gespräch mit dem Mitarbeiter

Die Aufzeichnungen werden mit dem Mitarbeiter besprochen, und daraus können Verbesserungen entwickelt werden. Treten beispielsweise häufig Ausnahmen im Prozess auf, könnte dies auf ein Fehlen von Standards hindeuten. Wichtig dabei ist, dass die aufnehmende Person versteht, warum der Mitarbeiter es so gemacht hat.⁸¹

⁷⁸ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

⁷⁹ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

⁸⁰ Quelle: Brenner, J. (2015): S. 48.

⁸¹ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

Auswertung der Rüstaufnahmen

Die Durchführung von Auswertungen wird im Anschluss der Aufnahme erfolgen. Dabei lassen sich zwei Möglichkeiten der Gruppierung definieren. Einerseits könnten die Aktivitäten nach den Gruppen der externen, internen und nicht wertschöpfenden Tätigkeiten erfolgen. Dies ist in Tabelle 3 beispielhaft dargestellt. Aus dieser Tabelle geht hervor, dass der Anteil bei 53 % (44 % + 9 %) für externe und nicht wertschöpfende Tätigkeiten liegt. Dadurch lässt sich der Hebel des Ansatzpunktes bezüglich Verbesserungen ableiten.⁸²

Tabelle 3: Auswertung nach interne, externe und nicht wertschöpfende Tätigkeiten⁸³

Arbeitsschritt	intern [min]	extern [min]	nicht wertschöpfend [min]
Programm abrufen		1	
Programm kontrollieren		2	
Maschine starten	4		
Werkzeug suchen			4
1. Teil	6		
Messuhr einstellen	4	4	
Endmaße holen		5	
Werkzeugkorrektur	12		
Reklamation		15	
Freigabe durch QS	5		
Summe	60	57	12
Gesamtzeit	129		
Anteil	47 %	44 %	9 %

Eine zweite Möglichkeit ist die Gruppierung von Aktivitäten. Dies wird wieder beispielhaft in Tabelle 4 visualisiert, daraus ist erkennbar, dass der erste Punkt, „Einstellen der Werkzeuge“, fast 50 % der Gesamtzeit ausmacht. Aus Erfahrungen können dann Schätzungen bezüglich der Reduzierung getroffen werden.⁸⁴

⁸² Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

⁸³ Quelle: Brenner, J. (2015): S. 49 (leicht modifiziert).

⁸⁴ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

Tabelle 4: Auswertung der Rüstzeiten nach Aktivitäten⁸⁵

Arbeitsschritt	Dauer in Minuten	Anteil an Gesamtzeit	Potential zur Reduzierung
Einstellen der Werkzeuge	230	47 %	15 %
Montieren der Werkzeuge	156	32 %	5 %
Warten	51	10 %	8 %
Suchen	31	6 %	5 %
Transportieren	12	2 %	1 %
Ausbau der Werkzeuge	10	2 %	0 %
Reinigen der Anlage	3	1 %	0 %
Gesamt	493		34 %

Durch diese Methode der Rüstzeitanalyse lassen sich Informationen bezüglich des Rüstprozesses aufzeigen. Die Daten werden in Tabellen gegliedert, daraus leiten sich Verbesserungen im Hinblick auf Rüstzeiten, Tätigkeiten und Wegstrecken ab, wodurch eine Grundlage der Optimierungsmaßnahmen gelegt werden kann.⁸⁶

3.2.3 EKUV-Analyse

Sind die Aktivitäten sowie alle anderen Daten des Rüstprozesses aufgenommen, ist eine EKUV-Analyse sinnvoll. Der Begriff setzt sich aus den Wörtern Eliminieren, Kombinieren, Umstellen und Vereinfachen (im Englischen: ECRS – Eliminate, Combine, Replace, Simplify) zusammen und ist für die Identifikation und Verringerung von Verschwendungen verantwortlich. Dabei werden alle Rüsttätigkeiten des Prozesses notiert und mit der gemessenen Zeit versehen. In einem Team werden dann die einzelnen Tätigkeiten den Kategorien zugeordnet. Die vier Begriffe definieren ihre Aufgaben folgendermaßen:⁸⁷

- **Eliminieren:** Feststellung, welcher Prozessschritt komplett wegfallen kann (= nicht wertschöpfende Tätigkeiten)
- **Kombinieren:** Parallele Durchführung der Aufgaben
- **Umstellen:** Kontrolle der Rüstreihenfolge, Untersuchung, ob dadurch Verschwendungen vermieden werden können
- **Vereinfachen:** Untersuchung, welche Aufgaben mit Hilfsmitteln optimaler gelöst werden können

⁸⁵ Quelle: Brenner, J. (2015): S. 50 (leicht modifiziert).

⁸⁶ Vgl. Brenner, J. (2015): S. 46 ff.

⁸⁷ Vgl. Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 77.

So entsteht durch eine Neustrukturierung ein standardisierter Prozess. In Abbildung 14 ist eine Checkliste einer EKUV-Analyse beispielhaft dargestellt.⁸⁸

Nr.	Rüstschrift	Zeit	Dauer	Eliminieren	Kombinieren	Umstellen	Vereinfachen	Intern	Extern	Dauer	Bemerkung	
		hh:mm:ss	(ist)							(soll)		
		gemessen	Zeit-einheit Sek.							Zeiteinheit min		
Summe der Störungen beim Rüsten												
...												
9	Gegenspindel mit Lappen reinigen	00:06:30	57,00					x				
10	Kombizange von Werkbank geholt	00:08:11	101,00	x				x			Innensechskant in den Auswerfer	
11	Auswerfer mit Kombizange demontiert	00:08:44	33,00				x	x		20,0	siehe Kaizenblatt Punkt 58	
12	neuen Auswerfer montiert	00:09:25	41,00				x	x		20,0	siehe Kaizenblatt Punkt 58	
13	Spannzange Hauptspindel montiert	00:09:52	27,00					x				
14	Spannzange Gengenspindel montiert	00:10:13	21,00					x				
15	Revolver freifahren	00:10:32	19,00					x				
16	Wechseln aller Werkzeuge am Revolver	00:26:05	933,00			x		x			Vorgang in Checkliste beschreiben (Reihenfolge: erst mit Ringschlüssel die Lauen lösen, dann mit Innensechskant die Werkzeugbefestigungen lockern, dann Werkzeug mit Akkuschrauber demontieren (3), dann 3 Werkzeuge mit Akkuschrauber montieren, dann Revolver um 3 Positionen schwenken und 3 mal wiederholen), mit T-Griff anziehen	
..												

Abbildung 14: EKUV-Analyse⁸⁹

Hier ist eine Art Checklistschema zu erkennen, wobei die einzelnen Tätigkeiten mit den zusätzlichen, für den Rüstprozess relevanten Daten dokumentiert sind. Dabei werden die Aktivitäten mit dem EKUV-Prozess überprüft und dokumentiert, wobei Potentiale aufgezeigt und durch Erfahrungen Optimierungen abgeleitet werden können. Ein Beispiel für das Ergebnis einer EKUV-Analyse einer Maschine ist in Abbildung 15 dargestellt. Dieses Diagramm beschreibt die Verbesserungen von Maschinenstillstandszeiten durch die EKUV-Analyse. Dabei ist eine Stillstandsverminderung durch Eliminierung, Kombination, Umstellung und Vereinfachung der Prozesse ersichtlich, welche sich auf 24 Minuten beläuft.⁹⁰

⁸⁸ Vgl. Kruse, J. (2011): S. 8.

⁸⁹ Quelle: Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 78.

⁹⁰ Vgl. Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 77 ff.

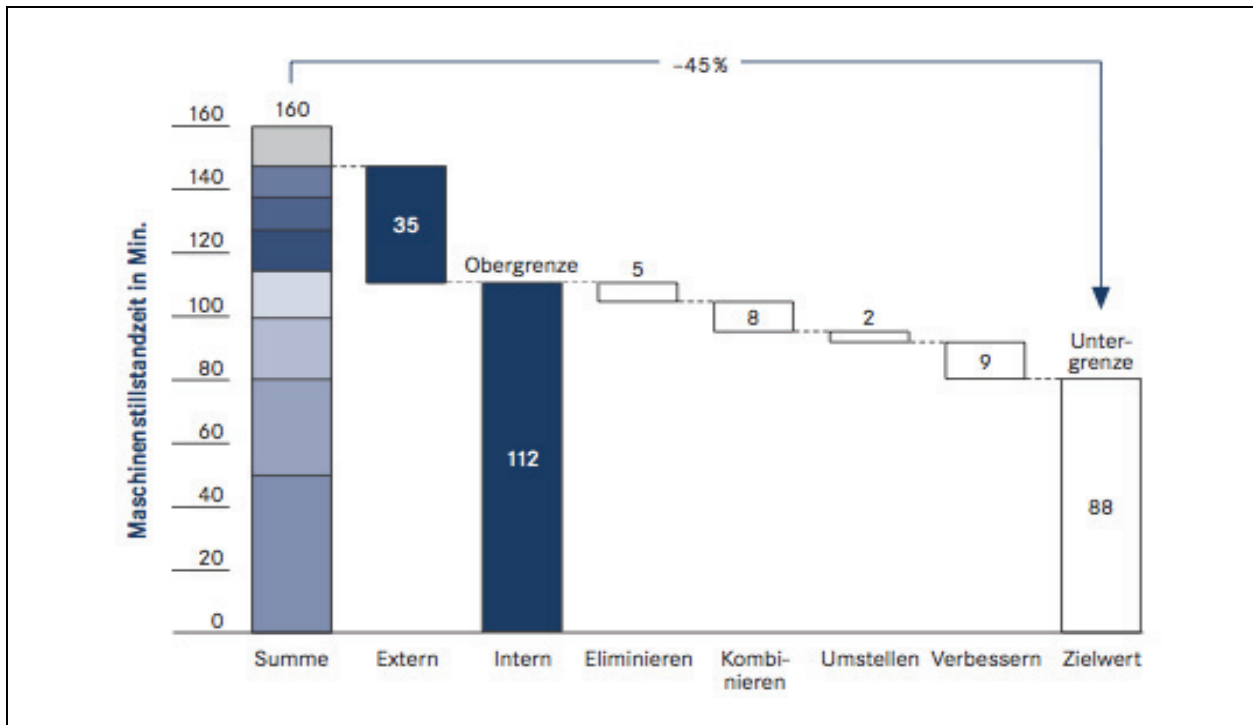


Abbildung 15: Beispiel der Optimierungen durch eine EKUV-Analyse⁹¹

3.3 Effizientere Gestaltung und Optimierung der Rüstprozesse

Durch Optimierungsmethoden zur Gestaltung der Rüstprozesse kann die Rüstzeit enorm reduziert und verbessert werden, was eine Erhöhung der Produktivität einer Anlage zur Folge hat. Im Folgenden werden diese Methoden näher beschrieben und, um ein zufriedenstellendes Ergebnis zu erhalten, auch die unterschiedlichen Techniken erklärt.

3.3.1 SMED-Methode

Längere Rüstzeiten sind Treiber für höhere Lose der Fertigung, dadurch ist ein höherer Bestand erforderlich, was eine Senkung der Produktivität zur Folge hat. Um die definierte Rüstzeit zu verkürzen, wurde die SMED-Methode – Single Minute Exchange of Die (Werkzeugwechsel in weniger als zehn Minuten, also einstellige Minutenzahl) – entwickelt. Dieses Prinzip bezieht sich auf einen schnelleren Werkzeugwechsel, dadurch konnte schon in den Anfangsphasen der Entwicklung dieser Methode die Rüstzeit drastisch reduziert werden, wodurch die Rüstvorgänge nun auf einen Wert von 5 % der vorher benötigten Zeit optimiert werden können. Generell setzt diese Methode eine Unterscheidung der zwei Rüsttypen der externen und internen Vorgänge voraus. Der Fokus liegt auf einer effizienteren Gestaltung der Tätigkeiten und nicht auf einer Erhöhung der Arbeitsleistung der Mitarbeiter. Deutlich wird dies in der nachfolgenden Abbildung 16, wo das Prinzip einfach visualisiert ist.⁹²

⁹¹ Quelle: Kruse, J. (2011): S. 9.

⁹² Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 90 ff.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 236 f.

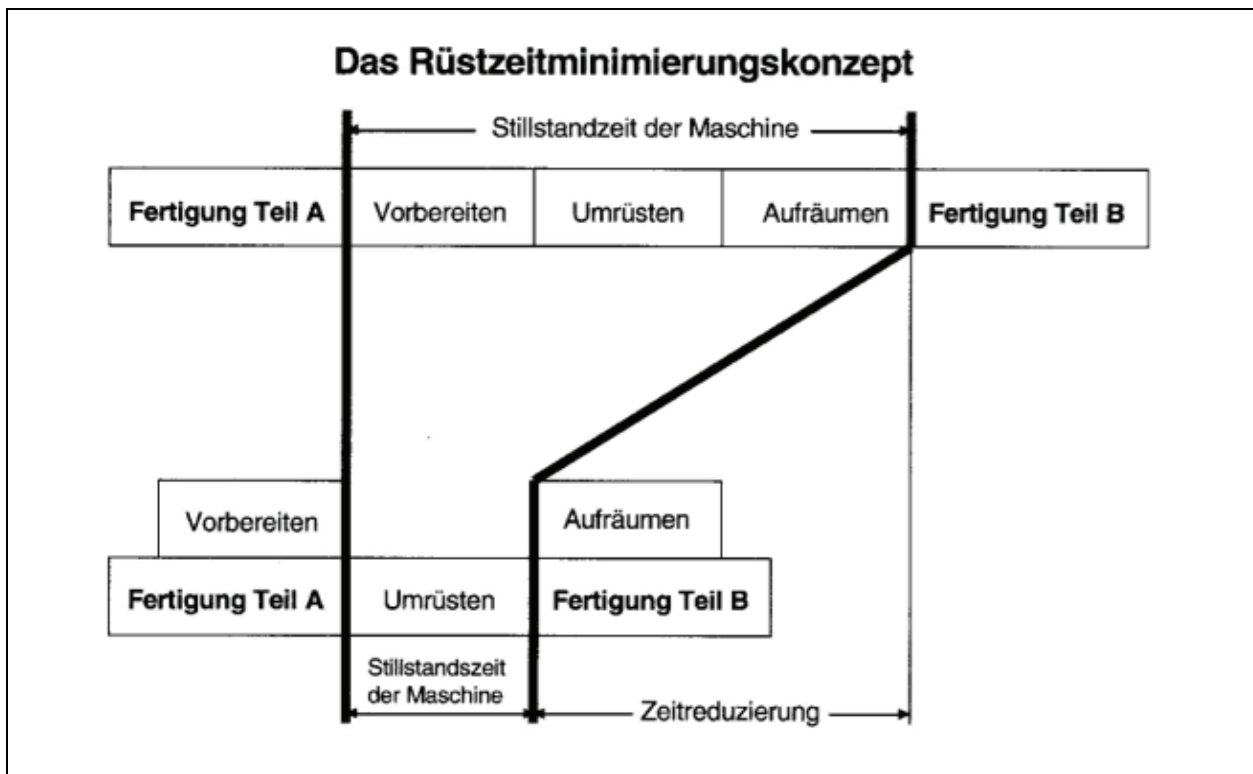


Abbildung 16: Prinzip der Rüstzeitminimierung⁹³

Die SMED-Methode gliedert sich in mehrere Schritte, dadurch werden die Ziele des Konzeptes stufenweise erreicht:⁹⁴

- *Vorstufe:* In dieser Phase gibt es noch keine Differenzierung zwischen den Rüsttypen. Die Schwachstellen des Rüstens werden nur auf der Seite der Werkstätte beseitigt, dadurch sind noch keine Optimierungspotentiale der Rüstzeiten erarbeitet. Jedoch werden die Rüstschritte zeitlich gemessen und anschließend dokumentiert werden.
- *Stufe 1:* Die verschiedenen Tätigkeiten werden in internes und externes Rüsten unterteilt. Als Praxistipp können Checklisten mit Informationen über Bezeichnungen, Normen, Zahlenangaben u. W. verwendet werden.
- *Stufe 2:* Dieser Schritt ist für die Umwandlung von internen in externe Tätigkeiten verantwortlich. Die Aufmerksamkeit soll der Untersuchung der internen Vorgänge gelten, da diese den Prozessfluss verlängern und nicht wertschöpfend sind. Beispiele zur Umwandlung dafür wären eine Vormontage bzw. -justierung der Werkzeuge, Verwendung von Zwischenspannvorrichtungen und die externe Gestaltung von beliebigen Vorgängen.
- *Stufe 3:* Hier sollen noch weitere Reduzierungen der internen Rüstzeiten direkt an der Ursache rationalisiert werden. Bedingungen dafür sind Optimierungen im Bereich der Lagerung, des Transportes, der Einstellarbeiten und der Planung von Parallelarbeiten. Natürlich liegen die Faktoren im Auge der Verfügbarkeit der Ressourcen und der Sinnhaftigkeit.

⁹³ Quelle: Brunner, F. J. (2008): S. 91.

⁹⁴ Vgl. Lunau, S. et al (2007): S. 203 ff.; Vgl. Matyas, K. (2010): S. 237 ff.

- *Zusätzlicher Schritt:* Zudem sollen auch alle neuen Rüstprozesse dokumentiert und standardisiert werden.

Der Ablauf der Stufen der SMED-Methode wird in Abbildung 17 visualisiert. Zusätzlich sind praktische Techniken zu erkennen.⁹⁵

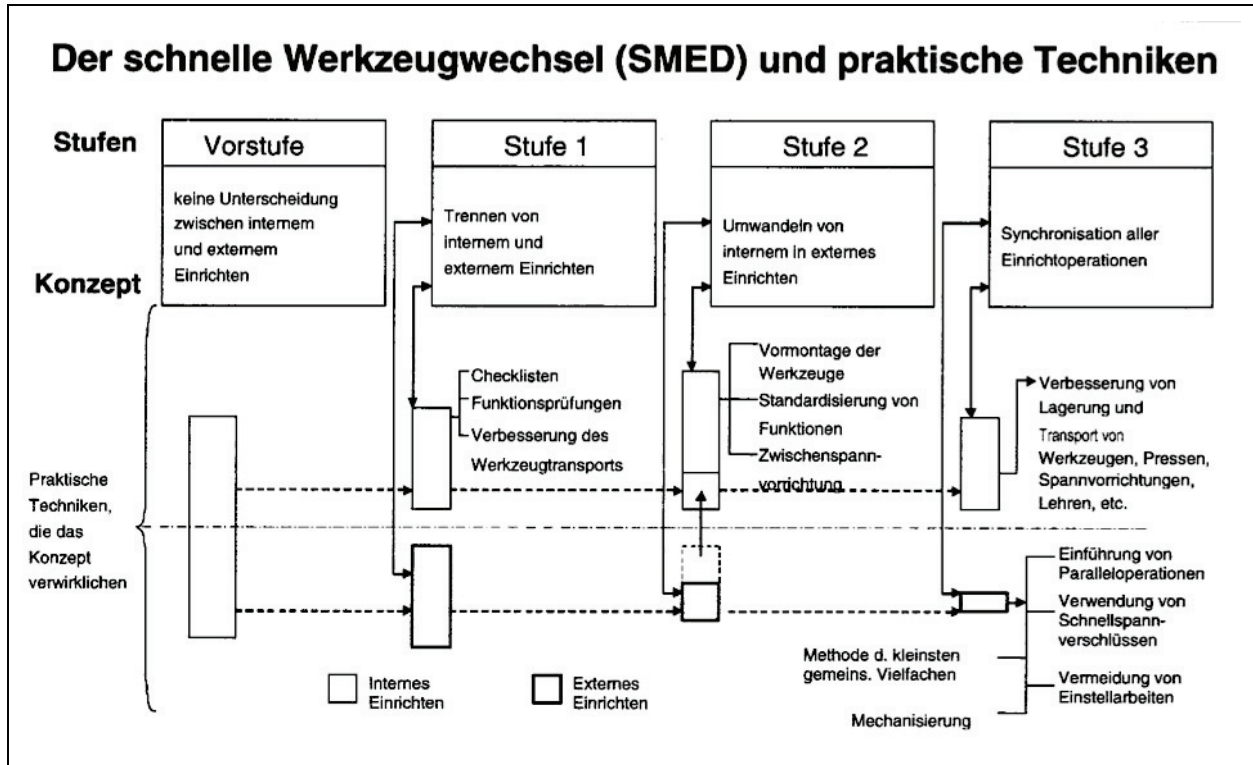


Abbildung 17: Stufen der SMED-Methode⁹⁶

Mit einer Einführung der SMED-Methode sollen die Prozesse flexibler gestaltet werden, bei gleichzeitig schnellerer Geschwindigkeit und minimalen Stückkosten. Dabei werden auch die Faktoren der Nachteile in der Produktivität eliminiert oder optimiert.⁹⁷

Beispielhaft wird in Tabelle 5 eine Auflistung der einzelnen Arbeitsschritte beim Rüsten dargestellt. Die Zeitdauer der Tätigkeiten wird dokumentiert, und zusätzlich erfolgt die Einteilung dieser in internes und externes Rüsten. Hieraus entwickelt sich wieder der Kerngedanke der SMED-Methode, nämlich interne Vorgänge in externe umzuwandeln, um die Stillstandszeit zu minimieren. Eine Standardisierung der Prozesse ist ein wesentlicher Bestandteil der Methode, da alle benötigten Hilfsmittel und Materialien rechtzeitig zur Verfügung stehen müssen und Checklisten dabei helfen. Durch die Trennung von internen und externen Tätigkeiten soll überlegt werden, welche Aktivitäten umgeschichtet werden können. Ausschlaggebend für die optimale Gestaltung des Rüstprozesses ist hauptsächlich, dass das Personal sowie Materialien und Betriebsmittel am Einsatzort zur Verfügung stehen und eine ausreichende Dokumentation der Arbeitsvorgänge bereitgestellt wird. Um die Dauer der

⁹⁵ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 91.

⁹⁶ Quelle: Brunner, F. J. (2008): S. 91; McIntosh, R. I. et al (2000): S. 2380 (leicht modifiziert).

⁹⁷ Vgl. Matyas, K. (2010): S. 237 ff.

Rüstprozesse zu optimieren, können weitere Maßnahmen getroffen werden, die nachfolgend aufgelistet werden.⁹⁸

- Optimale Reihenfolge
- Paralleles Arbeiten
- Aufteilung der Tätigkeiten auf mehrere Mitarbeiter
- Beschreibung der Rüstvorgänge
- Vermeidung von Wegstrecken
- Verdoppelung der Werkzeuge
- Vermeidung von Justierarbeiten
- Bedienerfreundliches Werkzeug

Tabelle 5: Beispiel der Zeitaufnahme einzelner Arbeitsschritte⁹⁹

ID	Tätigkeit	Zeit [min]	intern/extern
35	Spanneisen ansetzen	11,75	intern
36	Wartezeit	2,07	extern
37	Formhälfte einhängen	4,64	intern
38	Reduzierstücke holen	1,74	extern

Durch die Analysen und Erkenntnisse im Team und die stetige Entwicklung neuer Technologien ist die SMED-Methode als dauerhafter Prozess zu sehen. Somit ist es die Aufgabe, die Tätigkeiten sowie die Stillstandszeit auf Fehler zu prüfen und diese ständig zu verbessern.¹⁰⁰

3.3.2 SPEED-Rüsten

Eine weitere Methode, die Rüstzeiten drastisch zu reduzieren, nennt sich SPEED-Rüsten. Die Vorgehensweise orientiert sich an der Kaizen-Philosophie (ständige Verbesserung, diese wird im Punkt 3.4 beschrieben) bezüglich der Einbindung der betroffenen Mitarbeiter, des Eruiens und Eliminierens von Verschwendungen, der Einhaltung der betreffenden Standards und der sofortigen Umsetzung der Verbesserungen. Die Abkürzung SPEED steht für die folgenden Aspekte:¹⁰¹

- **Standardisierung:** Rüstwagen, Rüstabläufe festlegen, Checklisten, Stellflächenkennzeichnung und Visualisierung von Kennzahlen
- **Prozessoptimierung:** Paralleles Rüsten, Rüstmatrix zur Rüstzeitentwicklung, Variantenreduktion und automatische Einspannvorrichtungen

⁹⁸ Vgl. Hermann, C. (2013): S. 264 ff.; Vgl. Moreira, A. C.; Silva Pais, G. C. (2011): S. 134 ff.

⁹⁹ Quelle: in Anlehnung an Hermann, C. (2013): S. 264.

¹⁰⁰ Vgl. Hermann, C. (2013): S. 264 ff.

¹⁰¹ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 1 ff.

- **Eliminierung von Verschwendungen:** Wege und Transport eliminieren, Kran vermeiden, Anfahrtszeiten eliminieren, Ausschuss reduzieren und Justage beseitigen
- **Einrichterqualifizierung:** TPM, Rüstzeitmanagement, Problemlösungstechniken und Teamarbeit
- **Dauerhaftes Training:** Trainieren nach Standardabläufen, Rüstteams, Beobachtungsteams und Videoanalyse

Für das methodische Vorgehen ist eine klare Zielformulierung und Auswahl der richtigen Teilnehmer von Bedeutung. Die Teilnehmer sollten aus den unterschiedlichen Bereichen kommen, damit alle möglichen Sichtweisen und Erfahrungswerte vorhanden sind. Um die Rüstzeiten mit dieser Methode zu optimieren, ist ein Ablauf von sieben Schritten vorgesehen. Diese werden nachfolgend näher erläutert.¹⁰²

Schritt 1: Teambildung und Aufgabenplanung

Nachdem das Team festgelegt ist, werden die Aufgaben in verschiedene Bereiche unterteilt und zugeordnet. Die Gruppierungen richten sich nach Rüstpersonal, Aufnahmeteam, Wegeteam und Beobachtungsteam. Das Aufnahmeteam beschäftigt sich mit der Erfassung der Rüstvorgänge und den dazugehörigen Zeiten. Für die Analyse der verschiedenen Wegstrecken inklusive Aufzeichnung dieser ist das Wegeteam zuständig, für die Erhebung der Verschwendungsquellen sowie Maßnahmen der Verbesserung das Beobachtungsteam. Die unterschiedlichen Teams sind notwendig, um verschiedene Sichtweisen der Prozesse zu erhalten. Somit wird der Ist-Zustand in diesem Schritt beschrieben.¹⁰³

Schritt 2: Erste Umrüstung mit Erfassung des Ist-Zustandes

Es sollen jegliche Informationen bezüglich der Zeiten und der Rüstvorgänge erfasst werden. Dafür werden als Hilfsmittel eine Stoppuhr zur Messung der Zeit, der Layoutplan und das Aufnahmeblatt benötigt. Zur Dokumentation sollten alle Schritte digitalisiert und auch durch Videoaufzeichnungen festgehalten werden. Eine Abklärung der durchzuführenden Tätigkeiten mit dem Betriebsrat soll im Vorhinein erfolgen.¹⁰⁴

Schritt 3: Analyse und Verbesserung

In diesem Schritt werden die vorhandenen Ergebnisse und Erkenntnisse der einzelnen Bereiche dargestellt. Der Rüstablauf wird anhand der erfassten Schritte inklusive Zeiten durch das Aufnahmeteam in einem Balkendiagramm visualisiert. Durch das Rüstteam werden die benötigten Werkzeuge sowie Hilfsmittel den einzelnen Prozessen zugeordnet. Die zurückgelegten Wegstrecken werden im Layout (Spaghetti-Diagramm) eingezeichnet, dadurch kann Verbesserungspotential in diesem Bereich erkannt werden. Nach der Darstellung der verschiedenen Analysen folgt eine Erstellung eines verbesserten Prozessablaufes.¹⁰⁵

¹⁰² Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 1 ff.

¹⁰³ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 2.

¹⁰⁴ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 2.

¹⁰⁵ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 2.

Schritt 4: Umsetzung erster Verbesserungen

Jegliche Verbesserungen werden in kleinen Schritten eingeführt und in Workshops umgesetzt. Dabei geht es um kurz- und mittelfristige Veränderungen der notierten Schwachstellen. Nachdem die Optimierungen definiert sind, muss sich das Rüstpersonal auf den neuen Prozess einstimmen und diesen auch anwenden. Veränderungen lassen sich meistens sofort nach dem zweiten Rüstvorgang aufzeigen, dadurch kann entschieden werden, ob die Maßnahmen ausreichend und wirksam sind.¹⁰⁶

Schritt 5: Wiederholung der ersten Umrüstung nach neuem Drehbuch

Nach den Maßnahmen wird derselbe Rüstprozess ein zweites Mal durch die verschiedenen Teams analysiert. Dadurch können die beiden Ergebnisse aus Schritt zwei und Schritt fünf verglichen werden. Die nach dem zweiten Rüstprozess erkannten Potentiale werden in einem Maßnahmenplan festgehalten, um die Schwachstellen kontinuierlich zu verbessern.¹⁰⁷

Schritt 6: Analyse und Verbesserungen

Hierbei findet eine Erstellung von Formblättern und Checklisten der eingetroffenen Ergebnisse statt. Diese dienen zur Standardisierung der Prozesse und stellen einen Überblick der Tätigkeiten dar. Enorme Wichtigkeit besitzt auch die Schulung der Mitarbeiter, vor allem jener, die nicht an dem Workshop teilgenommen haben und die Informationen noch nicht besitzen. Eine konsequente Durchführung ist erforderlich, da sonst die Wiederholung der vorangegangenen Schritte erforderlich werden könnte.¹⁰⁸

Schritt 7: Entwicklung eines Rüstboards zur Zielkontrolle

Ein Rüstboard soll zur Planung, Steuerung und Kontrolle der Optimierungen der Rüstprozesse dienen. Alle geplanten Umrüstungen werden visualisiert, inklusive der Ablaufpläne, Rüstzeiten und Entwicklungen der Prozesse. Einerseits soll dieses Board der Motivation der Mitarbeiter durch die Darstellung der gemeinsam erzielten Erfolge dienen, und andererseits bedeuten die Visualisierungen die Grundlage eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses.¹⁰⁹

Durch die SPEED-Methode kann bei relativ geringen Investitionen eine Zeitverkürzung im Bereich von 50 % erreicht werden. Zudem stellt dieses Prinzip die Philosophie der kontinuierlichen Verbesserung in den Vordergrund, womit nachhaltige Optimierungen erzielt werden können.¹¹⁰

3.3.3 Sechs-Stufen-Methode

In der Literatur werden noch weitere Varianten der Optimierung der Rüstprozesse beschrieben. Es lassen sich gewisse Ähnlichkeiten in Bezug auf das Schema ableiten, dennoch wird in diesem Unterpunkt eine weitere Methode zur Rüstzeitreduzierung betrachtet. Allgayer definiert den Prozess wie folgt: Vorab soll überprüft werden, ob die Rüstaktivitäten ganz vermieden werden können. Für eine Eliminierung der Rüstvorgänge spielen die Faktoren der Planung der

¹⁰⁶ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 3.

¹⁰⁷ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 3.

¹⁰⁸ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 3.

¹⁰⁹ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 3.

¹¹⁰ Vgl. Kaizen Institute (2007): S. 4.

Auftragsreihenfolge, sowie auch der Bereich der Entwicklung und Konstruktion zur Standardisierung, eine bedeutende Rolle. Die restlichen Rüstvorgänge werden nach einer Sechs-Stufen-Methode optimiert, welche in Abbildung 18 dargestellt und danach Schritt für Schritt beschrieben werden.¹¹¹

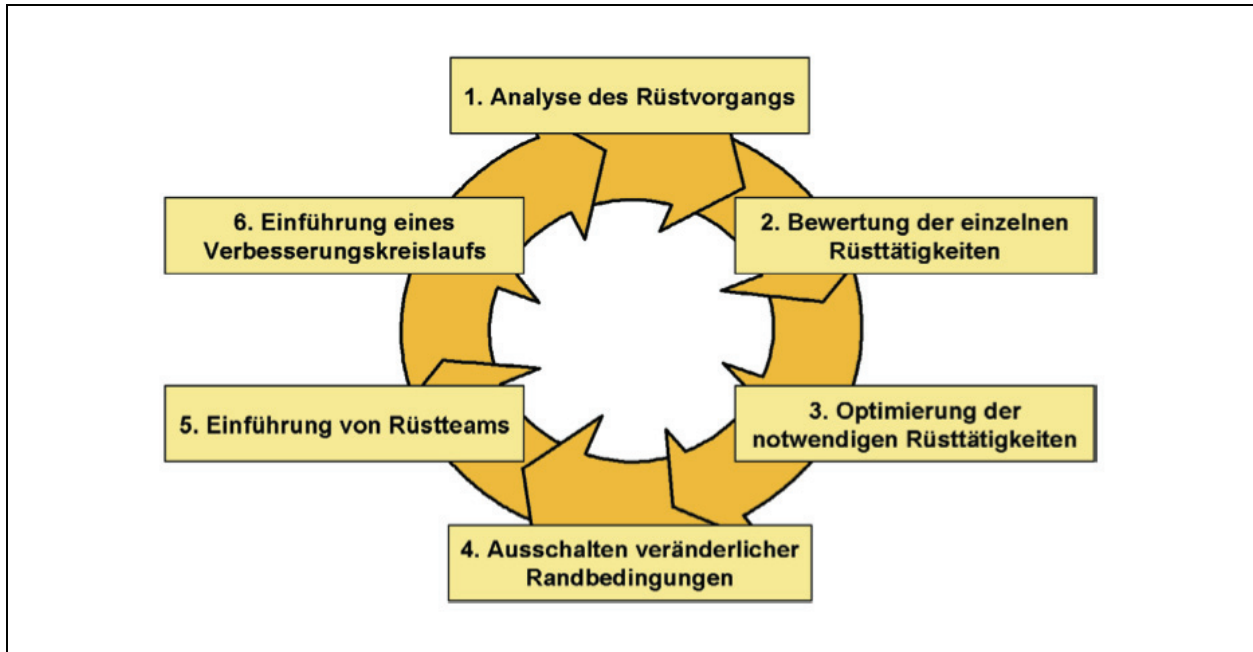


Abbildung 18: Sechs-Stufen-Methode¹¹²

1. Analyse des Rüstvorgangs

In dieser Stufe geht es um die Erfassung der Ist-Situation, wobei die Rüstvorgänge für den jetzigen Zustand untersucht werden sollen. Als eine optimale Hilfsmethode dient eine Videoanalyse. Jegliche Aktivitäten sollten mit einer Videokamera aufgezeichnet werden, damit diese anschließend analysiert werden können. Dabei wird ein Team aus den verschiedenen Bereichen des Unternehmens zusammengestellt, welche dann die Aufzeichnungen untersuchen. Dabei werden die einzelnen Rüstschritte identifiziert, die Zeiten aufgenommen und die Hilfsmittel des Prozesses dokumentiert.¹¹³

2. Bewertung der einzelnen Rüsttätigkeiten

Nachdem alle Rüsttätigkeiten identifiziert wurden, erfolgt eine Einteilung dieser in interne und externe Aktivitäten. (interne und externe Vorgänge wurden bereits im Unterpunkt 3.3.1 beschrieben) Nach der Bewertung und Kennzeichnung der Tätigkeiten ist nun eine richtige Organisation entscheidend. Eine perfekte Vorbereitung der externen Vorgänge, ergibt eine Verringerung von Unterbrechungen des Arbeitsablaufs, und dies wirkt sich positiv auf die Stillstandszeit des Rüstprozesses aus.¹¹⁴

¹¹¹ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 69 ff.

¹¹² Quelle: Allgayer, F. (2003): S. 69.

¹¹³ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 70.

¹¹⁴ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 70.

3. Optimierung der notwendigen Rüsttätigkeiten

In der dritten Stufe geht es um die Verbesserung der Prozesse und die Verminderung von Verschwendungen. Die Begriffe Organisation und Weiterentwicklung spielen dabei eine wesentliche Rolle. Es sollen Optimierungen mit Hilfe organisatorischer Mittel erzielt werden. Darüber hinaus müssen Werkzeugschränke und Regale auf einfache Weise eingeteilt und beschriftet werden, damit sich die Werkstücke leicht finden lassen. Die Begriffe Sauberkeit und Ordnung kommen dabei zum Tragen. Zudem sollen auch die technischen Prozesse optimiert werden.¹¹⁵

4. Ausschalten veränderlicher Randbedingungen

Prozesse lassen sich durch verschiedene Eigenschaften beeinflussen. Dabei müssen unerwünschte Variablen, die einen großen Einfluss haben, eliminiert oder in ihrer Auswirkung eingeschränkt werden.¹¹⁶

5. Einführung von Rüstteams

Im fünften Schritt kommt es zu einem Einsatz von Rüstteams. Diese Gruppen haben die Aufgabe, gemeinsam Verbesserungen der Ziele im Hinblick auf die Rüstzeitreduzierung zu erreichen. Jedem Teammitglied wird eine spezielle Rolle und Aufgabe zugewiesen, durch das tägliche Rüsten mit Eigenverantwortung für den Prozess können die Ziele erreicht werden.¹¹⁷

6. Einführung eines Verbesserungskreislaufs

Auch nach dem Erreichen gewisser Ziele müssen stets weitere Verbesserungen erfolgen. Durch spezielle Grafiken und Kennzahlen werden die Prozesse transparent gemacht und können dadurch stets optimiert werden.¹¹⁸

Ähnlich den anderen Methoden wirkt sich auch dieses Verfahren positiv auf die Rüstzeiten sowie die Bestände und Flexibilität aus. Außerdem benötigt man für dieses Sechs-Stufen-Modell nur ein geringes Maß an Investitionsmitteln, wodurch es auch eine sehr lukrative Methode ist.¹¹⁹

3.4 Standardisierung und Weiterentwicklung von Prozessen

Der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) bezieht sich auf den japanischen Begriff Kaizen („Veränderung zum Besseren“ – „kai“ = ändern; „zen“ = das Gute). Systeme sollen dabei einen Kreislauf durchmachen, mit dem Ziel, etwaige Verschwendungen zu identifizieren und zu minimieren, wobei dies kontinuierlich und in kleinen Schritten erfolgt. Prozesse können dadurch Schritt für Schritt standardisiert, weiterentwickelt und wieder standardisiert werden. In dieser Arbeit wurde bereits auf verschiedene Grundlagen des Kaizen-Gedanken eingegangen, Beispiele dafür sind das 5-S-Programm von TPM bezüglich Ordnung, Sauberkeit und Disziplin sowie die Vermeidung der drei Mu's (Muda, Muri, Mura).¹²⁰

¹¹⁵ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 70.

¹¹⁶ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 70 f.

¹¹⁷ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 71.

¹¹⁸ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 71.

¹¹⁹ Vgl. Allgayer, F. (2003): S. 71 f.

¹²⁰ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 11 ff.; Vgl. Kostka, S.; Kostka, C. (2013): S. 12 ff.

Der KVP-Ansatz wird als evolutionär verstanden, dem steht der revolutionäre Innovationsprozess gegenüber. Diese beiden Ansätze sollen als Kombination erfolgen, was in Abbildung 19 ersichtlich ist.¹²¹

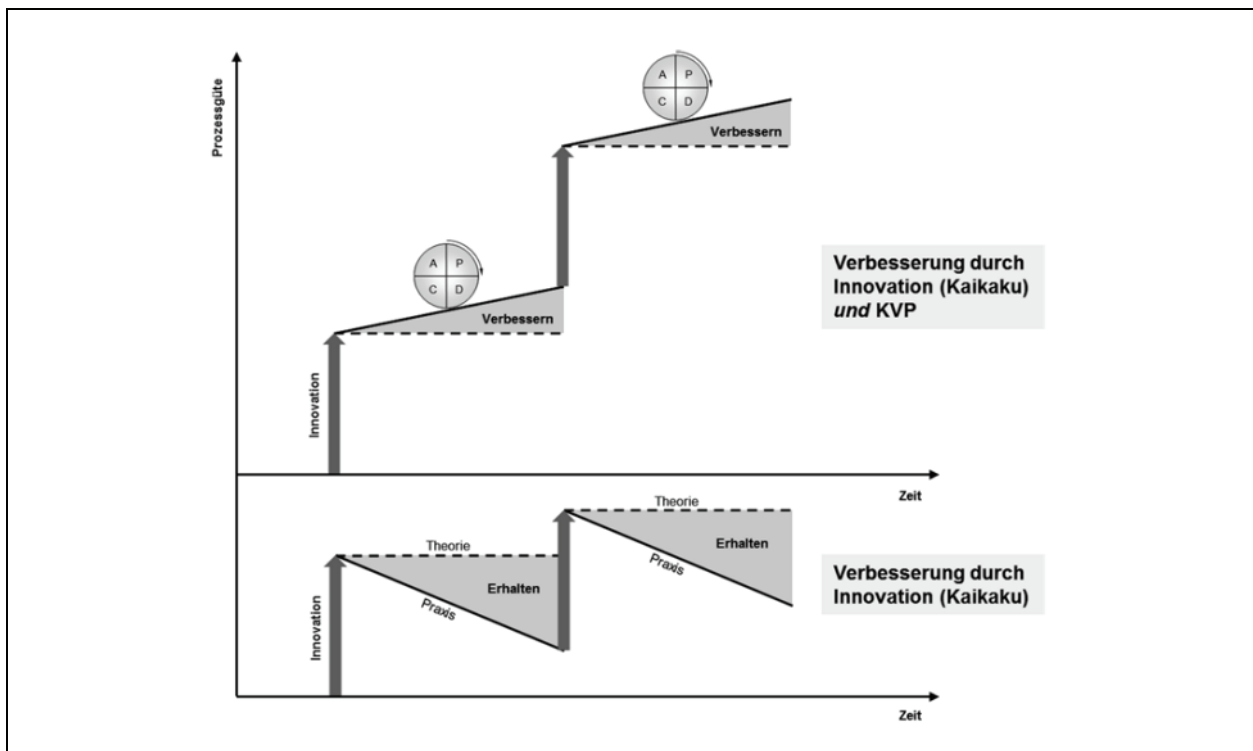


Abbildung 19: Verbesserung durch Innovation und KVP¹²²

Im unteren Bereich der Abbildung erkennt man die alleinige Verbesserung durch Innovation (Kaikaku als Synonym dafür). Veränderungen durch Managementkonzepte oder neue Produktionstechniken führen zu einem Verfall der Innovation. Dadurch müssen Anstrengungen aufgebracht werden, um einen Erhalt der Güte zu sichern. Kaizen hat die Aufgabe, Prozesse in kleinen Schritten zu verbessern und zu standardisieren, damit das Innovationsniveau nicht wieder sinkt. Erreichte Standards sollen stets verbessert werden, um die Qualität zu erhöhen. Dies erfolgt nach einem Kreislauf, dem PDCA-Zyklus, und ist im oberen Abschnitt von Abbildung 19 ersichtlich.¹²³ Die wichtigsten Ressourcen für die Erreichung der Verbesserung von Prozessen sind die Ideen der eigenen Mitarbeiter im Unternehmen. Jeder Mitarbeiter soll in seinem Arbeitsbereich dafür verantwortlich sein, Schwachstellen zu erkennen und daraus Verbesserungsmaßnahmen zu entwickeln. Das Streben nach Verbesserung soll im Prozess gelebt und verankert werden. Qualität und Liefertreue sollen dabei optimiert und Kosten gesenkt werden. Aus diesen Zielen entstand, wie bereits erwähnt, der PDCA-Zyklus, welcher folgendermaßen erklärt wird:¹²⁴ Entwickelt wurde der PDCA-Zyklus von William Edwards Deming, weshalb er auch Demingkreis genannt wird. Er soll im Sinne einer ständigen Verbesserung und als Problemlösungsprozess aufgefasst werden. Durch die Festlegung immer

¹²¹ Vgl. Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 50.

¹²² Quelle: Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 51.

¹²³ Vgl. Brunner, F. J. (2008): S. 26 f.

¹²⁴ Vgl. Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 52 f.

kleiner definierter Etappenziele können diese dann gemeinsam mit den Mitarbeitern und Führungskräften mit dem Zyklus erarbeitet werden. Durch unterschiedliche Fähigkeiten der Mitarbeiter erhält man ein breites Spektrum an Vorschlägen und Erfahrungen. Dieser Kreislauf wird in vier Phasen unterteilt und ist in Abbildung 20 visualisiert.¹²⁵

PDCA-Zyklus: Plan – Do – Check – Act¹²⁶

1. Plan: Dabei soll festgelegt werden, was die verschiedenen Ziele sind und welche Methoden man für die Zielerreichung verwendet. Der Kreis beginnt zu rollen.
2. Do: Umsetzung und Steuerung der Strategien, um die Ziele zu erfüllen.
3. Check: Kontrolle und Überprüfung, ob die Qualitätsanforderungen mit den Zielen übereinstimmen. (Soll-Ist-Vergleich)
4. Anpassungen der Veränderungen und Korrekturmaßnahmen festlegen.

Dabei ist es enorm wichtig, den Zyklus ständig zu wiederholen, damit die Schwachstellen mehr und mehr eingegrenzt werden und die Probleme beseitigt werden können. Dabei steht die Betrachtung der vorherigen Zyklen im Vordergrund, um aus den gewonnenen Erfahrungen zu lernen und eine ständige Verbesserung in kleinen Schritten zu verwirklichen. Diese Methode ist für die weitere Entwicklung bereits geplanter bzw. bestehender Prozesse enorm wichtig, da mit der Zeit immer mehr Optimierungen in den Vordergrund rücken, die zu Beginn nicht transparent sind. Durch diese kontinuierliche und ständige Verbesserung in kleinen Schritten werden Prozesse, auch die in diesem Kapitel beschriebenen Rüstprozesse, auf ihre Ursachen von Fehlern hin analysiert und stets weiterentwickelt und standardisiert. Der Keil (= Standardisierung) dient zur Absicherung der erreichten Verbesserungen. Eine wichtige Rolle dabei spielt das Einhalten der definierten Standards, also auch das Leben dieses kontinuierlichen Verbesserungsprozesses, um die Bedeutung der Faktoren nicht aus den Augen zu verlieren.¹²⁷

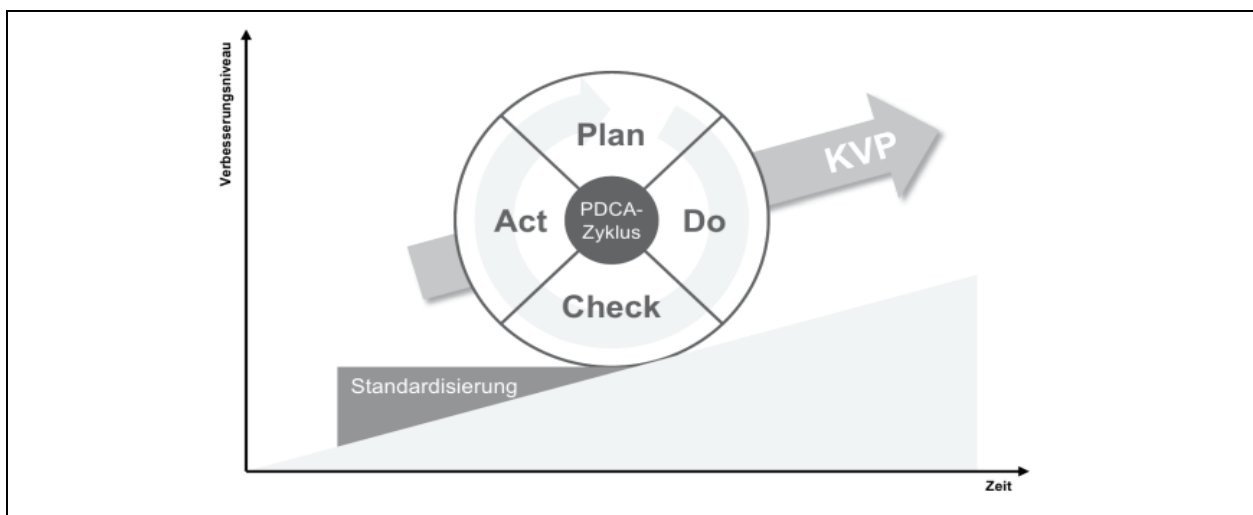


Abbildung 20: PDCA-Zyklus nach Deming¹²⁸

¹²⁵ Vgl. Weimann, E.; Weimann, P. (2013): S. 41 f.

¹²⁶ Vgl. Weigert, J. (2004): S. 68 ff.

¹²⁷ Vgl. Weigert, J. (2004): S. 68 ff.

¹²⁸ Quelle: Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): S. 53.

Vergleicht man Betriebe, die KVP nicht verwenden mit jenen Unternehmen, die diese Methode bereits genutzt haben, und wiederum jenen, die diese Strategie bereits im Betrieb leben, das heißt, in hohem Umfang nutzen, zeigt sich nach dem Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung folgende Verteilung der Kennzahlen Produktivität, Ausschussquote und Umrüstzeit: (siehe Abb. 21)¹²⁹

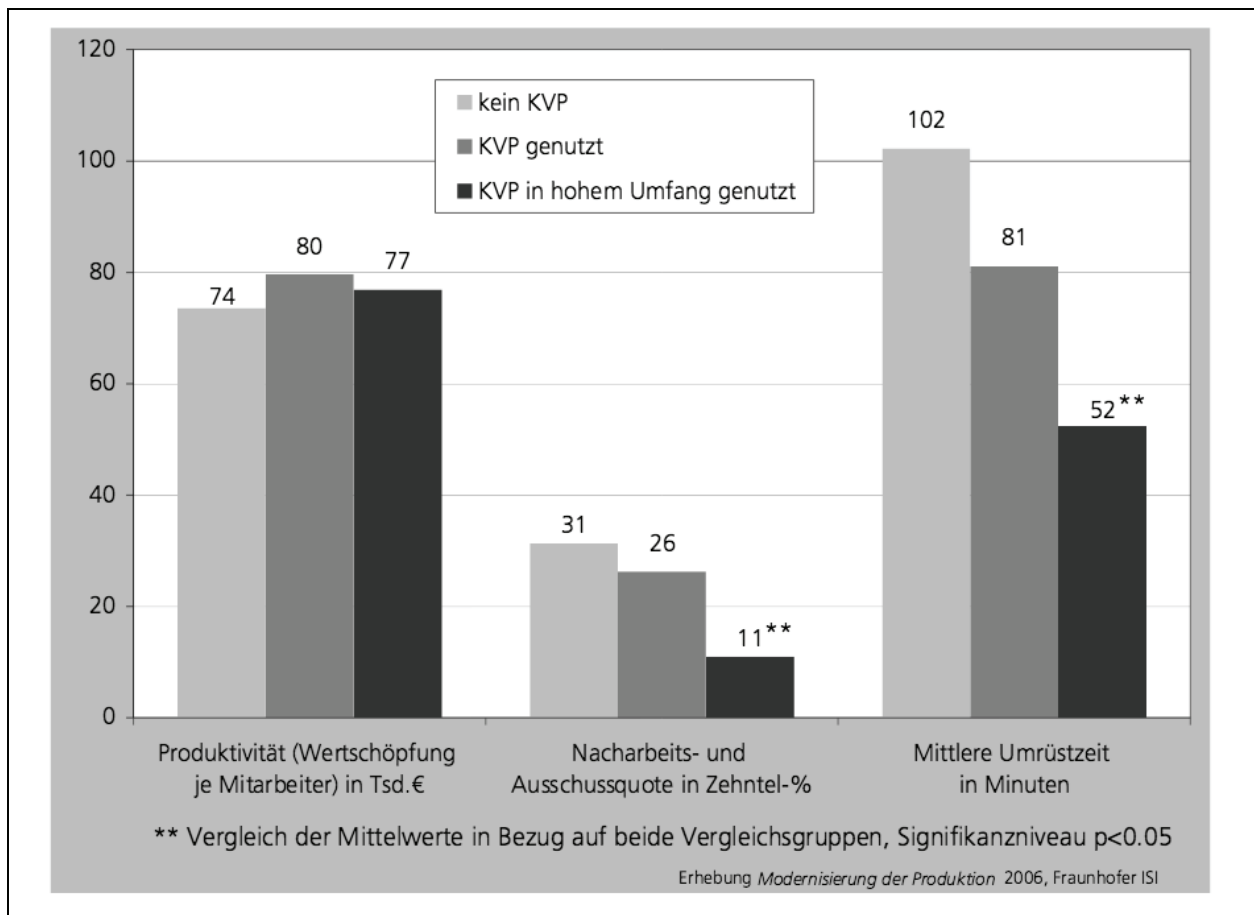


Abbildung 21: Effekte der KVP-Nutzung¹³⁰

Ganz klar zu erkennen, ist der Unterschied der mittleren Umrüstzeit in Minuten bei den drei verschiedenen Varianten. Dabei ist ersichtlich, dass die Zeit für Umrüstprozesse bei Betrieben, die KVP gründlich nutzen, mit 52 Minuten deutlich kürzer ist als bei jenen, die KVP nicht oder nicht oft nutzen. Die Produktivität muss nicht immer abhängig von anderen Wirkungen der organisatorischen oder technischen Innovation sein. Durch diese organisatorischen Maßnahmen können Prozesse verbessert werden, ohne negative Einflüsse auf die Produktivität zu haben. Andererseits erkennt man das nicht genutzte Verbesserungspotential bei den einzelnen Faktoren. Prozesse sind dadurch transparenter, und es können Maßnahmen zur Verbesserung abgeleitet werden. Da KVP auf Prozessinnovation und damit verbundene Verbesserungen der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit abzielt, ist dieses Konzept ein wichtiger Bestandteil eines ganzheitlich ausgerichteten Innovationsmanagements.¹³¹

¹²⁹ Vgl. Fraunhofer Institut (2006): S. 10 f.

¹³⁰ Quelle: Fraunhofer Institut (2006): S. 10.

¹³¹ Vgl. Fraunhofer Institut (2006): S. 10 ff.

3.5 Zusammenfassung

Der Rüstprozess bezeichnet alle Tätigkeiten, die vorgenommen werden, damit Maschinen bzw. Anlagen in der geforderten Einstellung mit den zusätzlichen Betriebsmitteln zur Verfügung stehen. Dieser Prozess gilt als nicht wertschöpfende Aktivität und muss somit optimiert werden. Dadurch kann die Effizienz und Effektivität einer Anlage erhöht werden. Vorab ist eine Analyse der Rüstprozesse durch spezielle Methoden sinnvoll, um diese transparent zu machen und Verbesserungspotentiale aufzuzeigen. Als bekannte Methode ist die SMED-Methode zu nennen. Dies bezeichnet ein Verfahren, das die Rüstzeit einer Anlage reduzieren soll. Der Fokus liegt auf einer effizienteren Gestaltung der Tätigkeiten und nicht auf einer Erhöhung der Arbeitsleistung der Mitarbeiter. Dabei wird durch organisatorische Optimierungen die gesamte Zeit des Rüstvorganges reduziert. Mit dem Prinzip des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses können jegliche Prozesse in kleinen Schritten optimiert und standardisiert werden, sodass es nicht zu einer Redundanz an Maßnahmen kommt.

4 Analyse der Rüstprozesse einer sich in Montage befindlichen Drahtwalzstraße

Nachdem in den vorherigen Kapiteln die für diese Arbeit vorausgesetzte Theorie erklärt wurde, befasst sich dieser Abschnitt mit der praktischen Herangehensweise an die gestellte Aufgabe. Zuerst wird das Unternehmen vorgestellt und die Ausgangssituation beschrieben, um die Notwendigkeit der Thematik darzustellen. Anschließend wird die Vorgehensweise der Ist-Analyse erklärt und auf die Ergebnisse dieser eingegangen. Der Hauptteil dieses Kapitels befasst sich mit der Analyse der Rüstprozesse und Betriebsmittellogistik der Drahtwalzstraße. Zudem wird ein Übersichtsplan der Rüstvorgänge (= Rüstmatrix) der Anlage erstellt. Darauf aufbauend werden spezielle Methoden angewandt, um die Betriebsmittellogistik und Personalverfügbarkeit analysieren und bewerten zu können. Dabei werden verschiedene Varianten verglichen, und es erfolgt eine Beurteilung der Ergebnisse. Zum Abschluss wird die Kranverfügbarkeit einer weiteren detaillierten Analyse unterzogen, um die Entscheidung für eventuelle Investitionen zu erleichtern.

4.1 Firmenvorstellung

In diesem Unterkapitel werden die wichtigsten Eckdaten der voestalpine AG und der voestalpine Wire Rod Austria GmbH aufgezeigt.

4.1.1 Voestalpine AG

Die voestalpine AG mit Hauptsitz in Linz ist auf allen fünf Kontinenten vertreten und besteht aus insgesamt vier Divisionen. Die Aufteilung erfolgt nach der Steel, der Special Steel, der Metal Engineering und der Metal Forming Division, die Sparten sind in der nachfolgenden Abbildung 22 dargestellt.¹³²

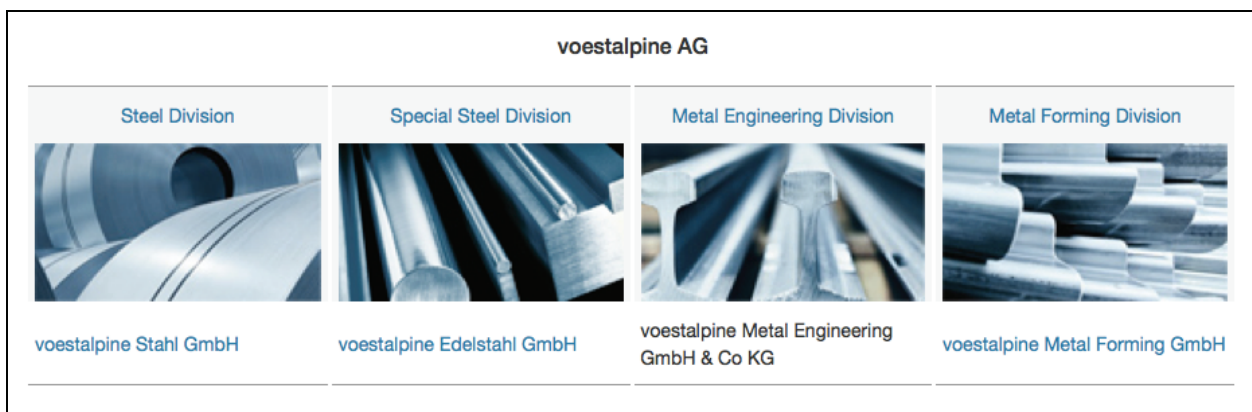


Abbildung 22: Divisionen der voestalpine AG¹³³

¹³² Vgl. voestalpine, <http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/ueberblick/>, (Zugriff: 03.07.2015).

¹³³ Quelle: voestalpine, <http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/organigramm/>, (Zugriff:03.07.2015).

Der Konzern liefert qualitativ hochwertige Produkte aus allen Bereichen der Divisionen. Er ist nicht nur Weltmarktführer in der Weichentechnologie, dem Spezialeschienenbereich, Werkzeugstahl und Spezialprofilen, sondern auch führender Anbieter in der Automobilindustrie, Wire Technology sowie in der Öl- und Gasindustrie.¹³⁴

4.1.2 Voestalpine Wire Rod Austria GmbH

Die voestalpine Wire Rod Austria GmbH gehört zu der Metal-Engineering-Division. Diese Sparte bündelt jegliche Stahlaktivitäten in den Bereichen der Schientechnik, Weichentechnik, Schweißtechnik sowie Stahl- und Drahtherstellung.¹³⁵

Das Unternehmen mit Standort in Sankt Peter-Freienstein (Österreich) produziert jährlich 500.000 t hochqualitativen Walzdraht. Im Wesentlichen handelt es sich um Seil- und Federstähle, Kaltstauchgüten, Wälzlagerstähle, Edelbaustähle und Kettenstähle. Diese Erzeugnisse werden in den unterschiedlichsten Wirtschaftsbereichen vertrieben und weiterbearbeitet. Die Halbzeuge, die sogenannten Knüppel, werden von der voestalpine Stahl Donawitz GmbH angeliefert. Anschließend kommt es im Hubbalkenofen zur Erwärmung der Knüppel und in der Walzstraße zur Umformung zum gewünschten Produkt. Durch die Möglichkeit eines temperaturgeregelten Walzens können die unterschiedlichsten Qualitäten von Stahl erzielt und variiert werden.

4.2 Ausgangssituation

Seit ca. 36 Jahren wird bei der Firma voestalpine Wire Rod Austria GmbH auf der Altanlage Walzdraht produziert. Die Produktionsweise hat sich mit den Jahren verändert und weiterentwickelt. Durch neue Technologien und Qualitätsaspekte, die der Markt fordert, muss man neue Investitionen tätigen, um konkurrenzfähig zu bleiben und die Leistungen und Flexibilität der Drahtproduktion nachhaltig zu verbessern. Deshalb beschloss die voestalpine Wire Rod Austria GmbH, in eine neue, modernere Drahtwalzanlage zu investieren. Der Anlagenbau wurde mit der italienischen Firma Danieli Morgardshammar realisiert. Mit der Errichtung des weltweit fortschrittlichsten Drahtwalzwerkes sollen ein nachhaltiger Energieeinsatz und ein ergonomisch abgestimmtes Arbeitsumfeld für die Mitarbeiter geschaffen werden. Dabei sollen sich die Faktoren Qualität, Flexibilität und Produktivität im Vergleich zur alten Anlage erhöhen.

Es gibt Unterschiede zwischen der alten und der neuen Anlage. Ein wesentlicher ist, dass es sich bei der Altanlage um eine zweiadrige Straße, bei der neuen Anlage nur noch um eine einadrige handelt. Daraus können sich bei der neuen Anlage zusätzliche Stillstände ergeben, falls unvorhersehbare Probleme auftreten. Aufgrund der einadrigen Anordnung der Walzstraße kann nicht mehr produziert werden, und dies wirkt sich wiederum auf eine Senkung der Produktivität aus. Zudem entsteht durch eine andere Konfiguration der neuen Anlage ein anderes Konzept der Produktionsabläufe. Die Neuanlage verfügt über komplexere Aggregate,

¹³⁴ Vgl. voestalpine, <http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/ueberblick/>, (Zugriff: 03.07.2015).

¹³⁵ Vgl. voestalpine, <http://www.voestalpine.com/group/de/divisionen/metal-engineering/>, (Zugriff: 09.07.2015).

und deshalb muss der Ablauf an das bestehende System angepasst werden. Außerdem besitzt diese Anlage einen höheren Automatisierungsgrad der Elemente. Darum muss das Personal geschult werden, um die Qualifikation in den verschiedenen Arbeitsbereichen zu erlangen. Die beiden Walzstraßen sind nicht 1:1 vergleichbar, jedoch besitzen die Produktionsleitung sowie die Verantwortlichen Erfahrungswerte aus den alten Prozessen. Aufgrund dessen sollen die Rüstprozesse möglichst effizient gestaltet werden, um eine hohe Produktivität der neuen Anlage zu gewährleisten. Dabei soll eine Analyse der Rüstprozesse erfolgen, um optimal auf die Inbetriebnahme der neuen Anlage vorbereitet zu sein.

4.2.1 Ist-Analyse und Projektplanung

Nach dem Vorstellen der Ausgangssituation der voestalpine Wire Rod Austria GmbH wird nun auf die Ist-Analyse und der Projektplanung der Arbeit eingegangen. Die betreffenden Punkte werden in mehreren Bereichen zusammengefasst, um einen klaren Überblick zu verschaffen und die Inhalte verständlich zu vermitteln.

Ziele der Ist-Analyse

Die Ziele legen die Rahmenbedingungen fest, wobei die unterschiedlichen Aufgabenbereiche der Ist-Analyse wie folgt definiert sind:

- Anlagen und Komponenten kennenlernen
- Prozessbeschreibung
- Pläne und Ressourcen
- Erarbeiten eines Leitfadens
- Einarbeiten in die Themengebiete

Diese Punkte sind die Kernaktivitäten, um den Status quo zu erfassen. Der erste Punkt betrifft das detaillierte Kennenlernen der Anlage und ihrer Komponenten. Dies ist wichtig, um die nachfolgenden Prozesse sowie Abläufe der Anlage begreifen zu können. Zudem muss eine Beschreibung der Prozesse der Anlage erfolgen, damit die Informationen dokumentiert sind. Dabei helfen die zur Verfügung gestellten Pläne und Ressourcen. Danach kann aufgrund der Analyse und des Verstehens der Prozesse ein Leitfaden erarbeitet werden. Zudem werden die relevanten Themengebiete bezüglich des Werkes erforscht.

Erhebung der Informationen

Einer der Aspekte der Ist-Analyse ist der Erwerb von Informationen. Diese sind die Ressourcen für die Erfassung einer aktuellen Situation. Um die Prozesse und Abläufe sowie auch die technischen Gegebenheiten verstehen zu können, werden die Informationen mit vier Methoden (siehe Abb. 23) erfasst und dokumentiert. Diese bestehen aus der Begutachtung und Beobachtung der Prozesse der Altanlage, der Kommunikation und Befragung der Mitarbeiter, dem Durcharbeiten von Ressourcen (Layouts der neuen Walzstraße und Einbauschemen der Wechselteile) sowie dem Erarbeiten eines Übersichtsplanes aller Aggregate, um einen Überblick der neuen Walzstraße zu erhalten. Die aus diesen Methoden entstandenen Ergebnisse werden in den nachfolgenden Unterpunkten näher erläutert.



Abbildung 23: Methoden der Informationsgewinnung

Projektplanung

Ein Projekt (lat. projectum „nach vorne geworfen, hervortretend, hervorragend“) ist nach DIN 69 901 „...ein Vorhaben, das im Wesentlichen durch Einmaligkeit der Bedingungen in ihrer Gesamtheit gekennzeichnet ist, z. B.

- spezielle, einmalige Zielvorgabe,
- zeitliche, finanzielle, personelle oder andere Begrenzungen,
- Abgrenzung über anderen Vorhaben,
- projektspezifische Organisation.“¹³⁶

Die Abgrenzung des Projektes sowie die Rahmenbedingungen werden durch die folgenden Projektziele festgelegt:

- Analyse der Rüstprozesse
- Örtliche und rechtzeitige Betriebsmittellogistik
- Vermeidung von Verschwendungen

Die Planung eines Projektes gliedert sich in die folgenden Punkte: Ziele formulieren, in Teile zerlegen, nach Teilaufgaben ordnen und Verantwortliche festlegen. Am Ende ist die Kontrolle am wichtigsten.¹³⁷

Um den Projektablauf zu optimieren und einen Überblick über die Arbeit zu erhalten, werden Teilprojekte definiert. Diese dienen als Grundlage für das Gantt-Chart. Die Arbeit wird in die folgenden Schritte bzw. Teilaufgaben unterteilt (siehe Abb. 24):

¹³⁶ Bergmann, R.; Garrecht, M. (2008): S. 207 f.

¹³⁷ Vgl. Kuster, J. et al. (2006): S. 318.

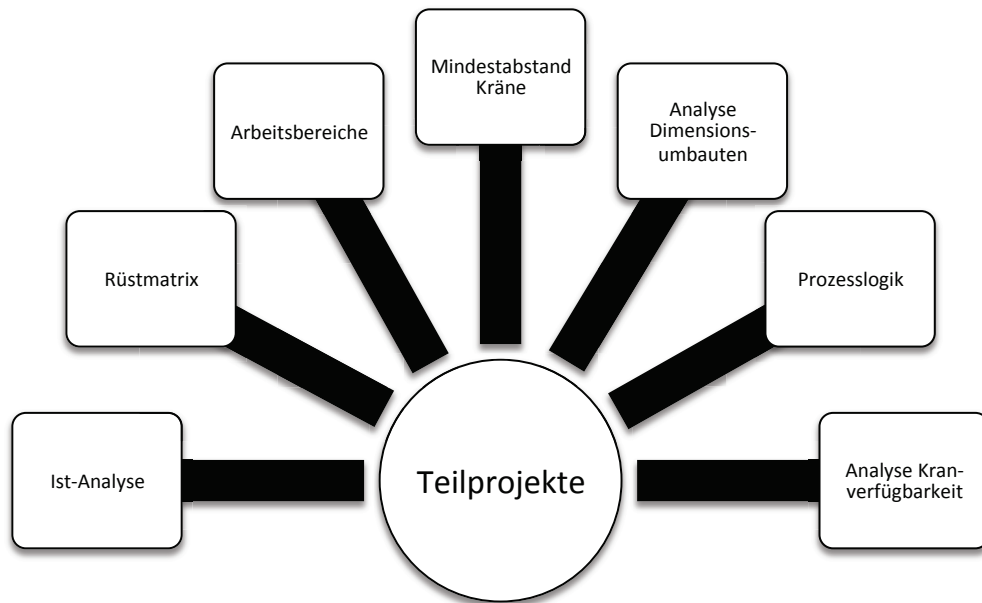


Abbildung 24: Teilprojekte/Teilaufgaben

In dieser Abbildung der Teilprojekte sind alle Aufgabenbereiche der Masterarbeit gegliedert. Eine chronologische Reihenfolge der Teilprojekte von links nach rechts ist aus diesem Diagramm nur teilweise ersichtlich. Ein genauerer Überblick über den Zeitverlauf des Projektes wird durch das Gantt-Chart gegeben. Diese definierten Teilaufgaben werden Schritt für Schritt in den jeweiligen Punkten der Masterarbeit genau betrachtet und erläutert.

Zur Darstellung einer Terminplanung können sogenannte Balkendiagramme (Gantt-Charts) verwendet werden. Bei diesen Diagrammen werden auf der senkrechten Achse die Aufgaben bzw. Projektschritte angeordnet, während waagrecht die Zeitachse festgelegt ist. Jede Aufgabe wird durch einen Balken dargestellt, dessen Länge der Dauer des Vorhabens entspricht. Zur besseren Übersichtlichkeit werden noch Anfangs- und Abschlussdatum hinzugefügt. Ein zusätzliches Feld beinhaltet die Dauer, sodass man sofort sehen kann, in welchem Zeitrahmen man sich befindet.¹³⁸ Zusätzlich kommen noch „Meilensteine“ in das Diagramm. Als Meilenstein wird ein Ereignis mit besonderer Bedeutung bezeichnet, also ein sogenanntes „Schlüsselereignis“.¹³⁹

In der nachfolgenden Abbildung 25 ist das Gantt-Chart der Teilprojekte dargestellt, wobei diese betrachtet werden. Dabei geht hervor, dass die erste Spalte die Identifikationsnummer definiert. Zusätzlich sind in den nächsten Spalten der Aufgabenname sowie der Anfang und der Abschluss der Aufgaben angeordnet. Der Zeitrahmen umfasst das Zeitfenster von April bis Anfang Oktober 2015. Die Balken definieren den Bereich der Abwicklung der Aufgabenbereiche. Jede dieser Aufgaben ist mit einem eigenen Zeitfenster versehen. Überschneidungen der Tätigkeiten bedeuten entweder die parallele Erarbeitung der Aufgaben oder die Notwendigkeit eines Zeitpuffers.

¹³⁸ Vgl. Würfele, F. et al. (2012), S. 38.

¹³⁹ Vgl. Würfele, F. et al. (2012), S. 32.

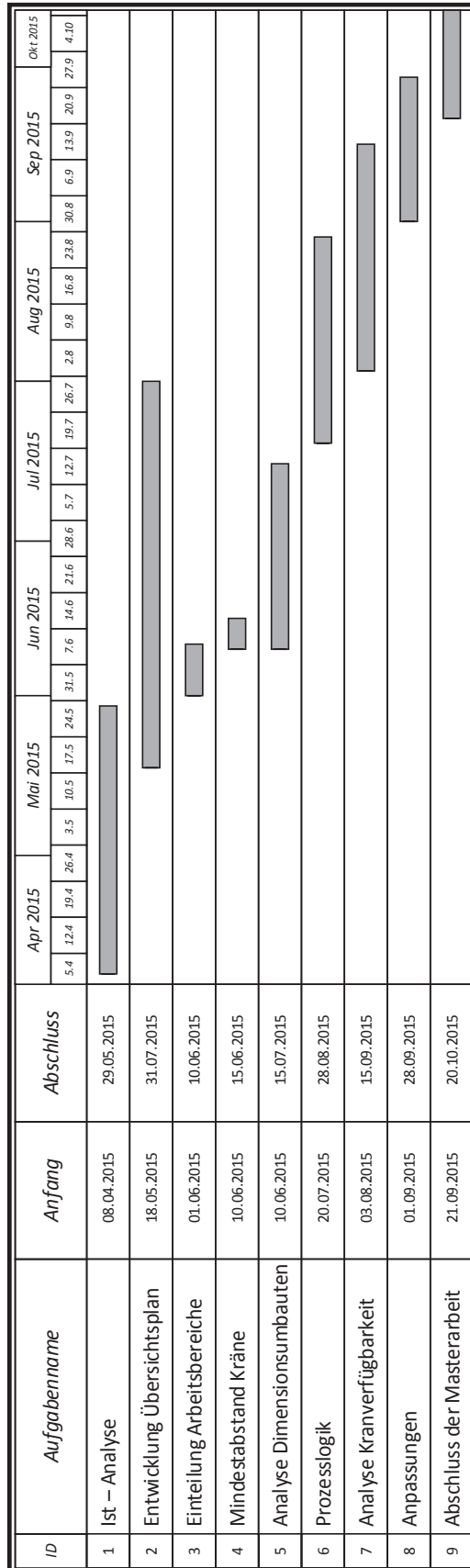


Abbildung 25: Gantt-Chart der Teilprojekte

4.2.2 Wesentliche Begriffe

In diesem Unterpunkt werden die allgemeinen Begriffe eines Drahtwalzwerkes beschrieben, um die Prozesse besser zu verstehen. Zudem wird näher auf die Kaliber- und Sprungänderung der Walzstraße eingegangen. In den darauffolgenden Unterpunkten wird der Aufbau der neuen Anlage sowie der Produktionsprozess beschrieben. Nachfolgend werden grundlegende Begriffe erklärt.

Walzen (Formgebung)

Walzen ist ein Umformverfahren, bei dem der Werkstoff (Stahl) zwischen mindestens zwei rotierenden Werkzeugen (Walzen) umgeformt wird. Dabei entstehen verschiedene Produkte, beispielsweise Walzdraht.

Knüppel

Knüppel sind Halbzeuge (= vorgefertigte Gegenstände, aus denen durch einen weiteren Herstellungsprozess Produkte entstehen), die einen quadratischen Querschnitt aufweisen und eine Länge von bis zu 14 m haben. Die Herstellung der Knüppel erfolgt durch flüssigen Stahl in einer Stranggussanlage, wobei Rundblöcke entstehen. Dann werden diese auf Walztemperatur erwärmt und in einer Walzstraße zu Knüppeln umgeformt. Diese können dann zu Walzdraht weiterverarbeitet werden.

Kaliber

Der gefertigte Draht wird im Produktionsprozess von Walzen oder Walzringen (je nach Querschnitt des Knüppels) gewalzt, wobei der Begriff „Kaliber“ die Profilierung im Walzenballen bezeichnet. Die umlaufenden Rillen in den Kaliberwalzen ergeben mit den Rillen der Gegenwalze und dem Walzenabstand das Profil.

Sprung

Der Walzenabstand ist gleichbedeutend mit dem Begriff „Sprung“. Die Kalibrierung definiert die Größe und Form dieser Walzen und der Sprung ist der Walzspalt zwischen zwei Walzen.

Gerüste

Auf einer Walzanlage befinden sich unterschiedliche Gerüste, in denen Walzen oder Walzringe mit eingearbeiteten Kalibern gelagert sind, welche für die Formgebung verantwortlich sind. Zudem erfolgt eine abwechselnde Anordnung von horizontalen und vertikalen Gerüsten. Dies hat den Zweck eines gleichmäßigen Walzens.

Dimension

Auf der Walzanlage können unterschiedliche Größen des Drahtes gefertigt werden. Die Dimension eines Drahtes ist ein Synonym für die physikalische Größe der Maßeinheit des Durchmessers.

Kaliber- und Sprungänderung

Die Daten der Kaliber- und Sprungänderungen der Gerüste sind aus dem Stichplan ablesbar. Um diese Informationen transparenter zu machen und zu dokumentieren, werden diese vereinfacht in einer Matrix visualisiert. Damit erhält man einen Überblick der Aktivitäten im Hinblick auf den Rüstvorgang. Zudem werden diese Daten im Unterpunkt 4.3.1 (Rüstmatrix der Anlage) benötigt. Die nachfolgende Abbildung 26 erklärt einen Ausschnitt der Matrix, wo die

Kaliberänderungen der Gerüste in Beziehung mit den Dimensionen dargestellt sind. Die gesamte Matrix der Kaliberänderung sowie auch der Sprungänderung sind im Anhang A hinzugefügt.

Dimensionen:	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17		
Gerüste:																											
G1 H																								1			
G2 V																								2			
G3 H																								3			
G4 V																								4			
G5 H																								5			
G6 V																								6			
G7 H																								7			
G8 V																								8			
G9 H																								9			
G10 V																								10			
G11 H																								11			
G12 V																								12			
G13 H																								13			
G14 V																								14			
G15 H																		17									
G16 V																			18								
G17 H														113													
G18 V															114												
G19 H																115											
G20 V																	116										
G21 H	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC		
G22 V	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC		
G23	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC		
G24	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC		
G25																		117									
G26																			118								
G27																				119							Le
G28																					120						Le
G29											107															Leerführung	
G30												121															Leerführung
G31													109														Leerführung

Abbildung 26: Ausschnitt Kaliberänderung

Aus dieser Matrix geht hervor, dass in horizontaler Ebene die Dimensionen aufgetragen sind und in vertikaler Ebene die einzelnen Gerüste der Walzstraße. Dadurch kann abgelesen werden, wo eine Änderung des Kalibers vorgesehen ist. Insgesamt befinden sich 36 Gerüste auf der Walzanlage. Der Einsatz eines gleichen Kalibers wird mit einem Balken dargestellt. Dies bedeutet, dass beispielsweise beim Gerüst 29 die gleiche Kalibrierung bis zum Dimensionswechsel von 7,5 mm auf 8 mm vorliegt. Ab diesem Zeitpunkt werden dann Leerführungen eingebaut. Die Balken enden an unterschiedlichen farblichen Markierungen. Diese Kennzeichnung ist sinnvoll, da man so sofort erkennen kann, wann ein Kaliberwechsel vorgenommen werden muss. Zusätzlich befindet sich eine Zahl in den Balken, welche die eindeutige Nummer des vorhandenen Kalibers angibt. Bei den weiß gefärbten Balken werden, wie vorher erwähnt, Leerführungen eingebaut. Die Kalibrierung bei den Gerüsten 21 bis 24 ist mit der Kennzeichnung „BIC“ (Bar in Coil) versehen. Diese Änderungen werden nicht berücksichtigt, da diese Informationen zum Zeitpunkt der Erstellung der Arbeit noch nicht vorhanden waren.

Exakt identisch sind die Daten der Sprungänderung abgebildet (siehe Anhang A). Der einzige Unterschied betrifft die Zahlen in den Balken, welche für den Abstand des Walzspaltes, der als Sprung charakterisiert ist, stehen.

4.2.3 Aufbau der Anlage

Um eine Übersicht zu erhalten, werden die einzelnen Bereiche der Anlage näher betrachtet. Die Drahtherstellung lässt sich in vier Hauptbereiche unterteilen, welche in Abbildung 27 dargestellt sind und nachfolgend beschrieben werden:

- **Walzstraße:** In diesem Bereich werden die erwärmten Knüppel an 16 Gerüsten vorgewalzt, um einen definierten runden Querschnitt zu erhalten. Dabei erfolgt die Umformung an einer Vor-, Zwischen- und Fertigstraße.
 - Vorstraße: Gerüste 1–4; abwechselnd horizontal und vertikal
 - Zwischenstraße: Gerüste 5–12; abwechselnd horizontal und vertikal
 - Fertigstraße: Gerüste 13–16; abwechselnd horizontal und vertikal; zusätzlich mit einer Schnellwechsellvorrichtung ausgestattet, um die Gerüste schneller und automatisch zu tauschen
- **Drahtlinie:** An der Drahtlinie kann ein Walzdraht mit einem Durchmesser von 4,5 mm bis 25 mm produziert werden. Durch zwei Vorblöcke, einen Fertigblock und den Sizingblock erfolgt ein feineres Walzen des Drahtes. Zusätzlich befinden sich mehrere Aggregate auf der Drahtlinie, die für die Herstellung verantwortlich sind. Diese werden später genauer beschrieben.
- **Loop:** Der Loop kann als Bereich der Drahtlinie angesehen werden. Dieser definiert eine Ausgleichszone mit mehreren Wasserkästen, um den Walzdraht zu kühlen und dessen Eigenschaften zu beeinflussen. Abhängig von der gewählten Linie der Erzeugung kann dieser Bereich zusätzlich verwendet werden.
- **Garrettlinie:** Diese Linie ist für die Herstellung der größeren Dimensionen. Dabei können Abmessungen von 18 mm bis 60 mm realisiert werden.

Zusätzlich sind in Abbildung 27 der Gerüstvorbauplatz I und der Gerüstvorbauplatz II zu erkennen. Diese haben die Aufgabe, die Gerüste für den Produktionsprozess vorzubereiten. Dabei deckt der Gerüstvorbauplatz I den Bereich der Walzstraße ab. Dieser beinhaltet eine Waschbox (zum Reinigen der Gerüste), einen Kippstuhl (für das Kippen der Gerüste aufgrund der horizontalen und vertikalen Anordnung) und zwei Gerüstroboter für das Rüsten und die Vorbereitung der Gerüste. Der Transport zur Einsatzstelle erfolgt durch einen der vier in der Halle montierten Brückenkräne. Der Gerüstvorbauplatz II ist im Aufbau ident, der einzige Unterschied ist, dass ein Rüstroboter zur Verfügung steht und dieser den Bereich der Garrettlinie abdeckt.

Wie bereits erklärt, können auf der Drahtwalzanlage unterschiedliche Dimensionen des Walzdrahtes produziert werden. Die unterschiedlichen Standardwalzgruppen sind in Tabelle 6 aufgelistet. Das Produzieren einer anderen Dimension als des vorherigen Produkts wird als Wechselprozess (oder Rüstprozess) definiert. Zudem müssen alle notwendigen Rüsttätigkeiten vollzogen werden, um das neue Produkt fertigen zu können. Dabei wird im Unterpunkt 4.3.1 eine Rüstmatrix beschrieben, die einen Überblick der Tätigkeiten der Dimensionswechsel darstellt.

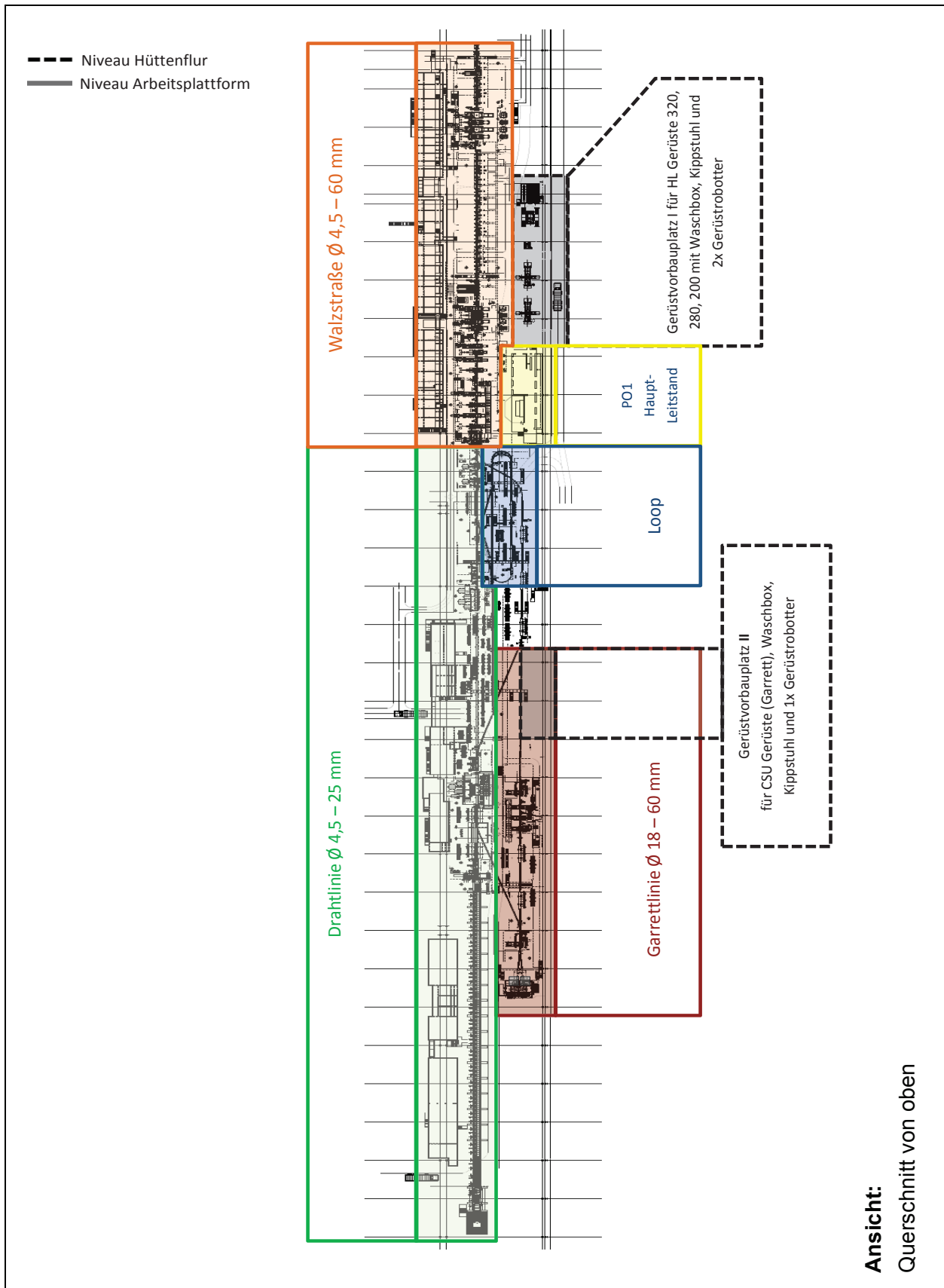


Abbildung 27: Aufbau Drahtwalzstraße¹⁴⁰

¹⁴⁰ Quelle: voestalpine Wire Rod Austria GmbH.

Tabelle 6: Standardwalzgruppen

Drahtlinie (Dimensionen)	Garrettlinie (Dimensionen)
Gruppe 1: 5,0 – 6,0 mm	Gruppe 9: 18,0 – 29,0 mm
Gruppe 2: 6,5 – 8,0 mm	Gruppe 10: 30,0 – 41,0 mm
Gruppe 3: 8,5 – 9,5 mm	Gruppe 11: 42,0 – 52,0 mm
Gruppe 4: 10,0 – 11,5 mm	Gruppe 12: 53,0 – 60,0 mm
Gruppe 5: 12,0 – 14,0 mm	
Gruppe 6: 14,5 – 17,5 mm	
Gruppe 7: 18,0 – 20,0 mm	
Gruppe 8: 20,5 – 25,0 mm	

4.2.4 Produktionsprozess

Die Produktionsprozesse der alten und der neuen Anlage sind vom Prinzip her ident (bis auf technologische Faktoren und dem Unterschied der einadrigen und zweiadrigen Walzanlage). Nachfolgend ist dieser Prozess in Abbildung 28 visualisiert, das dient dem Verstehen der Abläufe einer Drahtherstellung, wobei zwischen den unterschiedlichen Dimensionen differenziert wird.

Wie aus dem Prozessverlauf hervorgeht, sind die ersten drei Prozesse für alle Dimensionen ident. Die von der voestalpine Stahl Donawitz GmbH gelieferten Knüppel werden im Halbzeuglager aufbewahrt. Von dort aus werden sie mittels Kran zum Hubbalkenofen befördert und auf Umformtemperatur erwärmt. Die ca. zwölf Meter langen erwärmten Knüppel werden dann auf der Walzstraße vorgewalzt. Je nach gewünschter Dimension können Leerführungen in den Gerüsten eingebaut werden. Ab dem nächsten Prozess wird zwischen den unterschiedlichen Linien entschieden, welche dimensionsabhängig sind. Die nachfolgenden Prozessverläufe werden einzeln betrachtet:

Dimension 4,5 mm – 25 mm

Die Dimensionen im Bereich von 4,5 mm bis 25 mm werden an der Drahtlinie produziert. Zudem können unterschiedliche Linien, beispielweise dem Loop, für die Erzeugung gewählt werden. Durch die unterschiedlichen Linien können anhand von Wasserkästen die Qualitätseigenschaften des Walzdrahtes beeinflusst werden. Nachdem der Draht durch die Aggregate der Drahtlinie gelaufen ist, wird er durch einen Windungsleger befördert. Am Rollenluftkühltransport kann der Walzdraht durch das Kühlprogramm zusätzlich seine Eigenschaften erhalten. Danach wird dieser an der Bundmanipulation zu Drahtbunden aufgerollt. Anschließend werden die Drahtbunde durch ein Palettenfördersystem bzw. Hakenfördersystem weitertransportiert und schließlich eingelagert. Zudem kann der Draht in der

Glüherei oberflächen- und wärmebehandelt werden, was die Eigenschaften des Stahles beeinflusst. Dies erfolgt je nach Kundenwunsch individuell.

Dimension 18 mm – 60 mm

Die Produktion der größeren Abmessungen zwischen 18 mm und 60 mm werden auf der Garretlinie realisiert. Am Ende dieser Linie wird der Walzdraht aufgrund der größeren Dimensionen an einer Haspelanlage zu Bündeln geformt. Die restlichen Schritte bis zur Einlagerung sind gleich wie beim Prozess der Dimensionen von 4,5 mm bis 25 mm.

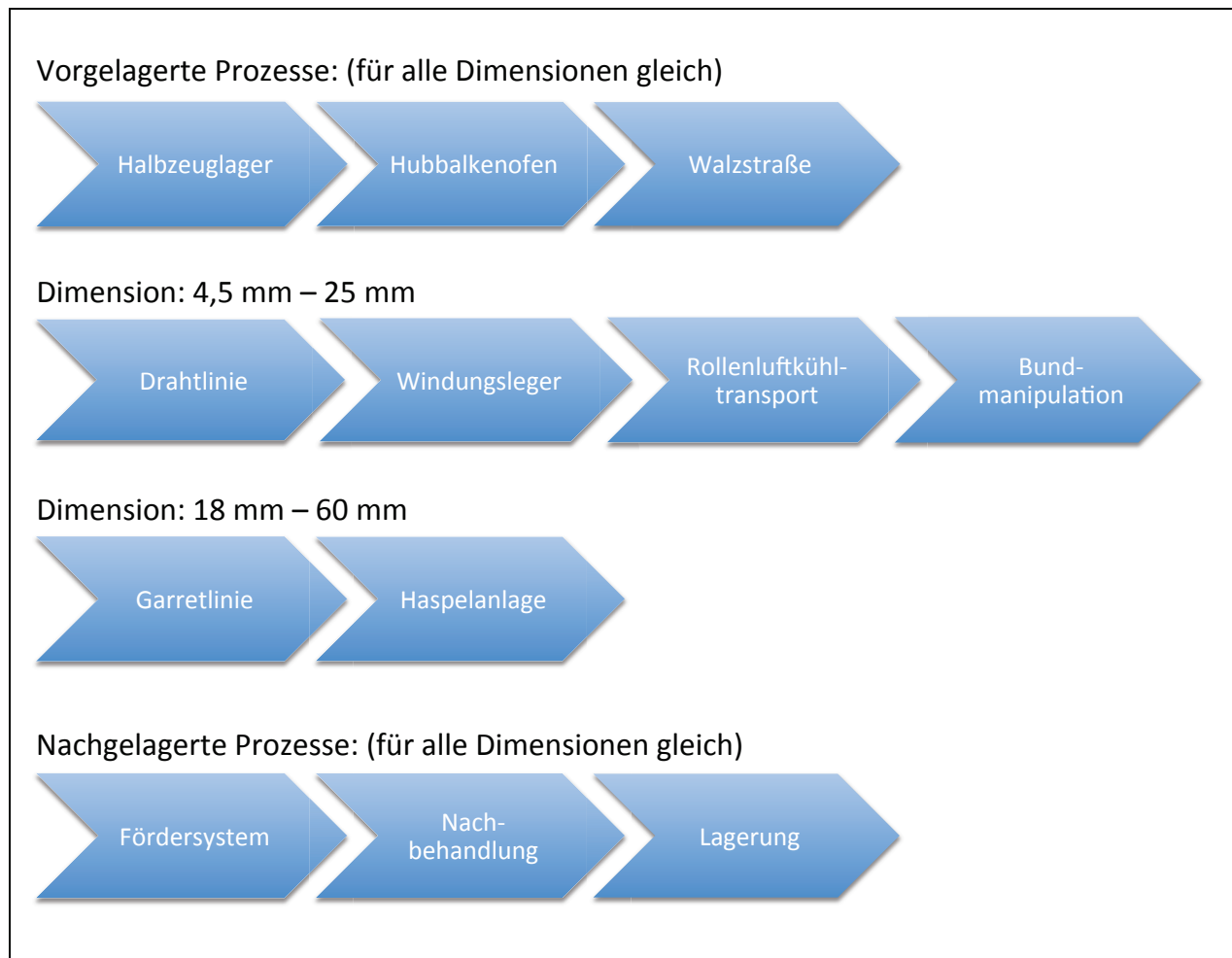


Abbildung 28: Produktionsprozess Drahtwalzstraße

4.2.5 Erfassung der Rüstaktivitäten

Ein Überblick über die neue Anlage wird im Layoutschema der Firma Danieli vermittelt, welches im Anhang B zu finden ist. In diesem Schema sind jegliche Aggregate der Walzstraße dargestellt. Diese Visualisierung beinhaltet alle Aktivitäten, die für die Rüstprozesse und die Betriebsmittellogistik essentiell sind. Denn bei allen eingezeichneten Aggregaten findet ein Umbau statt, für den sowohl Betriebsmittel als auch Personal zur Verfügung gestellt werden müssen. Dadurch ist dieses Schema die Grundlage der Analyse der Prozesse und Abläufe. Die aus der Ist-Analyse rüstrelevanten Aggregate werden nachfolgend in Tabelle 7 aufgelistet und beschrieben.

Tabelle 7: Rüstrelevante Aggregate

Aggregat	Beschreibung
Treiber	dient zur weiteren Beschleunigung (das Vorantreiben) des Stabes (Draht); Wechselelemente bestehen aus Rollen, Einlass- und Auslasstrichter
Schere	dient zum Entfernen der Stabenden und als Sicherheitsmaßnahme (falls der Stab stecken bleibt); Wechselelemente bestehen aus Scherenmesser, Kammplatten, Weichenrohr, Einführung, Auslassführung und Auslasstrichter
Wasserkasten	dient zum Kühlen (thermisch chemische Behandlung) des Stabes, um die Qualitätseigenschaften zu beeinflussen; Wechselelemente sind Kühlelemente
Trockenführung	dient zum Ausgleich von Geschwindigkeitsunterschieden aufgrund des Walzens des Stabes
Gerüste	werden Walzen oder Walzringe mit eingearbeiteten Kalibern gelagert und sind für die Formgebung verantwortlich; aufgrund der Dimensionen erfolgt eine Kaliber- und Sprungänderung
Blöcke	definieren Anordnungen von Cantilever-Gerüsten und sind mit den montierten Walzringen für die Formgebung verantwortlich; Wechselelemente sind Walzringe, Führungen, Ausbruchs-rinnenführung und Abstreifer
Weiche	Einrichtung zum Wechseln der Produktionslinie; unterschiedliche Positionen
Windungsleger	hat die Aufgabe, die Längsbewegung in eine Tangentialbewegung umzulenken und den Draht in Form von Windungen auf den Rollenkühllufttransport abzulegen; Wechselelemente sind Selektor und Rotor

Abschließend werden anhand der gewonnen Informationen, basierend auf einer Netzplandarstellung, die Rüstaktivitäten mit den Wechselteilen grafisch aufbereitet. In Abbildung 29 ist ein Ausschnitt dieses Planes dargestellt. Dieser soll den Fluss der Walzstraße sowie die sich auf der Walzstraße befindlichen Aggregate visualisieren. Zudem sind alle Austauscherelemente mit den verschiedenen Bausätzen erkennbar. Grundsätzlich orientiert sich dieser Plan im Aufbau am vorher erwähnten Layoutschema von Danieli. Aufgrund der enormen Größe des Planes kann dieser nicht in der Arbeit dargestellt werden. Der Ausschnitt soll lediglich das Prinzip der Methode erklären.

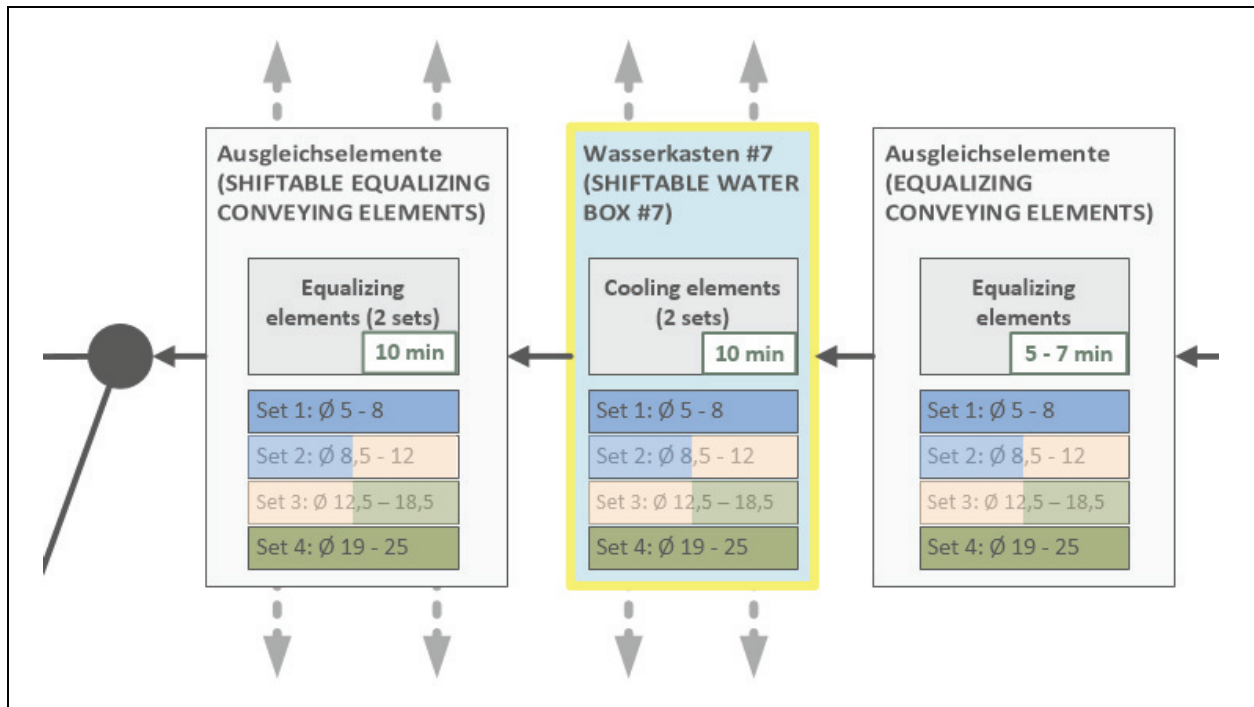


Abbildung 29: Ausschnitt Netzplan

In diesem Ausschnitt sind drei Aggregate mit Verbindungspfeilen und einem Knoten zu erkennen. Die Pfeile definieren die Flussrichtung der Walzstraße, der Knoten stellt eine Verzweigung bzw. eine Weiche dar. Dadurch sind der Fluss sowie Richtungswechsel aufgrund von Kanten und Knoten visualisiert. Die verschiedenen Rechtecke stellen die Aggregate dar. Diese sind durch unterschiedliche Hintergrundfarben gekennzeichnet, wobei jede Farbe eine eigene Bedeutung hat. Wasserkasten sind beispielsweise blau hinterlegt, Ausgleichselemente grau. Zusätzlich hat auch die farbliche Umrandung der Rechtecke eine Bedeutung. Die gelbe Umrandung (Wasserkasten #7) definiert einen geteilten Wasserkasten, eine rote Umrandung (im Ausschnitt nicht erkennbar) steht für eine Schnellwechsellvorrichtung der Aggregate. Außerdem gibt es Elemente, die eine verschiebbare Funktion haben. Verschiebbar bedeutet, dass diese Aggregate bereits offline vorbereitet werden und die Elemente bei Bedarf durch Drücken eines Knopfes ausgetauscht werden können. Dadurch spart man Personal, Betriebsmittel und Zeit. Solche Aggregate werden durch vertikale strichlierte Doppelpfeile dargestellt. In den Aggregaten befinden sich grau hinterlegte Rechtecke. Diese erklären alle sich im System befindlichen Wechselteile. Zusätzlich ist ein weißes Rechteck dargestellt, das den Zeitbedarf für den Umbau der Tätigkeit definiert. Unter diesen grau markierten Wechselteilen sind mehrere farblich markierte Rechtecke. Diese stellen alle Bausätze dar, die bei einem Dimensionswechsel der Walzstraße zur Verfügung stehen. Beispielsweise deckt der erste Bausatz (Wasserkasten #7) den Durchmesser der Dimensionen von 5 mm bis 8 mm ab. Sollte ein anderer Durchmesser gewalzt werden, muss auf einen anderen Bausatz umgerüstet werden. Der Plan zeigt alle Rüstaktivitäten der Walzstraße. Dadurch erhält man eine Übersicht der nötigen Prozesse. Zudem sind alle Informationen der Aggregate und Wechselteile eingetragen, um für eine Analyse und Planung der Rüstprozesse optimal vorbereitet zu sein.

4.3 Rüstprozessanalyse der Drahtwalzanlage

In diesem Unterkapitel wird auf den Verlauf der Analyse der Rüstprozesse und der Teilprojekte näher eingegangen. Zudem werden die eingesetzten Methoden erläutert und die daraus entstandenen Ergebnisse präsentiert.

4.3.1 Rüstmatrix

Es wird ein Übersichtsplan (= Rüstmatrix) der Anlage entwickelt, aus dem alle Umbauaktivitäten der jeweiligen Aggregate ablesbar sind. Dabei soll ersichtlich sein, bei welchem Dimensionswechsel Rüsttätigkeiten anfallen. Zudem müssen die Informationen bezüglich der Personalanzahl, der benötigten Betriebsmittel und Zeit erkennbar sein. Dadurch können die Rüstprozesse in einem einzelnen Plan transparent gemacht werden.

Ideenfindung der Rüstmatrix

In der Anfangsphase der Entwicklung wurde ein Brainstorming zu den gewünschten Informationen, die der Übersichtsplan enthalten soll, durchgeführt und in einem Mindmap visualisiert. Dadurch können die generellen Eigenschaften zu Papier gebracht und Ideen gesammelt werden. In Abbildung 30 wird dieses Mindmap dargestellt. Es stellt einen Überblick über die notwendigen Eigenschaften des Übersichtsplanes dar. Die einzelnen Punkte werden hier nicht näher betrachtet, da sie später in der richtigen Version des Planes beschrieben werden. Zu erwähnen ist, dass dieses Mindmap die Grundlage der Ideensammlung und der daraus entstehenden Gestaltung des Planes ist.

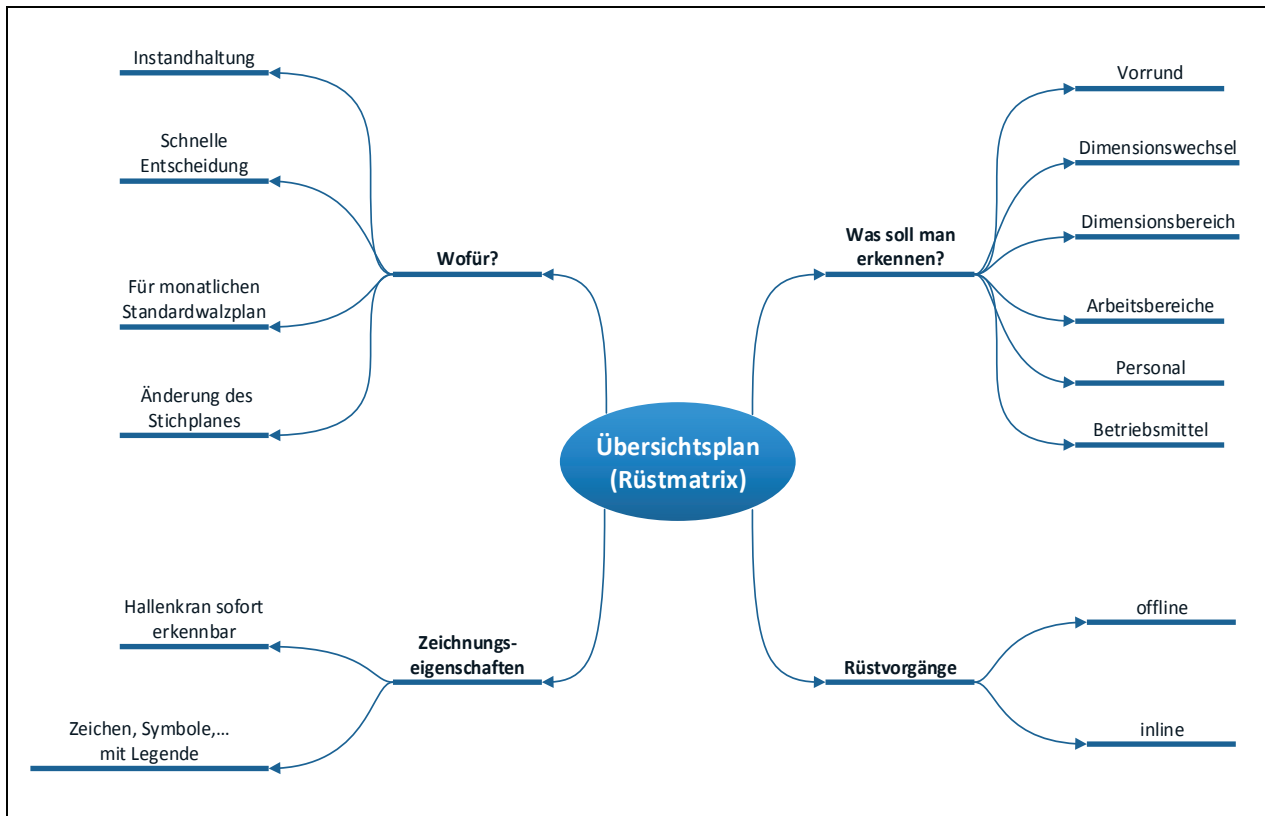


Abbildung 30: Brainstorming Rüstmatrix

Es entstanden mehrere Varianten des Übersichtsplanes. Im Wesentlichen sind zwei Prototypen zu erwähnen. Ausgehend von der Ist-Analyse gab es die Idee, den Übersichtsplan in Form des bereits vorhandenen Netzplanes (siehe 4.2.5) darzustellen. Diese Variante konnte nicht realisiert werden, da der Plan nicht maßstabsgetreu dargestellt werden konnte. Zudem ist nicht erkennbar, welche Rüstaktivitäten bei den jeweiligen Dimensionswechseln anfallen. Des Weiteren entstand eine abgeänderte Version des Netzplanes. Die Darstellung des Planes ist ident, jedoch können im Aufbau der Aggregate die Rüsttätigkeiten je Dimensionswechsel abgelesen werden. Trotzdem schafft diese Darstellung keine idealen Voraussetzungen für einen Übersichtsplan, und somit wurde auch diese Version in der Entwicklung nicht mehr vorangetrieben.

Die gewonnen Erkenntnisse konnten für die weitere Entwicklung genutzt werden. Dabei entstand die Idee, den Übersichtsplan in Form einer Matrix der Drahtwalzstraße darzustellen, welche nachfolgend beschrieben wird. Zusammenfassend ist zu erwähnen, dass die Ideen Schritt für Schritt weiterentwickelt wurden und jeder Vorgänger des Planes einen Beitrag zum erreichten Ergebnis leistete.

Rüstmatrix

Wie bereits erwähnt, wird der Übersichtsplan der Rüstaktivitäten der Anlage als Rüstmatrix dargestellt. Die Erklärung dieser Matrix erfolgt anhand von Ausschnitten, da durch die enorme Größe nicht der gesamte Plan visualisiert werden kann. In der nachfolgenden Abbildung 31 wird ein Ausschnitt der Rüstmatrix dargestellt. Zudem beschreibt Abbildung 32 die Legende dieses Planes. Die gesamte Rüstmatrix ist am Ende der Arbeit, nach dem Anhang, hinzugefügt.

Aggregate	Verbrauchsmaterial	Dimensions (mm)															
		5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5
Treiber #9A	Rollen	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm						
	Einlasstrichter	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm						
	Auslasstrichter	5 - 6 mm			6,5 - 9,5 mm			10 - 14 mm									
Schere CV6	Scherenmesser (oben und unten)										Set 1 (CVH)						
	Kammplatte (oben und unten)										Set 1 (CVH)						
	Weichenrohr bei Schereneinlass	Set 1 (CVH)			Set 2 (CVH)			Set 3 (CVH)			Set 4 (CVH)						
	Einführung (Platte)				Set 1 (CVH)						Set 2 (CVH)						
	Einführung (mittlere Platte)				Set 1 (CVH)						Set 2 (CVH)						
	Auslassführung										Set 1 (CVH)						
Treiber #9B	Rollen	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm						
	Einlasstrichter	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm						
	Auslasstrichter	5 - 6 mm			6,5 - 9,5 mm			10 - 14 mm									
Trockenführung	Elemente: 1	5 - 6 mm			6,5 - 9,5 mm			10 - 14 mm									
Sizing Block	33	Kaliberänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
		Sprungänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
	34	Kaliberänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
		Sprungänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
	35 - 36	Kaliberänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
		Sprungänderung	5 - 6 mm			6,5 - 7,5 mm			8 - 9,5 mm			10 - 14 mm					
	Ausbruchsinnenführung				Set 1						Set 2						
	Abstreifer				Set 1						Set 2						
Trockenführung	Elemente: 1	5 - 8 mm			8,5 - 12 mm			10 - 14 mm									
Wasserkasten #7	Kühlelemente (verschiebbar)	5 - 8 mm			8,5 - 12 mm			10 - 14 mm									

Abbildung 31: Ausschnitt Rüstmatrix

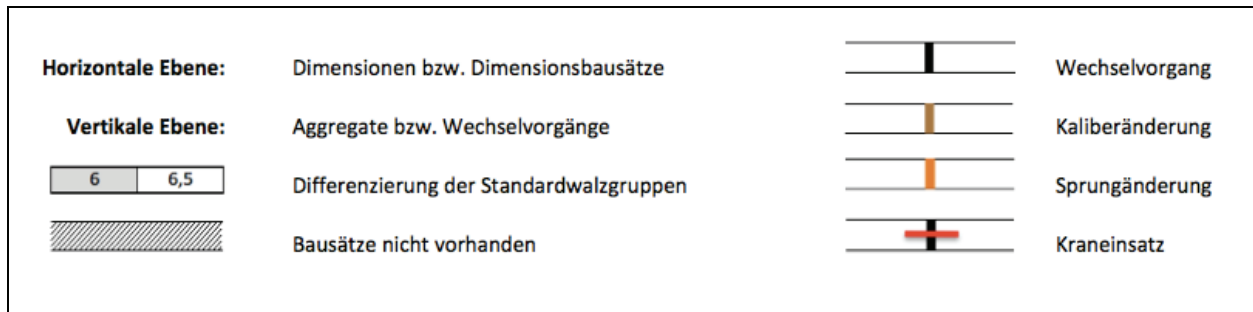


Abbildung 32: Legende der Rüstmatrix

In der hier gezeigten Legende sind die Hauptdefinitionen der Rüstmatrix beschrieben, wobei die Erklärung der Eigenschaften zusätzlich zum Ausschnitt (siehe Abb. 31) helfen soll. In der horizontalen Ebene (Spalten) der Matrix sind die unterschiedlichen Dimensionen eingetragen. Dies ist im Ausschnitt erkennbar. Dort sind die Dimensionen von 5 mm bis 12,5 mm zu sehen, sie sind durch unterschiedliche farbliche Markierungen (grau und weiß) differenziert. Diese Unterteilung definiert die verschiedenen Standardwalzgruppen, welche durch eine abwärts laufende Linie der Matrix erkennbar sind. In der vertikalen Ebene sind die Aggregate, die sich auf der Walzstraße befinden, mit dem dazugehörigen Verbrauchsmaterial aufgetragen. Im Prinzip kann der Fertigungsfluss der Walzstraße von oben nach unten abgelesen werden. Im Feld der Matrix sind senkrechte dicke Linien zu erkennen, welche für einen Wechselvorgang eines Bausatzes (schwarzer Strich) oder einer Kaliberänderung (brauner Strich) bzw. Sprungänderung (orangefarbener Strich) stehen. Ein auf einer solchen senkrechten Linie liegender, roter Querbalken definiert den Einsatz eines Hallenkranes bei dem jeweiligen Rüstvorgang. Außerdem sind in den verschiedenen Bausätzen die Dimensionsbereiche bzw. die Bausatznummer für den jeweiligen Bausatz eingetragen, nicht benutzte oder nicht vorhandene Bausätze werden durch eine Schraffierung gekennzeichnet.

Das Erkennen von Rüsttätigkeiten eines Dimensionswechsels erfolgt nach folgendem Schema: Prinzipiell wird der Plan von oben nach unten gelesen, wobei in diesem Fallbeispiel die Schnittstelle zwischen 6 mm und 6,5 mm der Dimensionsgruppen betrachtet wird. Dabei kommt jeder „schwarze“, „braune“ und „orange“ Strich in Betracht. Ist ein solcher vorhanden, wird an dieser Stelle das Verbrauchsmaterial des jeweiligen Aggregates, welches zu rüsten ist, sichtbar. Bei dem Dimensionswechsel von 6 mm auf 6,5 mm befindet sich ganz oben der erste Vorgang (= „schwarzer“ Strich), der auf das Aggregat „Treiber #9A“ mit dem Verbrauchsmaterialen Rollen, Einlasstrichter und Auslasstrichter deutet. Das heißt, dass bei diesen Wechselteilen Rüsttätigkeiten vollzogen werden müssen. Die restlichen Aktivitäten lassen sich nach diesem Schema weiter ablesen. Somit werden alle Rüstprozesse sowie auch Kaliber- und Sprungänderungen ersichtlich. Der Einsatz einer Kranaktivität ist in der Matrix ebenso erkennbar. Im Beispiel des Umbaus von 6 mm auf 6,5 mm benötigt die „Trockenführung“ nach dem „Treiber #9B“ einen Kraneinsatz. Die vorhandenen Informationen der Bausätze werden aus dem Einbauschema der Firma Danieli eruiert, und die Daten der Kaliber- und Sprungänderungen werden aus den bereits bestehenden Tabellen (siehe Unterpunkt 4.2.2) eingearbeitet.

Somit sind alle relevanten Informationen der Aggregate und Wechselteile in der Rüstmatrix enthalten. Zusätzlich müssen noch die logistischen Zielgrößen des Rüstprozesses hinzugefügt werden, welche in Abbildung 33 dargestellt sind.

Aggregate	Verbrauchsmaterial	Zeit [min]	Betriebsmittel	Kran	Personal	5	
						5	5
Treiber #9A	Rollen	10	Schlagschrauber		2		5 - 1
	Einlasstrichter		Schlagschrauber				5 - 1
	Auslasstrichter		Schlagschrauber				5 - 1
Schere CV6	Scherenmesser (oben und unten)	15	Schraubenschlüssel	Hallenkran (CVR)	2		Set 1
	Kammplatte (oben und unten)	5	Schraubenschlüssel				
	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	Schraubenschlüssel				
	Einführung (Platte)		Schraubenschlüssel				
	Einführung (mittlere Platte)	10	Schraubenschlüssel	Hallenkran			
	Auslassführung		Schraubenschlüssel				
	Auslasstrichter (1. und 2. Teil)		Schraubenschlüssel				
Treiber #9B	Rollen	10	Schlagschrauber		2		5 - 1
	Einlasstrichter		Schlagschrauber				5 - 1
	Auslasstrichter		Schlagschrauber				5 - 1
Trockenführung	Elemente: 1	7		Hallenkran	1		5 - 1

Abbildung 33: Ausschnitt Rüstmatrix mit logistischen Zielgrößen

In dieser Abbildung erkennt man, dass die Parameter der logistischen Größen der Rüsttätigkeiten bezüglich der benötigten Zeit, der Betriebsmittel, des Personals und der Frage, ob eine Tätigkeit einen Kraneinsatz erfordert, in der Matrix hinzugefügt sind. Dadurch können bei jedem Rüstprozess alle Informationen, die für eine Planung wichtig sind, abgelesen und analysiert werden.

Bedeutungen der Rüstmatrix

Die entwickelte Rüstmatrix dient primär als Informationsquelle der Produktion. Dabei sind die Rüsttätigkeiten der Dimensionswechsel auf einen Blick erkennbar. Zudem können die verschiedenen Bausätze der Wechselteile sowie die Zeit, das Personal und die Betriebsmittel, die für den Rüstprozess benötigt werden, abgelesen werden. Außerdem dient die Rüstmatrix als Grundlage für die in den nächsten Unterpunkten beschriebene Analyse der Rüstprozesse und Betriebsmittellogistik.

Des Weiteren zeigt die Rüstmatrix Optimierungspotentiale der Rüstprozesse auf. Deshalb konnten die Eigenschaften und Informationen der Matrix bereits im Vorfeld (im Laufe des Projektes) genutzt werden. Die Definition der Standardwalzgruppen erfolgte durch eine Tätigkeitsmatrix aus der Simulation (CTS – Changing Table Simulator). Mit Hilfe der Rüstmatrix konnten die Tätigkeiten der Dimensionswechsel zur Reduktion von übersehenen Informationen kontrolliert werden. Zudem wurde diese Matrix dem Anlagenhersteller Danieli zur Verfügung gestellt, um Optimierungen im Bereich von Verschiebungen der Bausätze zu treffen. In der Folge sollen die Rüstprozesse effizienter gestaltet werden können.

Außerdem sind nicht relevante Bausätze der Wechselteile in der Rüstmatrix zu erkennen. Wie bereits beschrieben, wird an der Walzanlage an unterschiedlichen Linien produziert, welche von der Dimension des Produktes abhängt. Somit können die verschiedenen Linien in Abhängigkeit der Bausätze betrachtet werden. Aufgrund eines nicht benutzten Bereiches der Anlage werden gewisse Bausätze der Wechselelemente im Normalfall nicht benötigt. Diese Informationen werden für die Planung der Lagerung und Instandhaltung benötigt, da diese Bausätze nur wenig oder gar keine Verwendung finden. Die Informationen und Eigenschaften der Rüstmatrix

wurden bereits in der frühen Phase der Entwicklung genutzt, wodurch dieser seine Sinnhaftigkeit bestätigte.

4.3.2 Einteilung der Anlage in Arbeitsbereiche

Die Grundlage einer sinnvollen Analyse und Gestaltung der Rüstprozesse schafft die Einteilung der Walzanlage in verschiedene Arbeitsbereiche. Dadurch können der Personaleinsatz und die Betriebsmittellogistik optimal analysiert und geplant werden. Die Arbeitsbereiche haben den Sinn, den Einsatz der Ressourcen an der Anlage zu unterteilen, um Verschwendungen im Segment der zurückgelegten Wegzeiten und Wegstrecken der Mitarbeiter zu vermindern. Denn diese Faktoren beeinflussen die Produktivität der Anlage. Zudem lässt sich der Bedarf an Werkzeugen und Hilfsmitteln je Arbeitsbereich erfassen, was für die Lagerplanung wichtig ist. In Abbildung 34 sind die Ergebnisse der eingeteilten Bereiche dargestellt, wobei diese durch einen blauen Rahmen eingegrenzt sind.

Die methodische Vorgehensweise der Einteilung lässt sich wie folgt beschreiben: Zu Beginn werden alle Rüstaktivitäten der Walzanlage in einem Gesamlayout durch ein Kreuz („X“) markiert. Somit lassen sich Tätigkeitsschwerpunkte aus dem Plan eruieren. Dort, wo eine größere Anhäufung an Aktivitäten anfällt, könnte eine Einteilung sinnvoll sein. Zudem wird ein weiterer Parameter (= Entfernung) berücksichtigt. Dieser Parameter soll zwischen den Werten von 30 m und 60 m liegen, wobei die Toleranzgrenzen nicht überschritten oder unterschritten werden sollen. Der Parameter dient der optimalen Einteilung der Arbeitsbereiche, wodurch Verschwendungen von unnötigen Wegstrecken vermieden werden. Zusätzlich ist zu erwähnen, dass Weichen auf der Walzanlage meistens Grenzpunkte der Arbeitsbereiche darstellen, sofern diese im Toleranzbereich der Entfernung liegen bzw. eine Sinnhaftigkeit der Abgrenzung gegeben ist. Weichen definieren Abgrenzungen verschiedener Segmente der unterschiedlichen Linien und werden für die Einteilung genutzt. Die Einteilung der Arbeitsbereiche erfolgt unter der Berücksichtigung dieser Parameter. Daraus ergeben sich neun verschiedene Arbeitsbereiche, die in Abbildung 34 ersichtlich sind.

Wie bereits erwähnt, sollen die Arbeitsbereiche unter Einhaltung der Entfernungstoleranz liegen. Jedoch, wie in Abbildung 34 ersichtlich, überschreiten zwei Bereiche die Grenzen. Diese sind der Abschnitt TR1-G12 (Treiber #1 bis Gerüst #12) und L-TR6 (Loop-Bereich bis Treiber #6). Der erste Abschnitt wird so gewählt, da sehr wenige Umbautätigkeiten in diesem Bereich anfallen. Der einzige Faktor ist die Tonnage des Kalibers der Walzen, wobei wesentlich weniger Vorgänge zu bearbeiten sind. Vor allem sind in diesem Arbeitsbereich Tätigkeiten gleicher Art durchzuführen, und darum erstreckt sich dieser in einer Abmessung von ca. 100 m. Der zweite Bereich definiert den Loop-Bereich inklusive der Bypass-Linie. Dieser ist so zu wählen, da der Abschnitt sehr wenige Rüstaktivitäten besitzt und zudem linienabhängig ist. Alle anderen Arbeitsbereiche sind nach den Kriterien, die vorher erwähnt wurden, eingeteilt.

Die Namensgebung der Bereiche ergibt sich wie folgt: Zuerst wird das Anfangsaggregat in der Abkürzungsbezeichnung geschrieben, dann erfolgt ein Bindestrich, und danach wird das Aggregat am Ende des Bereiches vermerkt. W2-FB bedeutet beispielsweise, dass sich der Bereich von der Weiche #2 bis einschließlich zum Fertigblock erstreckt. Die Tabelle der Abkürzungsbezeichnungen der Aggregate ist im Anhang C zu finden.

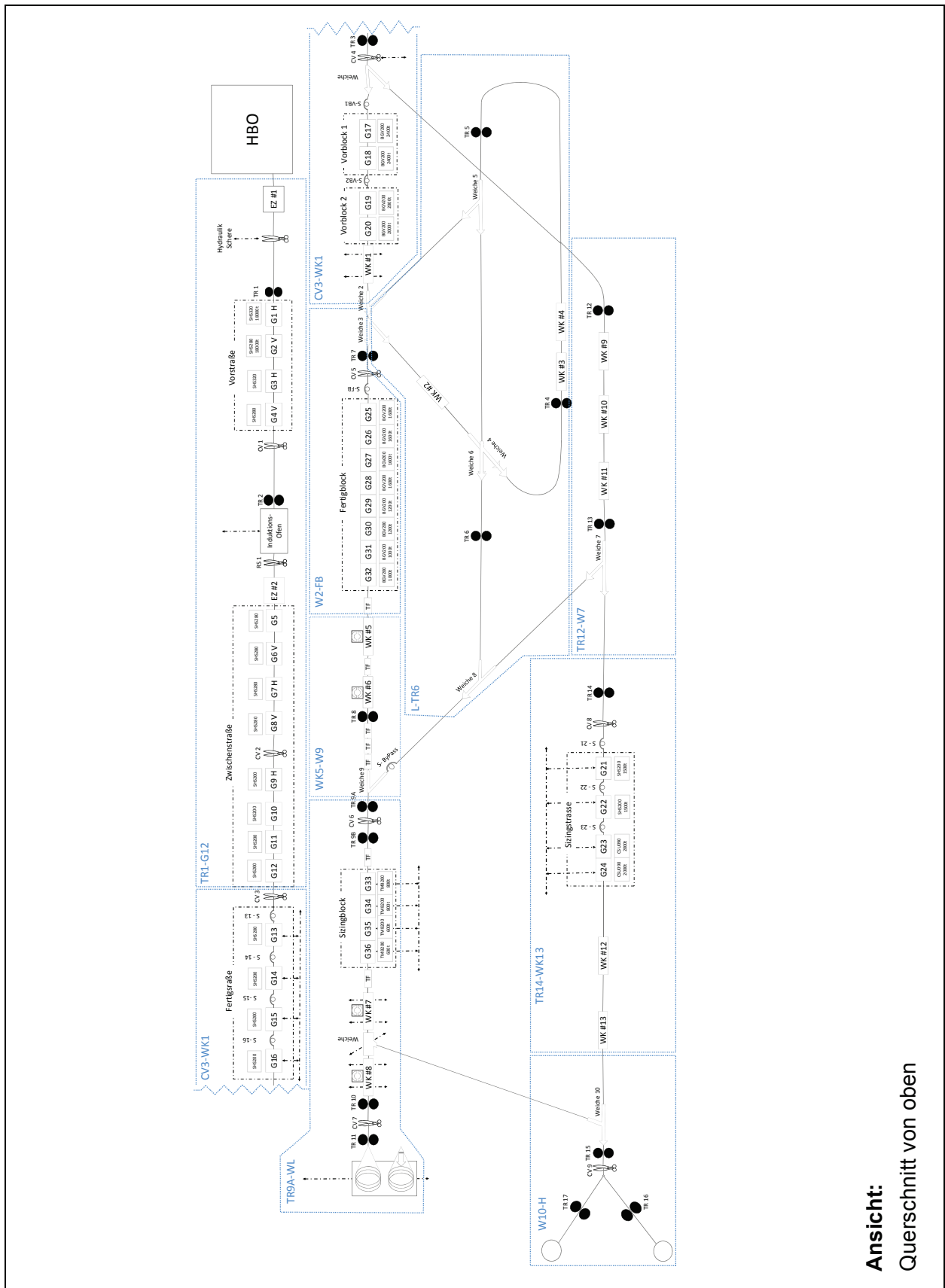


Abbildung 34: Arbeitsbereiche der Walzanlage¹⁴¹

¹⁴¹ Quelle: Layout aus Simulation (Changing Table Simulator), voestalpine Wire Rod Austria GmbH.

4.3.3 Berechnung Mindestabstand der Kräne

Für die spätere Krananalyse sowie für die Analyse der Umbau- und Betriebsmittellogistik muss ein Mindestabstand zwischen den Hallenkränen berechnet werden. Durch die konstruktiven Gegebenheiten ist eine gleichzeitige Nutzung zweier Kräne innerhalb des geforderten Mindestabstandes nicht möglich. Insgesamt befinden sich vier dieser Brückenkräne zur Manipulation der Anlage in der Halle A. Die Erklärung des Abstandes ist in Abbildung 35 nachvollziehbar (Beispiel Kranabstand Haken zu Haken zwischen AN3 und AN4), und die daraus folgende Berechnung ist in Tabelle 8 dargestellt. Alle Abstände bzw. Bemaßungen sind in Millimeter angegeben.

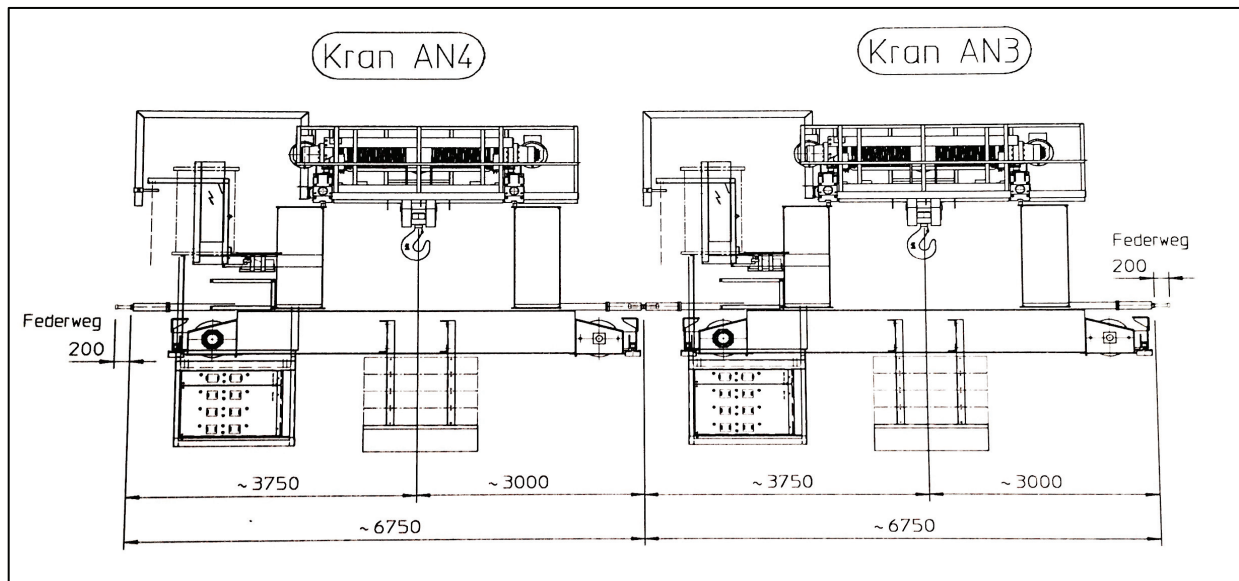


Abbildung 35: Kranabstand (Haken zu Haken)¹⁴²

Die Kräne AN1 und AN2 sind mit einem Hubwerk von 25 Tonnen ausgestattet, während die anderen zwei, AN3 und AN4, eine Last von 20 Tonnen heben und transportieren können. In der Tabelle 8 ist die Berechnung der Abstände zwischen den einzelnen Kränen dargestellt.

Tabelle 8: Berechnung des Mindestabstandes der Kräne

Abstand zwischen	Abstand Haken zu Haken	Sicherheitsabstand	Mindestabstand
AN1/AN2	6100	1250	7350
AN2/AN3	6350	1250	7600
AN3/AN4	6750	1250	8000

Die erste Spalte der Tabelle erklärt die Berechnung des Mindestabstandes zwischen zwei Kränen. In der Halle stehen vier Hallenkräne zur Verfügung (AN1 bis AN4), deshalb müssen drei Abstände eruiert werden. Die zweite Spalte beschreibt den Abstand von Haken zu Haken zweier Kräne, wenn diese bis zum Anschlagpunkt direkt nebeneinander angeordnet sind (siehe Abb. 35). Die erforderlichen Maße sind aus den Konstruktionszeichnungen der Kranbrücken ermittelt und zusätzlich im Anhang D zu finden. In der nächsten Spalte wird ein Sicherheitsabstand von 1250 mm definiert. Dieser Abstand ist wichtig, um einen Pufferbereich

¹⁴² Quelle: Ausschnitt Konstruktionszeichnung voestalpine Wire Rod Austria GmbH.

zwischen den Kränen zu schaffen, da diese theoretisch direkt zusammenfahren könnten. Durch den Puffer kann noch eine geringe Bewegung in Richtung des anderen Kranes erfolgen. Der Abstand zwischen den beiden Haken wird mit dem Sicherheitsabstand aufsummiert und ist in der letzten Spalte ersichtlich. Dieser gibt den Mindestabstand an, der zwischen zwei Kränen gegeben sein muss, damit die Umbautätigkeiten, bei denen ein Kraneinsatz erforderlich ist, parallel bearbeitet werden können. Zu erkennen ist, dass drei unterschiedliche Werte berechnet sind. Diese liegen im Bereich von 7350 mm bis 8000 mm und führen zum Ergebnis, dass der Mindestabstand aller Kräne beim höchsten Wert, nämlich 8000 mm bzw. 8 m, liegen muss. Das dient dazu, eine Standardisierung des Mindestabstandes zu ermöglichen. Dieser berechnete Wert ist für die weitere Untersuchung der Analysemethoden notwendig.

4.3.4 Analyse der Hauptumbauten

Mit Hilfe der Rüstmatrix und der Standardwalzgruppen können verschiedene Umbauprozesse analysiert werden. Diese Wechselprozesse lassen sich aus der Rüstmatrix ableiten, wobei Dimensionswechsel mit mehreren Tätigkeiten als Grundlage dienen. Daraus ergeben sich folgende Hauptumbauten, welche in Tabelle 9 aufgelistet sind.

Tabelle 9: Hauptumbauten der Dimensionen

Standardwalzgruppen [mm]	Innerhalb einer Standardwalzgruppe [mm]
6 auf 6,5	7,5 auf 8
8 auf 8,5	10 auf 10,5
9,5 auf 10	12 auf 12,5
11,5 auf 12	18,5 auf 19
14 auf 14,5	21,5 auf 22
17,5 auf 18	
20 auf 20,5	

In der linken Spalte dieser Tabelle sind die Dimensionswechsel zwischen den Standardwalzgruppen aufgelistet, welche sich auf sieben Szenarien belaufen. In der rechten Spalte sind zusätzlich verschiedene Umbauten innerhalb der einzelnen Standardwalzgruppen erkennbar. Das heißt, dort, wo in den Standardwalzgruppen mehrere Tätigkeiten anfallen, werden auch Analysen der Dimensionswechsel vorgenommen. Somit werden insgesamt zwölf verschiedene Szenarien analysiert und dokumentiert, um diese auf den Kran- sowie den Personaleinsatz hin zu untersuchen. Dadurch sollen die Rüstprozesse optimal gestaltet und Verschwendungen minimiert werden. Im laufenden Betrieb werden dann ca. zwölf Mitarbeiter an der Walzanlage eingesetzt, wobei bei den Rüstprozessen zusätzlich Mitarbeiter der Instandhaltung und der Mechanik hinzugerufen werden können. Die Downtime der

Rüstprozesse soll im minimalen Bereich liegen, um die Produktivität der Anlage zu erhöhen. Deshalb müssen die verschiedenen Szenarien analysiert werden.

Tätigkeitsanalyse der Rüstprozesse

Als erster Schritt zur Untersuchung müssen jegliche Tätigkeiten eines Rüstprozesses erfasst werden. Diese werden aus der Rüstmatrix eruiert und in Tabellenform dokumentiert. In dieser Analyse sowie bei den nächsten Schritten werden die Ergebnisse aller Umbauten betrachtet. Die Vorgehensweise der Analyse wird beispielhaft erklärt, alle Tabellen der Tätigkeitsanalysen der anderen Umbauten sind im Anhang E zu finden. Nachfolgend ist in Tabelle 10 die Tätigkeitsanalyse für den Dimensionswechsel von 6 mm auf 6,5 mm dargestellt.

Tabelle 10: Tätigkeitsanalyse des Umbaus von 6 mm auf 6,5 mm

Arbeitsbereich W2-FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Fertigblock	31–32: Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	31–32: Einbau der Leerführungen	5		-
	Ausbruchsrinnenführung	15	1	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
Arbeitsbereich WK5-W9:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Trockenführung	nach Fertigblock (1)	7	1	Hallenkran
Trockenführung	nach Wasserkasten #5 (2)	14	1	JIB #1
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	nach Wasserkasten #6 (2)	14	2	Hallenkran
Trockenführung	Bereich JIB #2 (2)	14	2	JIB #2
Trockenführung	Bereich JIB #3 (2)	14	2	JIB #3
Weiche 9		10	1	JIB #3
Arbeitsbereich TR9A-WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Schere CV6	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	vor Sizingblock (1)	7	1	Hallenkran
Sizing Block	Ringe/Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/Führungen (Modul 2)	5		-
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Schere CV7	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Windungsleger	Verschiebung Windungsleger	5	1	-

In dieser Tabelle sind alle Rüstaktivitäten des Dimensionswechsels von 6 mm auf 6,5 mm aufgelistet. Dabei sind die Tätigkeiten nach den Arbeitsbereichen gegliedert. Zusätzlich lassen sich die Informationen über den Zeitaufwand, die benötigte Personenanzahl und einen Kraneinsatz der Verbrauchsmaterialien der Aggregate ablesen. Tätigkeiten des Umbaus, die bereits offline vorgenommen, also bereits parallel zur Produktion bzw. vor dem Rüstprozess bearbeitet werden können, werden hier nicht berücksichtigt.

Visuelle Darstellung der Rüstprozesse

Um die örtlichen Gegebenheiten zu klassifizieren, werden die verschiedenen Rüsttätigkeiten in einem Layout abgebildet. Der Vorteil ist, dass durch das Abbilden der Rüstaktivitäten und die Darstellung der verschiedenen Kraneinsätze eine bessere Übersichtlichkeit der Bereiche gegeben ist. In der nachfolgenden Abbildung 36 ist das Umbaubeispiel von 6 mm auf 6,5 mm erklärt. Die Darstellungen aller Umbauten sind in standardisierter Form dokumentiert und lassen sich im Anhang F finden.

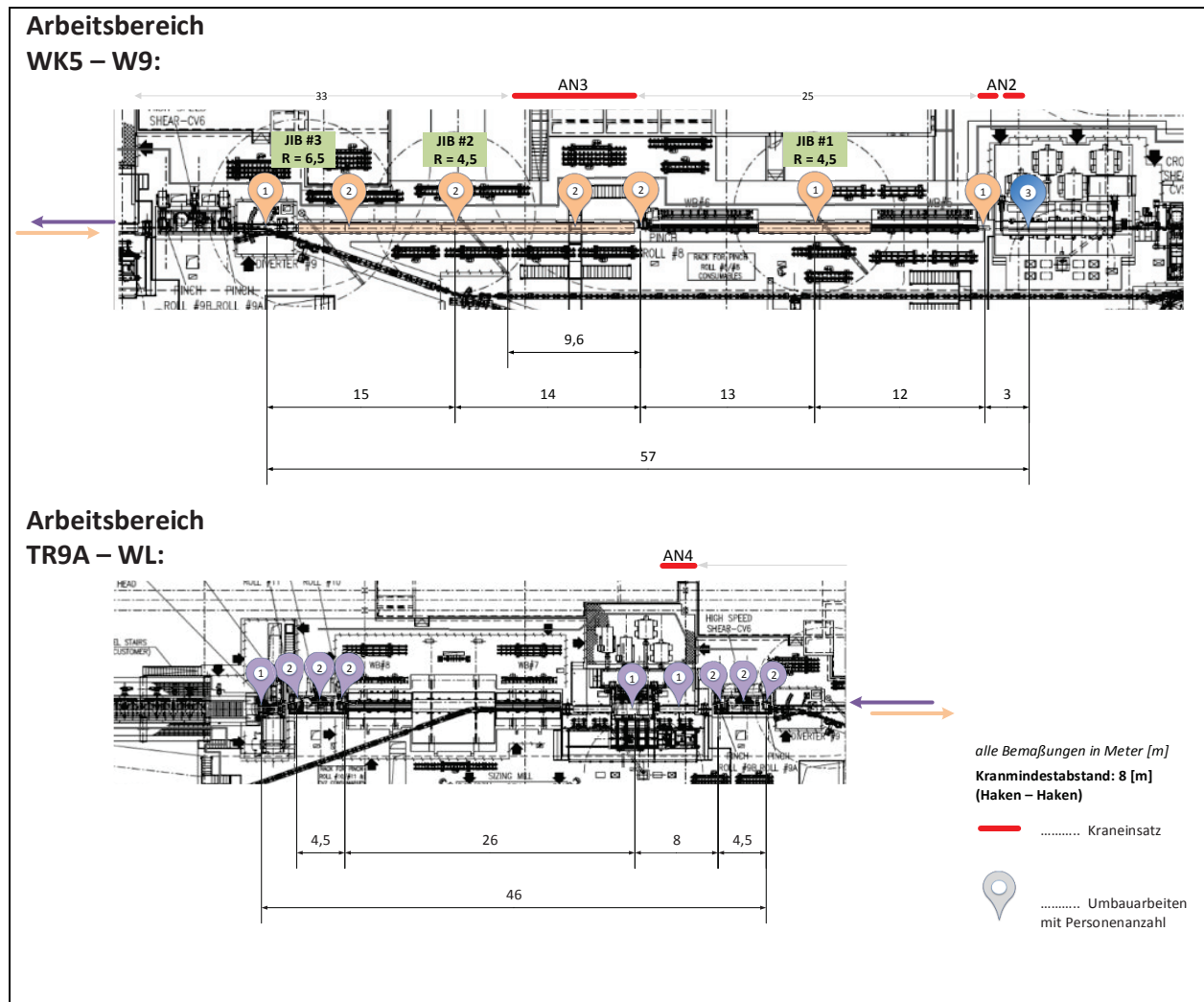


Abbildung 36: Visuelle Darstellung des Rüstprozesses von 6 mm auf 6,5 mm

In diesem Plan sind die verschiedenen Arbeitsbereiche extra gegliedert. Somit können die Tätigkeiten je nach Arbeitsbereich visualisiert und analysiert werden. In diesem Beispiel sind zwei verschiedene Abschnitte zu erkennen. Eigentlich müssten es aufgrund der Tätigkeitsanalyse drei Bereiche sein, da aber im ersten Arbeitsbereich nur ein zu rüstendes Aggregat anfällt und dieses genau neben dem anderen Arbeitsbereich liegt, sind diese zusammengefasst dargestellt. Rüsttätigkeiten werden durch Marker in unterschiedlichen Farben, abhängig vom Arbeitsbereich in den sie sich befinden, visualisiert. Zusätzlich ist in diesen Markern die Anzahl der für diese Tätigkeit benötigten Personen eingetragen, welche im weißen Kreis des Zentrums eines Markers zu erkennen sind. Eine Bemaßung der Abstände der verschiedenen Tätigkeiten hat den Zweck, Gruppierungen der Aktivitäten bezüglich der

Personenzuteilung einfacher zu erkennen, um nicht unnötige bzw. lange Wegstrecken zurücklegen zu müssen. Die Kraneinsätze sind oberhalb des Abschnittes durch einen roten Balken visualisiert. Dadurch kann eine Zuteilung der Kräne zu den Bereichen erfolgen.

Eine solche Darstellung ist für jede der genannten Umbauten angefertigt (siehe Anhang F). Diese sollen eine Visualisierung der Rüstprozesse im Bezug zu den örtlichen Gegebenheiten darstellen und sind essentiell für die weitere Planung und Analyse. Zusätzlich könnten diese als Logistikdiagramme für die Produktion und für Spaghetti-Diagramme (siehe Kapitel 3.3.2) verwendet werden.

Einteilung der Personal- und Kraneinsätze

Die gesamte Analyse hat den Zweck, die Anzahl der benötigten Personen sowie die Verfügbarkeit der Kräne transparent zu machen. In den vorherigen Schritten wurden die Rüstaktivitäten aufgelistet und visualisiert. Dabei findet eine Zuteilung der Personen zu den Tätigkeiten anhand einer gewissen Logik (unter Berücksichtigung der Kraneinsätze auf der Walzstraße) statt. Zudem werden verschiedene Varianten betrachtet, einerseits die Variante, um den Stillstand zu minimieren, und andererseits eine Version der Personalminimierung. Die verschiedenen Möglichkeiten werden anschließend in Zeitbalkendiagrammen visualisiert.

Die Logik der Zuteilung der Personen zu den Tätigkeiten der Variante „Stillstand minimiert“ lässt sich nach folgenden Parametern festlegen:

- Bestimmung, welche Tätigkeit die längste Bearbeitungszeit hat
- Differenzierung örtlicher Gegebenheiten (Arbeitsbereiche, Wegzeiten)
- Bildung von Gruppen anhand der Personenanzahl und der Tätigkeitsbereiche
- Berücksichtigung der Hallenkräne (Kontrolle im Zeitbalkendiagramm)

Diese vier Punkte der Parametrisierung der Logik erfolgen zum Teil in chronologischer Reihenfolge. Die Parameter stehen in einer gewissen Beziehung zueinander. Der erste Punkt beschreibt das Finden der längsten Bearbeitungszeit aller zu bearbeitenden Tätigkeiten. Ausgehend von dieser Zeit, die als minimale Stillstandszeit deklariert wird, können die anderen Tätigkeitszeiten zugeteilt werden. Der zweite Parameter ist für die örtlichen Gegebenheiten der Zuteilung zuständig. Tätigkeiten können nur von den Personen erledigt werden, die sich im gleichen Arbeitsbereich befinden oder in der Nähe des Einsatzortes sind. Dadurch sollen Wegzeiten verkürzt und somit der Prozess produktiver werden. Im dritten Punkt geht es darum, Tätigkeiten mit gleicher Personenanzahl und gleiche Arbeitsvorgänge zu clustern, um den Rüstprozess zu optimieren. Beispielsweise sollen mechanische Tätigkeiten (z. B. Scherenumbau) von den gleichen Personen erledigt werden, sofern die Aggregate nicht zu weit auseinander liegen. Abschließend müssen die Hallenkräne berücksichtigt werden, da ein Kran nicht zur selben Zeit zwei verschiedenen Orten zugeteilt werden kann. Zur Kontrolle und für den Fall einer Verschiebung der Kraneinsätze steht das Zeitbalkendiagramm zur Verfügung. Nachfolgend wird dieses an dem Beispiel des Umbaus von 6 mm auf 6,5 mm der Variante „Stillstand minimiert“ (siehe Abb. 37) dargestellt.

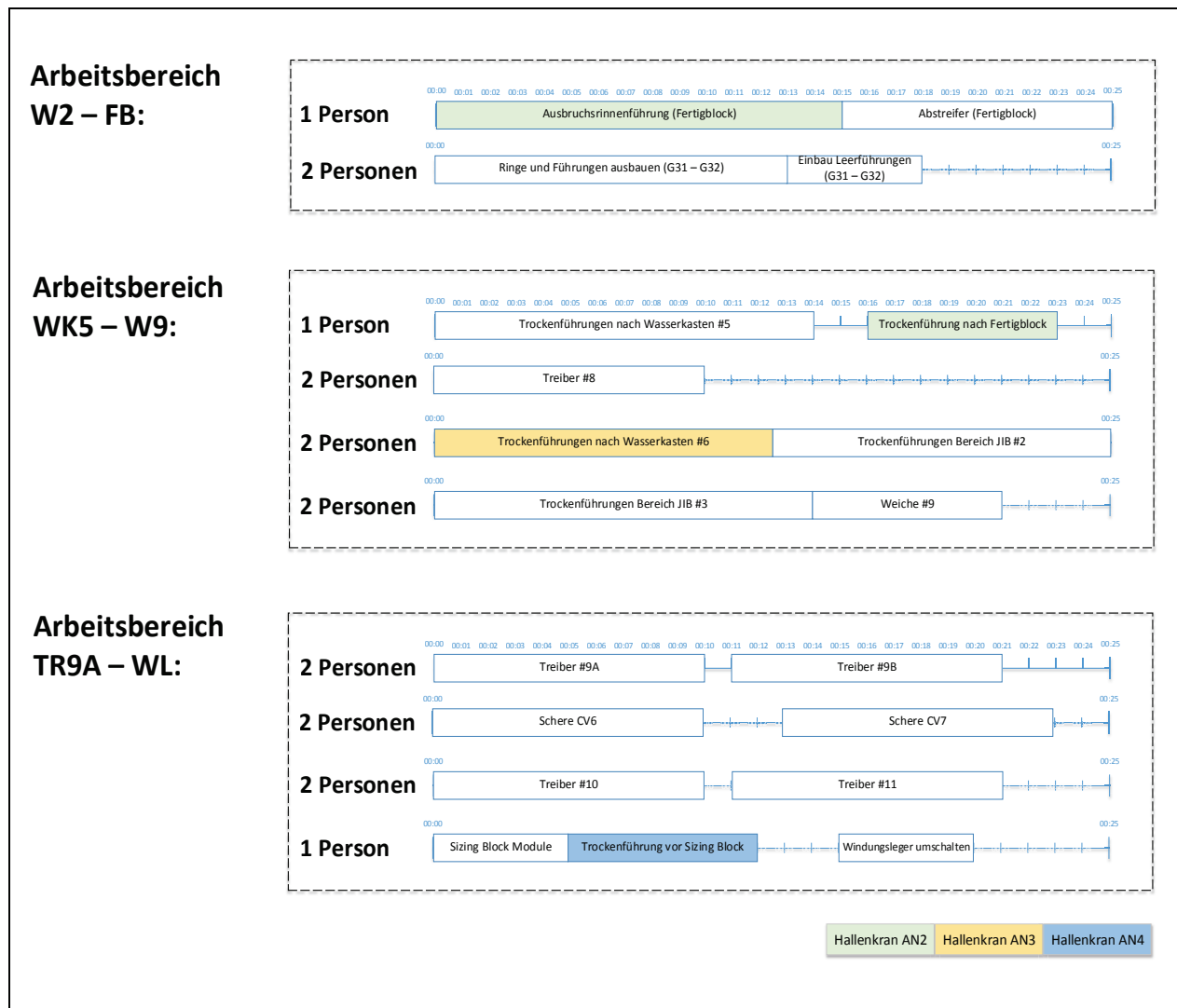


Abbildung 37: Zeitbalkendiagramm 6/6,5 Variante „Stillstand minimiert“

In dieser Abbildung sind drei verschiedene Bereiche zu erkennen. Diese sind durch unterschiedliche Rahmen gegliedert und definieren die Arbeitsbereiche des Rüstprozesses. Ganz oben ist die längste Bearbeitungszeit zu sehen, welche gleichbedeutend mit der Stillstandszeit ist. Auf der linken Seite aller Zeitachsen steht die Anzahl der für diese Tätigkeiten benötigten Personen. Die Zeitachse beginnt links (Wert „0“) und endet rechts mit der jeweiligen Gesamtzeit des Stillstandes. Jeder einzelne Balken definiert einen Zeitraum, der für diese Tätigkeit zur Verfügung steht. Somit werden die Tätigkeiten nach der vorher definierten Logik in Abhängigkeit zur Anzahl der Personen eingetragen. Aktivitäten mit Kraneinsatz sind farblich markiert, wobei jeder der Kräne eine eigene Markierung erhält. Somit dürfen keine Überschneidungen farblich gleicher Balken auf vertikaler Ebene vorliegen, da sonst ein Kran zur gleichen Zeit an verschiedenen Orten benötigt wird. Sollte dies der Fall sein, können die Tätigkeiten anders angeordnet werden, um diesem Problem auszuweichen. Somit dient dieses Diagramm auch zur Kontrolle und zur Übersicht über die Kranaktivitäten.

Jeder Umbau wird auch durch eine zweite Variante analysiert. Der Unterschied ist, dass statt der Zeit das Personal minimiert wird. Somit können zwei verschiedene Szenarien von Extremwerten verglichen werden. In der Variante „Personal minimiert“ wird prinzipiell die

gleiche Logik angewandt, nur mit dem Unterschied, dass der Fokus nicht auf der Zeitminimierung liegt. Bei diesem Beispiel werden die Zeiten höher angesetzt, um die Anzahl des benötigten Personals geringer zu halten. Nachfolgend ist die zweite Variante des Zeitbalkendiagrammes für den Dimensionswechsel von 6 mm auf 6,5 mm in Abbildung 38 dargestellt.

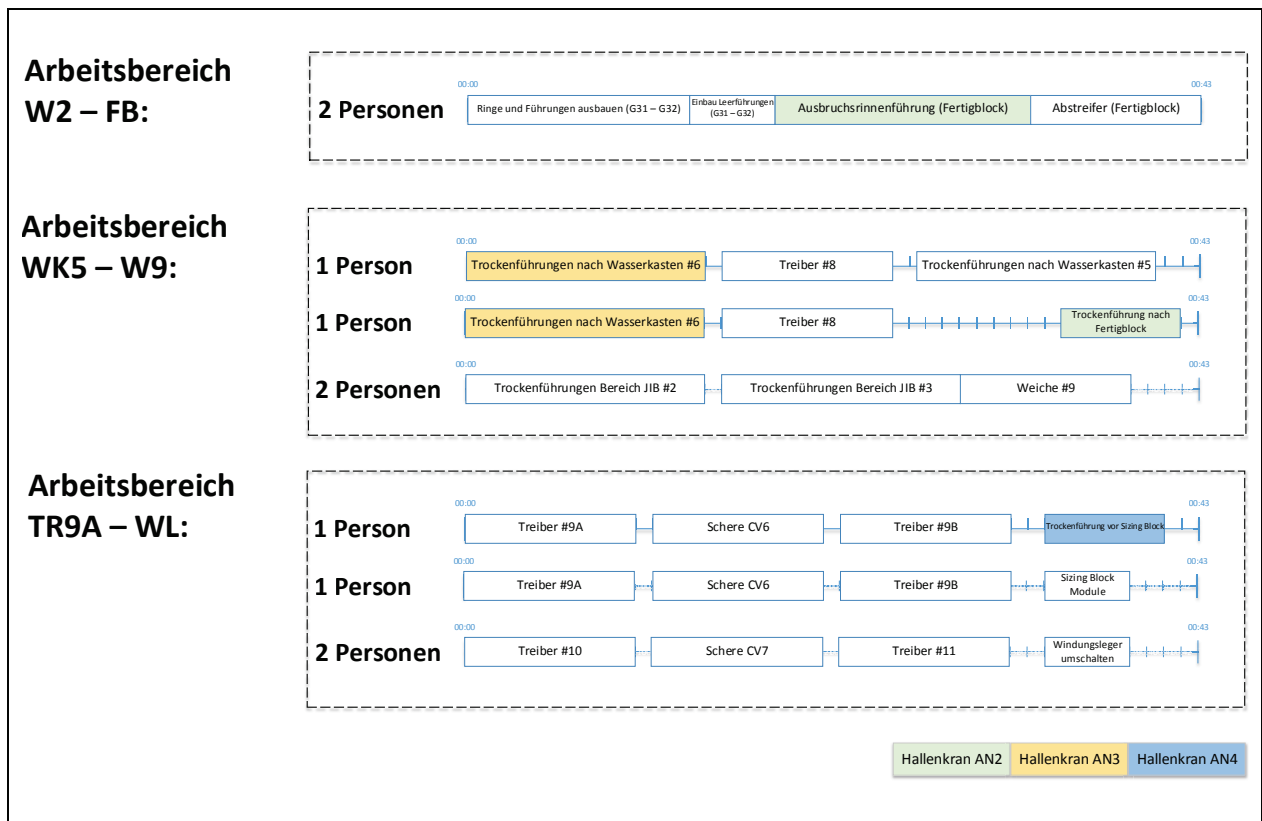


Abbildung 38: Zeitbalkendiagramm 6/6,5 Variante „Personal minimiert“

Es ist sofort zu erkennen, dass es hier weniger Zeitachsen gibt. Dies bedeutet, dass weniger Personal für den Umbau eingesetzt werden muss als bei der anderen Variante. Beim Szenario „Stillstand minimiert“ werden 17 Personen, beim Szenario „Personal minimiert“ zehn Personen benötigt. Die daraus erhaltenen Ergebnisse werden nachfolgend genauer betrachtet. Alle Zeitbalkendiagramme der anderen Umbauten sind im Anhang G hinzugefügt.

Ergebnisse der Analyse

Durch die gesamte Analyse der verschiedenen Dimensionsumbauten konnte eine Vielzahl von Daten gewonnen werden. Diese Informationen werden in Diagrammen visualisiert und analysiert. Die gewonnenen Daten sind in der nachfolgenden Tabelle 11 aufgelistet. Daraus wird ersichtlich, mit wie viel Personal und Stillstandszeit bei welchen Umbauten zu rechnen ist. Zusätzlich kann der Einsatz von benötigten Kränen abgelesen werden. Im laufenden Betrieb ist dann mit ca. zehn bis zwölf Personen (= Walzpersonal) für den Rüstprozess zu rechnen. Jedoch können Personen aus den Bereichen der Instandhaltung, Mechanik und Elektrik hinzugezogen werden, um die Stillstandszeit möglichst gering zu halten. In der Spalte „Variante“ sind drei unterschiedliche Definitionen zu finden. Einerseits die beiden schon vorher erklärten Szenarien „Stillstand minimiert“ und „Personal minimiert“, andererseits der Begriff „fixer Umbau“. Der Unterschied zu den ersten beiden Szenarien ist, dass beim „fixen Umbau“ nur

eine Variante möglich ist. Dies erklärt sich dadurch, dass dort die Möglichkeit einer Veränderung bezogen auf das Personal bzw. die Stillstandszeit nahezu nicht gegeben ist.

Tabelle 11: Ergebnisse der Analyse

Umbau	Variante	Personal	Stillstandszeit [min]	Kraneinsatz
6 auf 6,5	Stillstand minimiert	17	25	AN2 + AN3 + AN4
7,5 auf 8	Stillstand minimiert	9	18	-
9,5 auf 10	Stillstand minimiert	11	34	AN2 + AN3 + AN4
11,5 auf 12	Stillstand minimiert	4	15	AN4
12 auf 12,5	Stillstand minimiert	7	25	AN3 + AN4
17,5 auf 18	Stillstand minimiert	9	21	AN2 + AN3 + AN4
18,5 auf 19	Stillstand minimiert	7	25	AN3 + AN4
21,5 auf 22	Stillstand minimiert	5	10	-
8 auf 8,5	fixer Umbau	7	25	AN3 + AN4
10 auf 10,5	fixer Umbau	5	10	-
14 auf 14,5	fixer Umbau	6	40	AN4
20 auf 20,5	fixer Umbau	2	40	AN4
6 auf 6,5	Personal minimiert	10	43	AN2 + AN3 + AN4
7,5 auf 8	Personal minimiert	7	20	-
9,5 auf 10	Personal minimiert	7	59	AN2 + AN3 + AN4
11,5 auf 12	Personal minimiert	2	28	AN4
12 auf 12,5	Personal minimiert	4	35	AN3 + AN4
17,5 auf 18	Personal minimiert	6	33	AN3 + AN4
18,5 auf 19	Personal minimiert	4	35	AN3 + AN4
21,5 auf 22	Personal minimiert	3	20	-

Die vorhandenen Daten der Analyse werden in Diagrammen dargestellt. In Abbildung 39 sind die Umbauten der Standardwalzgruppen eingetragen. Auf der Ordinate ist die Stillstandszeit, abhängig von den Werten der Personenanzahl auf der Abszisse aufgetragen. Somit wird eine Beziehung zwischen Stillstandszeit und Personenanzahl abgebildet. Es gibt drei verschiedenfarbige Punktarten. Diese stehen für die Bedeutung der unterschiedlichen Varianten und werden rechts in der Legende erklärt. Die Information, um welchen Dimensionsumbau es sich handelt, ist neben jedem einzelnen Punkt erkennbar. Da mehrere Varianten der Umbauten eingetragen sind, muss auf eine mögliche falsche Interpretation geachtet werden. Klar zu erkennen ist aber, dass nahezu alle Punkte in einem akzeptablen Bereich, bezogen auf die Stillstandszeit und das Personal, liegen. Diese sind durch einen orangen strichlierten Rahmen eingegrenzt. Ausnahmen sind die zwei anderen Punkte außerhalb des Rahmens. Dies sind der blaue Punkt („Stillstand minimiert“) des Umbaus von 6 mm auf 6,5 mm ganz rechts im Diagramm und der rote Punkt („Personal minimiert“) des Umbaus von 9,5 mm auf 10 mm an der am höchsten liegenden Stelle. Die Werte für die Personenanzahl und den Stillstand liegen weit entfernt von der Kapazität der zur Verfügung gestellten Personen bzw. weichen sie von der Zielsetzung, die Stillstandszeit zu minimieren, enorm ab. Natürlich sind dies nur theoretisch geplante Werte, die in der Realität abweichen können. Diese Vergleiche der Varianten sind Extremwerte und sollen eine Übersicht dieser darstellen.

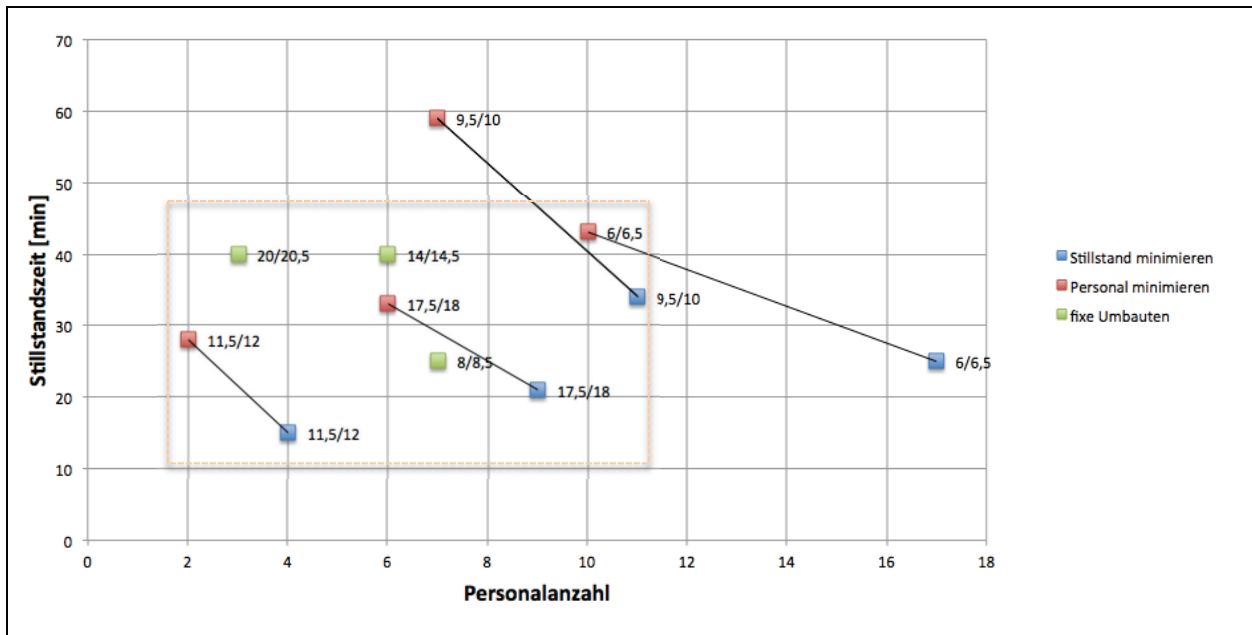


Abbildung 39: Personal/Stillstandszeit – Diagramm der Standardwalzgruppen

Zusätzlich sind in Abbildung 39 Trendlinien zwischen den verschiedenen Varianten der gleichen Umbauten ersichtlich. Die Endpunkte können als Extremwerte interpretiert werden, woraus sich Annahmen der stillstandsbezogenen Zeiten in Relation zur benötigten Personenanzahl ableiten lassen. Es handelt sich hier nicht um eine Geradenfunktion, weil die Werte bei unterschiedlicher Personenanzahl variieren können. Im laufenden Betrieb wird dann durch die Eingabe der Personenanzahl das Optimum der Stillstandszeit in der Simulation CTS berechnet.

Zusätzlich sind auch die bereits erwähnten Umbauten innerhalb der einzelnen Walzgruppen (siehe Tabelle 9) visualisiert, welche nachfolgend in Abbildung 40 dargestellt sind.

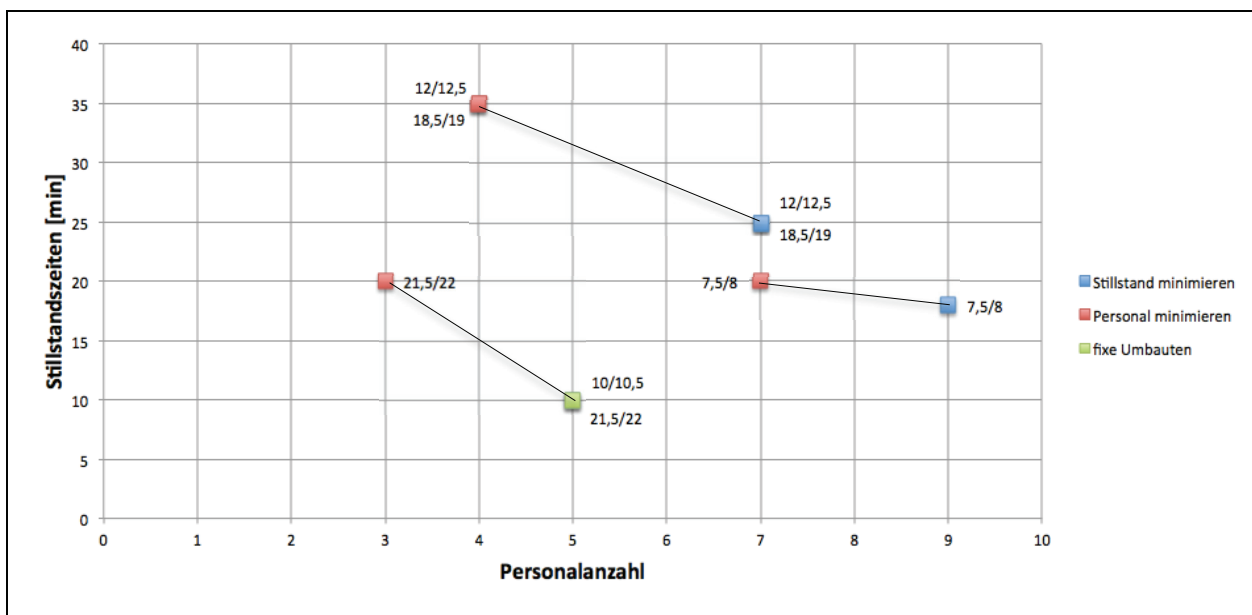


Abbildung 40: Personal/Stillstandszeit – Diagramm innerhalb der Standardwalzgruppen

Zu erkennen ist, dass all diese Werte nicht über eine Stillstandszeit von 35 Minuten oder eine Anzahl von neun Personen hinausragen. Somit bewegen sich diese Werte in einem akzeptablen Bereich und stellen keine Probleme für die Planung des Betriebes dar.

Die Informationen, die aus diesen Diagrammen gewonnen werden, können für andere Bereiche, z. B. der Personalplanung und der Umbauleistik, genutzt werden. Zusammenfassend ist zu sagen, dass diese Analyse ein Grundkonzept für die Darstellung der benötigten Personen in Abhängigkeit zur Stillstandszeit ist. Darüber hinaus erfolgt eine Zuteilung der Kräne, die im Punkt 4.3.5 genauer beschrieben wird. Aufgrund der frühen Phase dieser Analyse der Rüstprozesse werden diese Daten als Richtlinie und Informationsquellen genutzt. Sie werden jedoch für die weitere Planung nur teilweise in Betracht gezogen, da sich im Laufe des Projektes verschiedene Optimierungen bezüglich der Bausätze ergaben. Dadurch können Abweichungen vom Ist-Zustand der Prozesse zu dieser Analyse entstehen.

Prozesslogik

Für die vorhandene Logik bezüglich der Einteilung des Personals zu den Tätigkeiten der Rüstprozesse in Abhängigkeit der Stillstandszeit ist ein Schema entwickelt worden. Diese Logik soll anhand des bereits beschriebenen Prinzips ansetzen und den Prozess in einem Flussdiagramm darstellen. Dies soll als Grundlage für eine Programmierung, zur Automatisierung der Berechnungen in der Simulation CTS, dienen. Somit kann durch Veränderung der Daten eine Neuberechnung des Personal- und Kraneinsatzes erfolgen. Das Flussdiagramm soll in erster Linie als eine Hilfestellung der Programmierungsmethodik und der logischen Abläufe der notwendigen Parameter verstanden werden. Dieses Diagramm ist im Anhang H hinzugefügt.

4.3.5 Krananalyse

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse der Rüstprozesse, deshalb müssen auch die für diesen Wechselprozess notwendigen Betriebsmittel, beispielsweise Kräne, auf ihre Verfügbarkeit untersucht werden. Da es nur eine limitierte Anzahl von Kränen gibt, ist deren optimale Einteilung zu den Rüsttätigkeiten erforderlich. Wie bereits erwähnt, stehen für die Rüstprozesse vier Hallenkräne auf der gesamten Anlage zur Verfügung. Zwei Kräne (AN1 und AN2) sind für die Walzstraße eingeplant. Deshalb beschäftigt sich diese Analyse mit der optimalen Zuteilung beziehungsweise Verfügbarkeit der Kräne auf der Drahtlinie inklusive des Loop-Bereichs. Dadurch soll der Einsatz der anderen zwei Kräne (AN3 und AN4) für jegliche Umbauprozesse untersucht werden, da sonst Überlegungen bezüglich einer weiteren Investition eines Hallenkranes erfolgen müssen. Die Analyse unterteilt sich in mehrere Aufgabenschritte, die anschließend in Diagrammen visualisiert werden. Der erste Schritt ist die Einteilung der Kranaktivitäten in Tätigkeitsgruppen. Durch eine Tätigkeitsanalyse konnten die Daten bezüglich der Aktivitäten, die einen Kraneinsatz erfordern, aus der Rüstmatrix abgelesen werden. Die daraus definierten Tätigkeiten sind in Abbildung 41 durch einen orangefarbenen Balken im Layout gekennzeichnet. Danach werden die Tätigkeiten nach den erwähnten Tätigkeitsgruppen gegliedert, welche jeweils durch eine schwarz strichlierte Umrandung ersichtlich sind. Unter dem Begriff der Tätigkeitsgruppen versteht man das Zusammenfügen von Tätigkeiten, die mit demselben Kran bearbeitet werden müssen. Die Grundidee ergibt sich aus dem bereits berechneten Mindestabstand zweier Kräne von acht Metern. Ist dieser zwischen zwei Rüstaktivitäten nicht gegeben, müssen die Tätigkeiten mit demselben Kran erledigt werden, und diese Aktivitäten bilden eine Gruppe. Deshalb können die Arbeiten nicht parallel erfolgen.

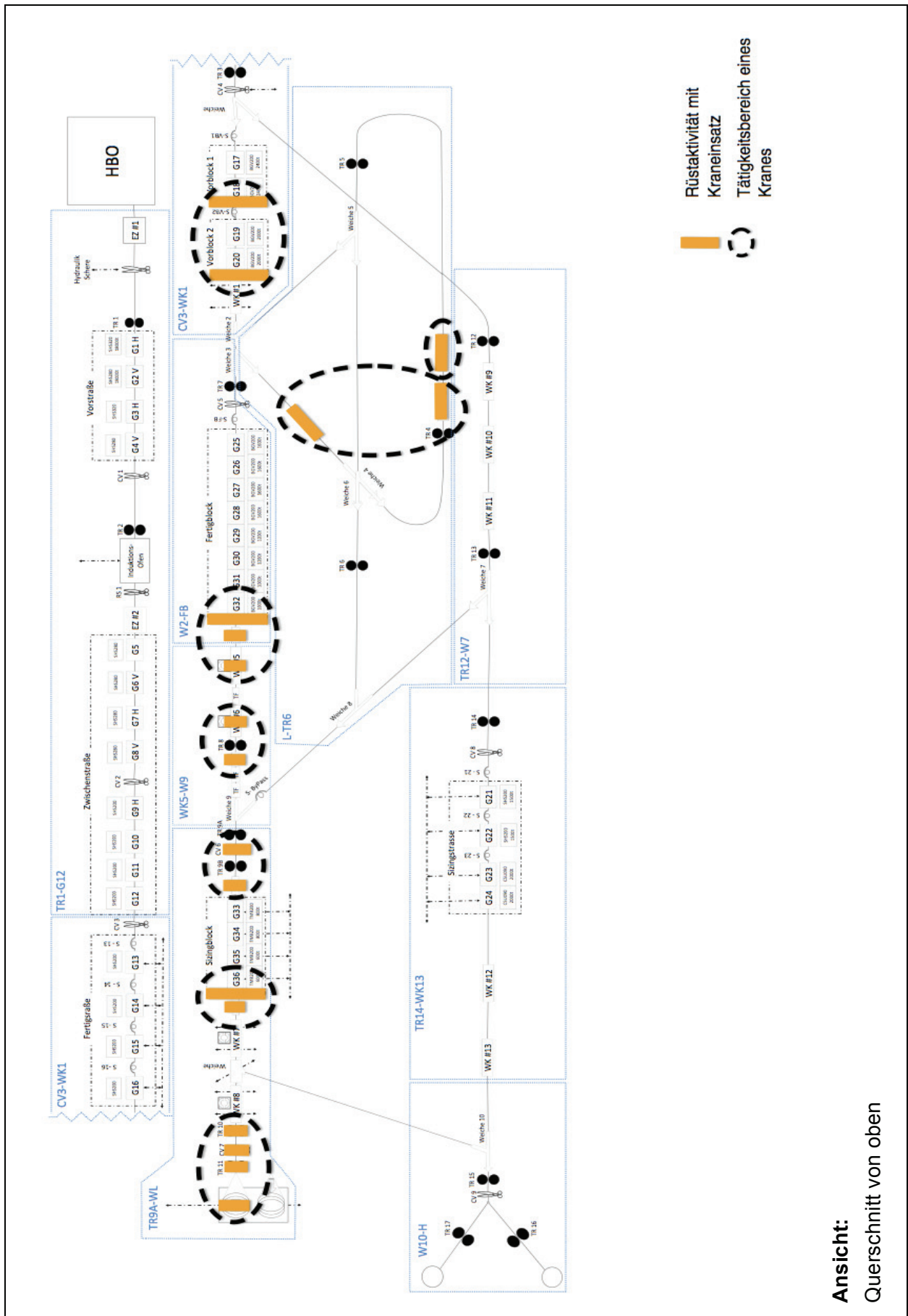


Abbildung 41: Visualisierung Kranaktivitäten und Tätigkeitsgruppen

Aus den vorliegenden Definitionen wird eine Kranmatrix erstellt. Diese Matrix ist wie die Rüstmatrix aufgebaut, mit dem Unterschied, dass nur die Kranaktivitäten eingetragen sind. Ein schwarzer Balken definiert diesmal einen Kraneinsatz und nicht wie bei der Rüstmatrix einen Wechselprozess. Die Kranmatrix soll der übersichtlichen Darstellung jeglicher Kraneinsätze dienen und ist im Anhang I hinzugefügt.

Eine leicht abgeänderte Version, jedoch mit dem gleichen Inhalt der Kranmatrix versehen, stellt das Diagrammschaubild der Kranmatrix, welches in Abbildung 42 zu sehen ist, dar. Diese Darstellung definiert ein XY-Diagramm, bei dem auf der Abszisse die verschiedenen Umbauten und auf der Ordinate die unterschiedlichen Arbeitsbereiche eingetragen sind. Zu erkennen sind mehrere Kreise im Diagramm, wobei jeder einzelne eine Wechseltätigkeit mit Kraneinsatz im geforderten Arbeitsbereich beschreibt. Zusätzlich ist im Zentrum dieser Kreise die Dauer des Arbeitsvorganges eingetragen. Außerdem besitzen die verschiedenen Aktivitäten unterschiedliche Farbgruppierungen, wodurch die Tätigkeitsgruppen der Kräne visualisiert sind. Die Bezeichnung (in grauer Farbe) neben jedem einzelnen Kreis beschreibt, bei welchem Aggregat die Wechseltätigkeit zu erledigen ist. Die Bezeichnungen der Aggregate sind nach den Abkürzungen dieser beschrieben, welche im Anhang C zu finden sind. Auf den ersten Blick ist zu erkennen, dass die meisten Kraneinsätze im letzten Arbeitsbereich anfallen. Außer bei den zwei Umbauten (9,5/10 und 17,5/18) bewegt man sich in einer anderen Umgebung. Diese Informationen können für die verschiedenen Belegungsplätze der Kräne in der Halle verwendet werden.

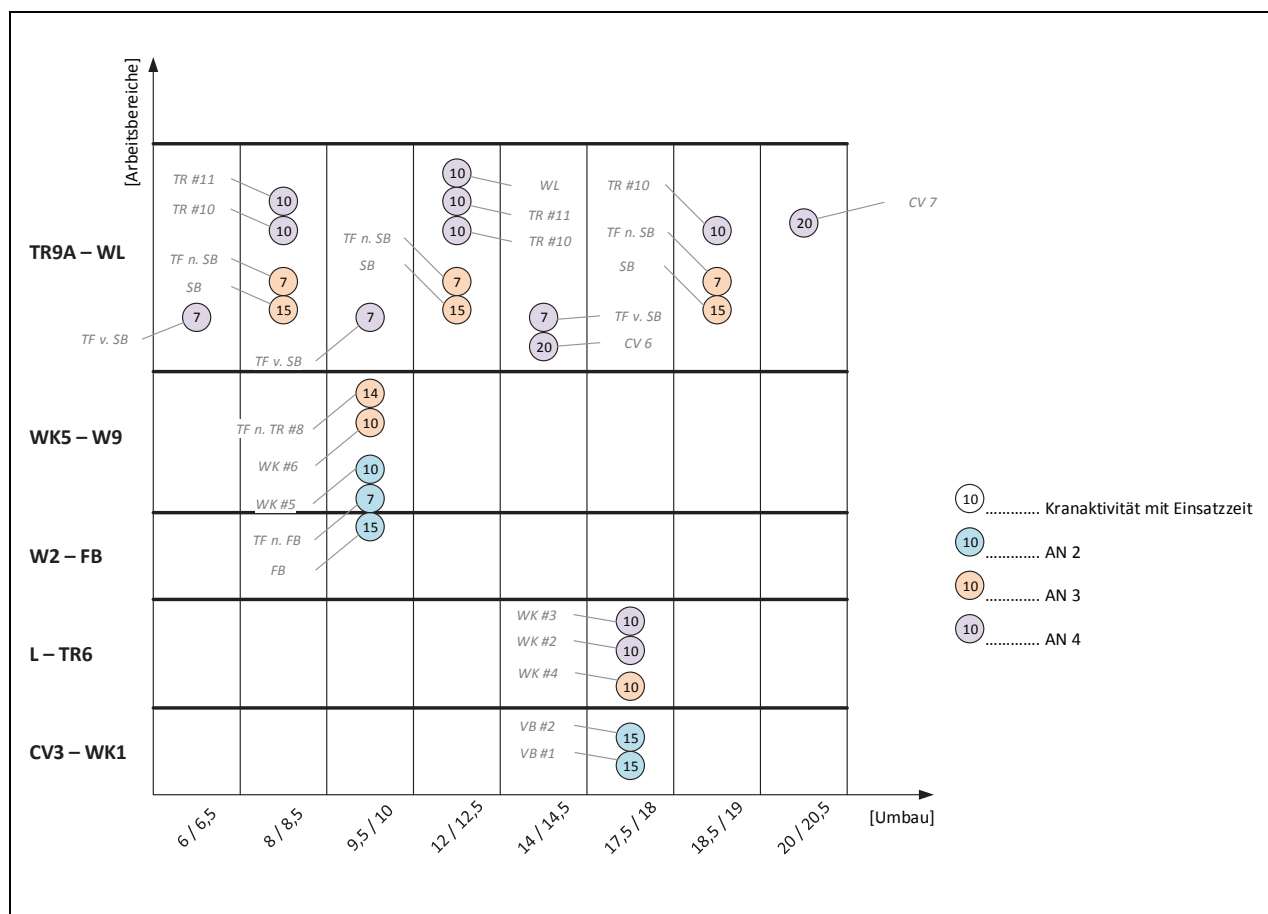


Abbildung 42: Diagrammschaubild der Kranmatrix

Aus der unterschiedlichen farblichen Markierung der einzelnen Kreise ist die Anzahl der benötigten Kräne je Umbau ableitbar. Vorab ist zu erwähnen, dass sich diese Einteilung rein spezifisch auf die Tätigkeitsgruppen bezieht und keine weiteren Parameter wie etwa Zeit und Entfernung berücksichtigt werden. Diese Anzahl der Kräne je Umbau bezüglich der Tätigkeitsbereiche der Kräne ist in der nachfolgenden Tabelle 12 nochmals visualisiert.

Tabelle 12: Anzahl der benötigten Kräne je Umbau

Umbau [mm]	Anzahl der benötigten Kräne (Kranfamilien)
6 auf 6,5	1
8 auf 8,5	2
9,5 auf 10	3
12 auf 12,5	2
14 auf 14,5	1
17,5 auf 18	3
18,5 auf 19	2
20 auf 20,5	1

Zwei Kräne stehen für den Bereich der Walzlinie und zwei Kräne für den Bereich der Drahtlinie zur Verfügung. In Tabelle 12 ist zu erkennen, dass, außer bei zwei Umbauten, nicht mehr als zwei Kräne benötigt werden. Beim Umbau von 9,5 mm auf 10 mm und von 17,5 mm auf 18 mm sind laut Einteilung bezüglich der Tätigkeitsgruppen drei Kräne eingetragen. Jedoch können zur Optimierung der Krananzahl noch weitere Parameter berücksichtigt werden.

Zwei wesentliche Faktoren sind die Kühlprogramme und die optimale Gestaltung des Standardwalzplanes. Eine Alternative könnte die Produktion eines Drahtes einer Garrett-Walzung vor einem dieser zwei oben genannten Umbauten darstellen. Das heißt, somit könnten die Rüsttätigkeiten im Offline-Betrieb vorbereitet werden, da auf einer anderen Linie produziert wird. Dadurch wäre genug Zeit für den Umbau. Ebenfalls wirken sich die Kühlprogramme auf die Zeit des Umbaus aus. Jedoch werden diese Faktoren nicht berücksichtigt, da die Informationen noch nicht vorhanden waren.

Ein weiterer Parameter zur Optimierung der Krananzahl sind die den Umbau betreffenden Zeiten der Kranaktivitäten. Dadurch können verschiedene Tätigkeitsgruppen vom gleichen Kran bearbeitet werden, unter der Voraussetzung, dass die aufsummierten Zeiten der Einsätze je Krangruppe die gesamte Stillstandszeit nicht überschreiten und keine Verschwendungen bei den Wegzeiten entstehen. In der nachfolgenden Abbildung 43 sind die Beziehungen der Umbauten zu den Kraneinsatzzeiten der jeweiligen Tätigkeitsgruppe abgebildet. Vorab ist zu

erwähnen, dass sich die Zeiten nur auf die Kranaktivitäten und nicht auf den gesamten Umbau beziehen.

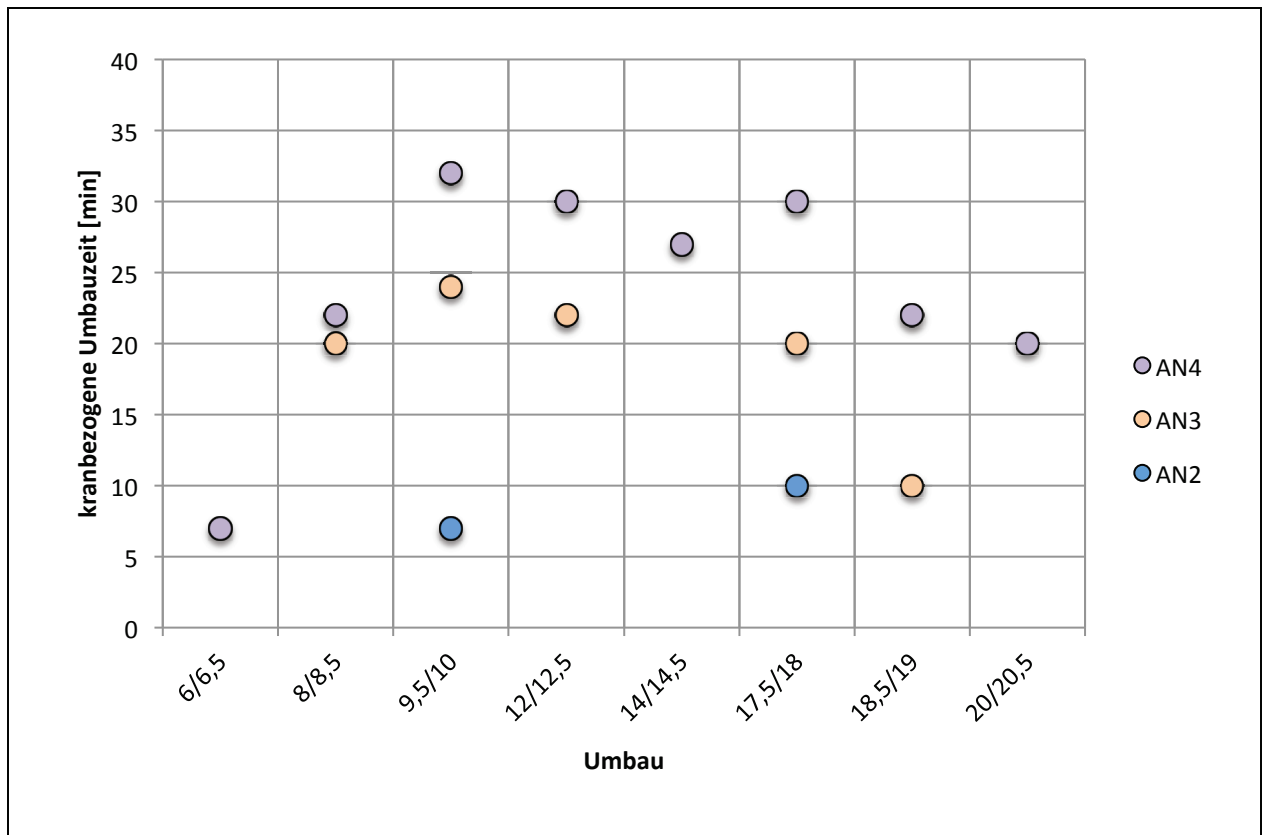


Abbildung 43: Kraneinsätze mit Zeitbezug

Die einzelnen Kreise in der Abbildung stehen für die einzelnen Einsatzzeiten der Tätigkeitsgruppen der Kräne bei den jeweiligen Umbauten. Die unterschiedlichen farblichen Markierungen entsprechen des eingesetzten Kranes (siehe auch Abbildung 42). Die Einsatzzeiten werden im Mittelpunkt (horizontale Ebene) jedes Kreises abgelesen. Das Hauptaugenmerk liegt auf den beiden Umbauten mit drei Kränen, wobei die höchsten Bearbeitungszeiten der Kraneinsätze in einem relativ hohen Bereich liegen. Durch diese hohen Umbauzeiten einer Tätigkeitsgruppe stellt es kein Problem dar, die Tätigkeiten mittels zwei Kränen zu bearbeiten. Aus Abbildung 43 ist ersichtlich, dass sich durch eine optimale Zuteilung der Umbauten auf zwei Kräne, die Kranstillstandszeiten nicht wesentlich verschieben, da die Werte einer Tätigkeitsgruppe exakt gleich bleiben. Somit können auch diese zwei Umbauten mit zwei Kränen bewerkstelligt werden. Der einzige Parameter der hier nicht berücksichtigt wird, ist dieser der Wegzeiten. Durch längere Wegzeiten können sich die Umbauzeiten nach oben hin verschieben.

Weitere Betrachtungen der Krananalyse konnten nicht mehr vorgenommen werden. Aufgrund der zu diesem Zeitpunkt noch nicht vorhandenen Informationen wurden keine weiteren Ergebnisse präsentiert. Trotzdem lässt sich sagen, dass die Anzahl der geplanten Hallenkräne im Hinblick auf die Rüstprozesse ausreichend sind und keine Investitionen erfolgen müssen.

4.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde zunächst die Ausgangssituation der Arbeit vorgestellt, um sich einen Überblick über das Tätigkeitsfeld zu verschaffen. Ausgehend von einer Ist-Analyse erfolgte die Analyse der Rüstprozesse inklusive der Betriebsmittellogistik. Zudem wurde eine Rüstmatrix der gesamten Anlage erstellt, um jegliche Rüstprozesse in den zusätzlich definierten Arbeitsbereichen zu identifizieren. Außerdem können aus dieser Rüstmatrix die Informationen bezüglich der Rüstzeit und der Betriebsmittel abgelesen werden. Danach wurden alle Hauptumbauten der Anlage einer Analyse der Rüstaktivitäten unterzogen, wobei die Ergebnisse als Grundlage für strategische Entscheidungen dienen können. Zudem wurden die Brückenkräne genauer auf ihre Verfügbarkeit hin untersucht, um eventuelle Entscheidungen bezüglich Investitionen zu erleichtern.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Technologien entwickeln sich ständig weiter und zugleich wachsen die Qualitätsanforderungen und Kundenansprüche. Dadurch ist es für Unternehmen notwendig, in neue Anlagen zu investieren, um auf dem Markt bestehen zu können. Für eine effiziente Inbetriebnahme einer Neuanlage müssen vorab jegliche Prozesse der Produktion und Instandhaltung genau geplant, analysiert und gestaltet werden. Um die Produktivität zu erhöhen und zugleich Verschwendungen zu vermeiden, müssen nicht wertschöpfende Tätigkeiten optimal durchgeführt werden. Dabei spielen die Rüstprozesse eine wesentliche Bedeutung. Während des Rüstens wird die Anlage nicht produktiv genutzt, somit kann die Investition keinen Ertrag bringen. Der Fokus liegt auf der Erhöhung der Effizienz der Anlage. Zur besseren Abwicklung der Analyse bzw. Planung der Rüstprozesse können verschiedene Methoden angewandt werden.

In den theoretischen Kapiteln der Arbeit wurde auf die verschiedenen Verschwendungsarten, die in der Produktion auftreten können, näher eingegangen. Denn diese beeinflussen die Produktivität eines Systems. Für die kontinuierliche Verbesserung in allen Bereichen eines Unternehmens ist TPM zuständig. Dabei geht es hauptsächlich um die Eliminierung von Verlusten in der Produktion und Instandhaltung. Zudem wurde näher auf die Analyse- und Optimierungsmethoden des Rüstprozesses eingegangen. Eines der am häufigsten angewandten Verfahren ist die SMED-Methode, mit der die Rüstzeit reduziert werden soll. Dabei liegt der Fokus auf der Organisation der Vorbereitungen des Rüstprozesses. Mit dem Prinzip des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses können Prozesse in kleinen Schritten optimiert und standardisiert werden, sodass keine Redundanz von Maßnahmen entsteht.

Im praktischen Teil dieser Masterarbeit ist das Primärziel die Erstellung eines Übersichtsplanes, der die Rüstaktivitäten der gesamten Walzanlage darstellt. Dieser soll den Mitarbeitern einen Überblick über ihre Aufgabenbereiche ermöglichen und auch zu Schulungszwecken dienen. Der Plan wurde Schritt für Schritt entwickelt. Ausgehend von der Anlagendokumentation wurden technische Fakten verdichtet und in tabellarische Form gebracht. Somit konnte ein Übersichtsplan in Form einer Rüstmatrix erstellt werden.

Diese Rüstmatrix ist die Ausgangsbasis für die Analyse aller Dimensionsumbauten und dient als Grundlage für weitere Entscheidungen und Optimierungen. Anhand dieser Matrix konnte eine Tätigkeitsanalyse der zwölf Hauptumbauten durchgeführt werden. Zusätzlich sind Informationen des Personal-, Zeit- und Betriebsmittelbedarfs aus der Rüstmatrix ersichtlich. Bei der Analyse der Rüstprozesse wurden zuerst alle Rüstaktivitäten sowie auch Betriebsmittel in einem Layout visuell dargestellt. Dies hat den Zweck, einen Überblick über die örtlichen Gegebenheiten zu schaffen, um eine optimale Zuteilung zu ermöglichen. Durch eine Einteilung der Walzstraße in Arbeitsbereiche können Wegzeiten der Mitarbeiter verringert werden. Mit Hilfe von Zeitbalkendiagrammen ist es möglich, eine Zuteilung des Personals und der Betriebsmittel zu erhalten. Die Diagramme sind notwendig, um darzustellen, welcher Mitarbeiter

für welche Tätigkeiten in welchem Arbeitsbereich innerhalb der Stillstandszeit zur Verfügung steht. Zusätzlich erfolgte eine Analyse der für die Umbauten benötigten Kräne.

Eine Herausforderung entstand durch das Verfassen der Arbeit in der Montagephase der Anlage. Im Zuge des Detail Engineering und Design Review konnten zwar die Informationen der Rüstmatrix für Optimierungen verwendet und realisiert werden. Jedoch kam es laufend zu Veränderungen der Bausätze der Wechselteile. Dadurch mussten die Analysen neu berechnet werden oder die Ergebnisse weichen leicht von der Realität ab. Auf der Basis dieser Ausgangslage wurde eine Prozesslogik für die automatisierte Zuteilung des Personals zu den Tätigkeiten des Rüstprozesses in einem Flussdiagramm visualisiert. Dieses Flussdiagramm kann als Grundlage für die Programmierung in der Simulation CTS dienen.

Als Ausblick kann ergänzt werden, dass im Februar 2016 die weltweit modernste und innovativste Drahtwalzstraße in Betrieb genommen wird. Die Rüstprozesse sind seit Oktober 2015, also vier Monate vorher, beschrieben. In diesen vier Monaten werden die Mitarbeiter auf die neuen Aufgaben geschult, um die Effizienz der Arbeitsleistung und die Produktivität der Anlage zu erhöhen. Zudem können die vorhandenen Ergebnisse verwendet werden. Wie bereits erwähnt, dient die Rüstmatrix als Überblick und Informationsquelle der Rüsttätigkeiten der gesamten Anlage, wodurch die Tätigkeiten der Dimensionswechsel nachvollziehbar sind. Durch die weiteren Analysen können Entscheidungen über die Investition eines Hallenkranes oder den Einsatz des Personals getroffen werden. Zudem können nach der Inbetriebnahme durch die beschriebenen Methoden Optimierungspotentiale aufgedeckt werden, die eine stetige und nachhaltige Verbesserung ermöglichen. Mit der Analyse der Rüstprozesse wurde sichergestellt, dass diese bestmöglich vorbereitet werden können.

Literaturverzeichnis

- Allgayer, F. (2003): Rüstzeiten vermeiden – eine organisatorische Methode. In: VDI-Z 145, Nr. 1/2, Jg. 2003, S. 69-72.
- Almeanazel, O. T. R. (2010): Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. In: Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, No. 4, Vol. 2010, pp. 517-522.
- Al-Radhi, M.; Heuer, J. (1995): Total Productive Maintenance: Konzept, Umsetzung, Erfahrung. München, Wien: Hanser Verlag.
- Bergmann, R.; Garrecht, M. (2008): Organisation und Projektmanagement. Heidelberg: Physica Verlag.
- Biedermann, H. (1993): Instandhaltungsmanagement im Wandel: Kaizen, Lean Maintenance, TPM, Outsourcing. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Biedermann, H. (2008): Anlagenmanagement: Managementinstrumente zur Wertsteigerung. Rheinland, Köln: TÜV Media GmbH.
- Biedermann, H. (2011): Lean Maintenance: Null-Verschwendung durch schlanke Strukturen und wertsteigernde Managementkonzepte. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- Bracher, M. (2009): Das operative Management von Produktionsunternehmen: Entwicklung eines Prozessmodells. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Brenner, J. (2015): Lean Production: Praktische Umsetzung zur Erhöhung der Wertschöpfung. München, Wien: Hanser Verlag.
- Brunner, F. J. (2008): Japanische Erfolgskonzepte: KAIZEN, KVP, Lean Production Management, Total Productive Maintenance, Shopfloor Management, Toyota Production Management. Wien, München: Hanser Verlag.
- Chan, F. T. S.; Lau, H. C. W.; Chan, H. K.; Kong, S. (2005): Implementation of total productive maintenance: A case study. In: International journal of production economics, No. 3, Vol. 2005, pp. 71-94.
- Chong, M. Y.; Chin, J. F.; Hamzah, H. S. (2012): Total Quality Management & Business Excellence: Transfer of total productive maintenance practice to supply chain. In: Routledge, No. 4, Vol. 2012, pp. 467-488.
- Dombrowski, U.; Herrmann, C.; Lacker, T.; Sonnentag, S. (2009): Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen: Ein ganzheitliches Konzept. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Dombrowski, U.; Mielke, T. (2015): Ganzheitliche Produktionssysteme: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

- Dyckhoff, H.; Spengler, T. (2007): Produktionswirtschaft: Eine Einführung für Wirtschaftsingenieure. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (2006): Kontinuierlicher Verbesserungsprozess – Baustein zur Prozessinnovation in KMU?: Nutzung und Effekte von KVP im Verarbeitenden Gewerbe. Nr. 40, Jg. 2006.
- Gabler (2015): Unternehmen. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/unternehmen.html#definition> (Zugriff: 20.08.2015).
- Gabler (2015): Betrieb. URL: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/betrieb.html> (Zugriff: 20.08.2015).
- Gutenberg, E. (1983): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre: Die Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Günthner, W. A.; Boppert, J. (2013): Lean Logistics: Methodisches Vorgehen und praktische Anwendung in der Automobilindustrie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Godfrey, P. (2002): Overall equipment effectiveness. In: Manufacturing engineer, No. 6, Vol. 2002, pp 109-112.
- Herrmann, C.; Pries, H.; Hartmann, G. (2013): Energie- und ressourceneffiziente Produktion von Aluminiumdruckguss. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Kamiske, G. F. (2015): Handbuch QM-Methoden: Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen. München: Hanser Verlag.
- Kaizen Institute (2007): Mit SPEED die Umrüstzeit drastisch senken. Bad Homburg, 2007.
- Kaizen Institute (2007): Kostenoptimierte Fertigung auch bei Kleinserien realisieren. 3. Aufl., Bad Homburg, 2007.
- Kletti, J.; Schuhmacher, J. (2011): Die perfekte Produktion: Manufacturing Excellence durch Short Interval Technology. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Koch, S. (2015): Einführung in das Management von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen und TQM. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Kostka, S.; Kostka, C. (2013): Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess. München: Hanser Verlag.
- Krummer, S.; Grün, O.; Jammernegg, W. (2009): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik. Deutschland: Pearson Deutschland GmbH.
- Kruse, J. (2011): Rüstzeitoptimierung. In: Buchalik Brömmekamp Newsletter, Nr. 10 ,Jg. 2011, S. 8-9.
- Kuster, J.; Huber, E.; Lippmann, R.; Schmid, A.; Schneider, E.; Witschi, U.; Wüst, R. (2006): Handbuch Projektmanagement. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Lunau, S.; Roenpage, O.; Staudter, C.; Meran, R.; John, A.; Beernaert, C. (2007): Six Sigma + Lean Toolset. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

- Matyas, K. (2010): Taschenbuch Instandhaltungslogistik: Qualität und Produktivität steigern. München, Wien: Hanser Verlag.
- May, C.; Koch, A. (2008): Overall Equipment Effectiveness (OEE): Werkzeug zur Produktivitätssteigerung. In: Zeitschrift der Unternehmensberatung, Nr. 6, Jg. 08, S. 245-250.
- McIntosh, R. I.; Culley, S. J.; Mileham, A. R.; Owen, G. W. (2000): A critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology. In: International Journal of Production Research, No. 11, Vol. 2010, pp. 2377-2395.
- Meinberg, U.; Topolewski, F. (1995): Lexikon der Fertigungsleittechnik: Begriffe, Erläuterungen, Beispiele. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Moreira, A. C.; Silva Pais, G. C. (2011): Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. In: Journal of Technology Management & Innovation, No. 6, Vol. 11, pp. 130-146.
- Pawellek, G. (2013): Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik: Vorgehensweise, Methoden, Tools. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Reichel, J.; Müller, G.; Mandelartz, J. (Hrsg.) (2009): Betriebliche Instandhaltung. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Reinhart, G.; Magenheimer, K.; Greitemann, J. (2012): Verschwendungsfokussierte Prozessmodellierung. In: ZWF, Nr. 4, Jg. 2012, S. 235-239.
- Reitz, A. (2008): Lean TPM: In 12 Schritten zum schlanken Managementsystem. München: Finanzbuchverlag GmbH.
- Schenk, M. (2010): Instandhaltung technischer Systeme: Methoden und Werkzeuge zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Anlagenbetriebes. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Schmitt, R.; Pfeifer, T. (2015): Qualitätsmanagement: Strategien, Methoden, Techniken. München, Wien: Hanser Verlag.
- Shinkle, G. (2005): In Search of Lean Management. In: IEE Manufacturing Engineer, No. 4, Vol. 2005, pp. 45-47.
- Steven, M. (2007): Handbuch Produktion: Theorie, Management, Logistik, Controlling. Stuttgart: Kohlhammer GmbH.
- Strunz, M. (2012): Instandhaltung: Grundlagen-Strategien-Werkstätten. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Syska, A. (2006): Produktionsmanagement: Das A-Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Töpfer, A. (2009): Lean Six Sigma: Erfolgreiche Kombination von Lean Management, Six Sigma und Design for Six Sigma. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.

- Voestalpine (2015): Überblick. URL: <http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/ueberblick/> (Zugriff: 03.07.2015).
- Voestalpine (2015): Organigramm. URL: <http://www.voestalpine.com/group/de/konzern/organigramm/> (Zugriff: 03.07.2015).
- Voestalpine (2015): Metal Engineering Division. URL: <http://www.voestalpine.com/group/de/divisionen/metal-engineering/> (Zugriff: 09.07.2015).
- Wannenwetsch, H. (2007): Integrierte Materialwirtschaft und Logistik: Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Weber, W.; Kabst, R. (2006): Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Weigert, J. (2004): Der Weg zum leistungsstarken Qualitätsmanagement: Ein praktischer Leitfaden für die ambulante, teil- und vollstationäre Pflege. Hannover: Schlütersche GmbH & Co. KG.
- Weimann, E.; Weimann, P. (2013): Vom Benchmarking zur Prozessverbesserung. In: Der Pneumologe, Nr. 12, Jg. 2012, S. 40-44.
- Würfele, F.; Bielefeld, B.; Gralla, M. (2012): Bauobjektüberwachung. Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag.
- Zielowski, C. (2006): Managementkonzepte aus Sicht der Organisationskultur: Auswahl, Ausgestaltung und Einführung. Wiesbaden: GWV Fachverlage GmbH.

Anhang A

Matrix Kaliberänderung

Dimensionen:	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25				
Gerüste:																																													
G1H	1																																												
G2V	2																																												
G3H	3																																												
G4V	4																																												
G5H	5																																												
G6V	6																																												
G7H	7																																												
G8V	8																																												
G9H	9																																												
G10V	10																																												
G11H	11																																												
G12V	12																																												
G13H	13																																												
G14V	14																																												
G15H	17																																												
G16V	18																																												
G17H	113																																												
G18V	114																																												
G19H	115																																												
G20V	116																																												
G21H	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC			
G22V	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	
G23	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	
G24	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC
G25	117																																												
G26	118																																												
G27	119																																												
G28	120																																												
G29	107																																												
G30	121																																												
G31	109																																												
G32	122																																												
G33	205	209	213	217	221	228	228	246	247	247	234	240	241	252	252	260	260	266	266	272	272	286	286	290	290	276	276	286	286	290	290	276	276	286	286	290	290	276	276	286	286	290	290		
G34	206	210	214	218	222	225	229	247	247	247	235	241	241	253	253	261	261	267	267	273	273	287	287	291	291	277	277	287	287	291	291	277	277	287	287	291	291	277	277	287	287	291	291		
G35	207	211	215	219	223	226	230	232	248	250	236	238	242	244	254	256	262	264	264	282	284	288	288	292	292	318	318	294	294	310	310	288	288	292	292	318	318	294	294	310	310	288	288	292	292
G36	208	212	216	220	224	227	231	233	249	251	237	239	243	245	255	257	263	265	265	283	285	289	289	293	293	319	319	295	295	311	311	289	289	293	293	319	319	295	295	311	311	289	289	293	293

Zahl in Balken Kalibernummer

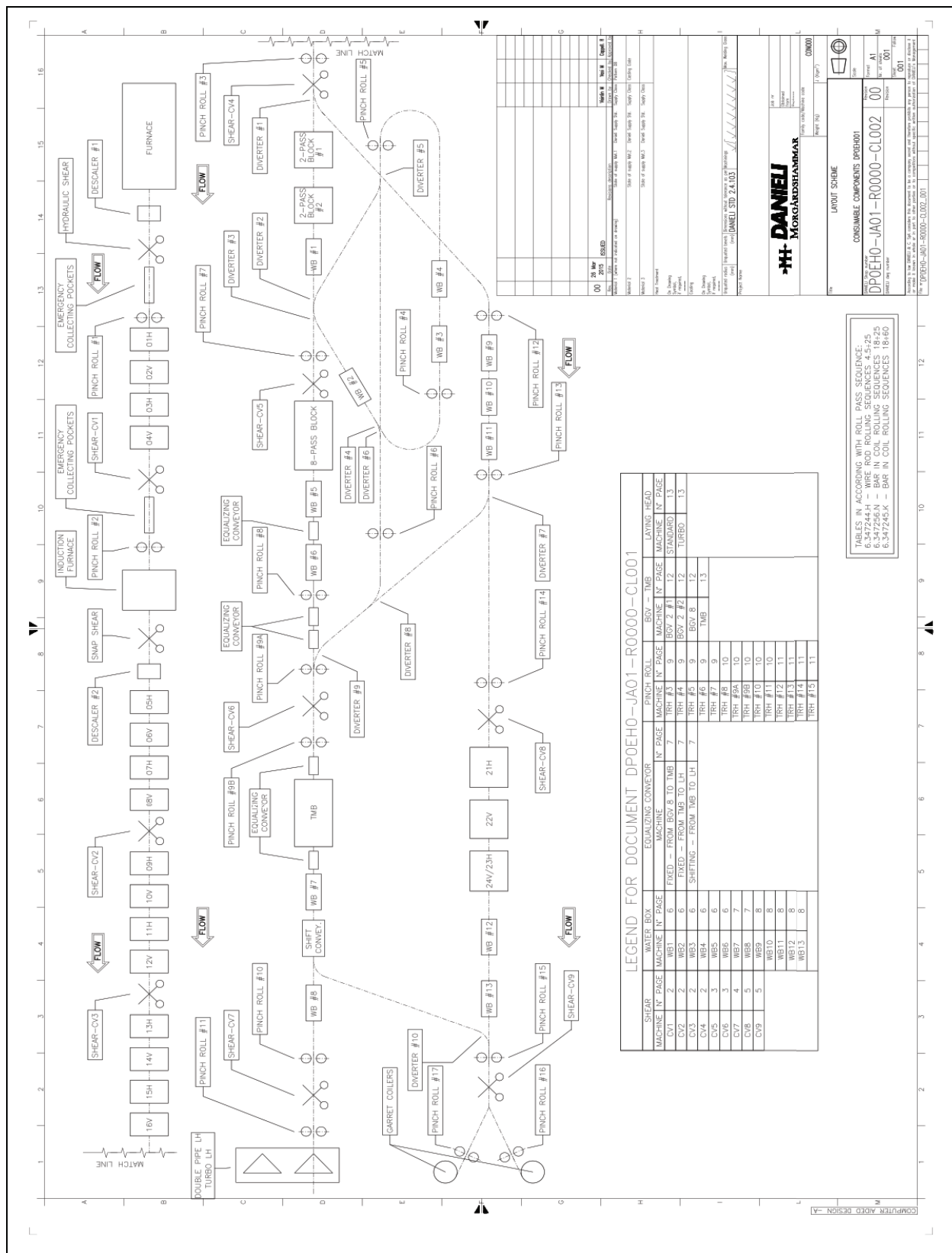
Matrix Sprungänderung

Dimensionen:	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	12,5	13	13,5	14	14,5	15	15,5	16	16,5	17	17,5	18	18,5	19	19,5	20	20,5	21	21,5	22	22,5	23	23,5	24	24,5	25						
Gerüste:																																															
G1 H	18																																														
G2 V	18																																														
G3 H	15																																														
G4 V	15																																														
G5 H	12																																														
G6 V	12																																														
G7 H	9																																														
G8 V	9																																														
G9 H	7,6																																														
G10 V	7,5																																														
G11 H	6																																														
G12 V	6																																														
G13 H	5,4																																														
G14 V	5																																														
G15 H	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5					
G16 V	3,4	4,1	4,1	4,1	4,1	3,4	3,4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1		
G17 H	2,12	2,64	2,64	2,64	2,64	2,12	2,12	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64	
G18 V	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	1,7	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2		
G19 H	2,03	2,55	2,55	2,55	2,55	2,03	2,03	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	
G20 V	1,5	2	2	2	2	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
G21 H	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC
G22 V	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC
G23	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	
G24	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	BIC	
G25	1,83	2,24	2,24	2,24	2,24	1,83	1,83	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24		
G26	1,51	1,9	1,9	1,9	1,9	1,51	1,51	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9		
G27	1,5	1,82	1,82	1,82	1,82	1,5	1,5	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82			
G28	1,14	1,46	1,46	1,46	1,46	1,14	1,14	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46	1,46				
G29	1,13	1,36	1,36	1,36	1,36	1,13	1,13	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36				
G30	1,14	1,4	1,4	1,4	1,4	1,14	1,14	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4				
G31	1,08	1,26	1,26	1,26	1,26	1,08	1,08	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26				
G32	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3				
G33	1	1,23	1,27	1,27	1,27	1,26	1,86	1,21	1,57	1,28	1,95	1,43	1,61	1,44	1,71	2,21	1,81	1,69	1,98	1,75	1,76	2,27	2,27	1,91	1,91	2,3	1,86	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	1,83	
G34	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2			
G35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
G36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

Zahl in Balken Abstand Walzspalt

Anhang B

Layout Walzanlage (Danieli)



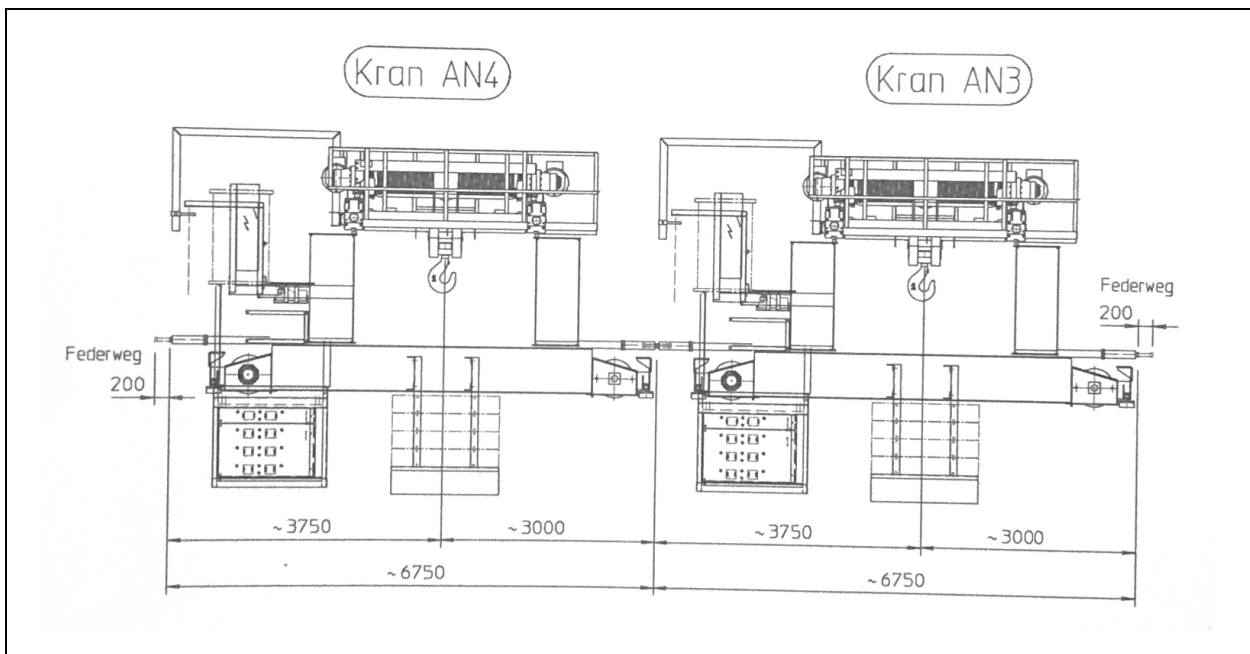
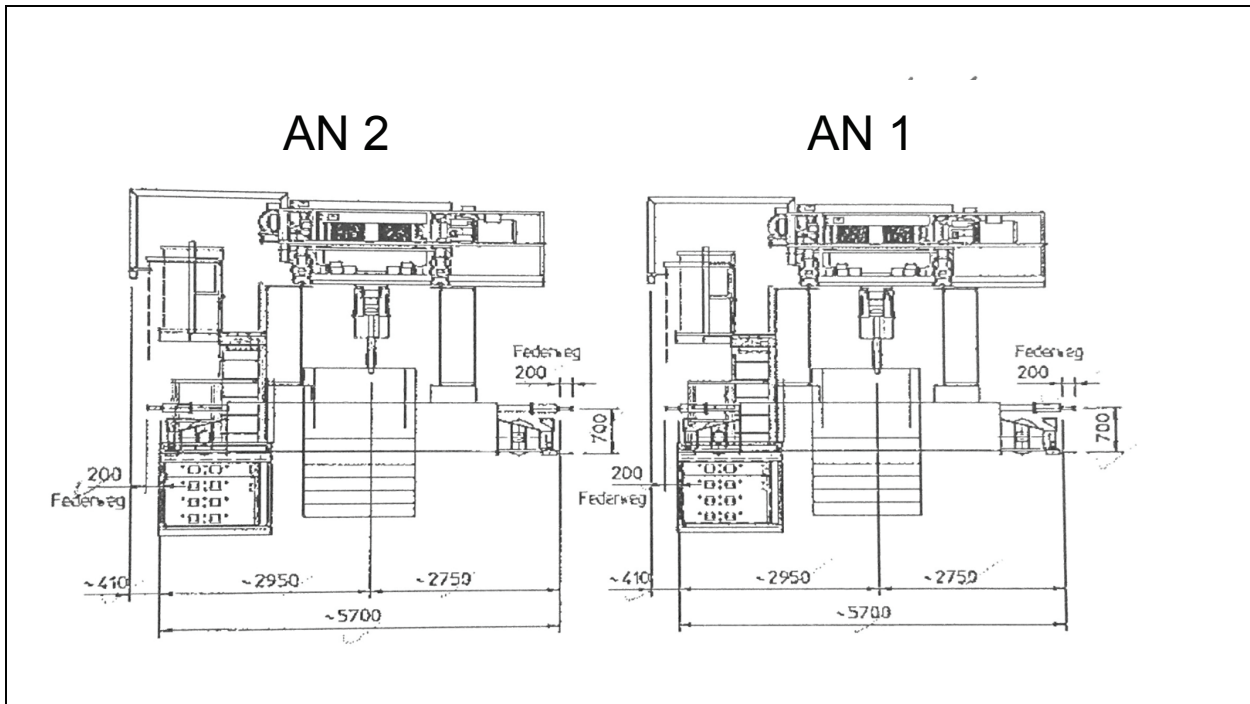
Anhang C

Abkürzungsbezeichnungen der Aggregate

Aggregat	Abkürzung
Treiber #1 – Treiber #17	TR1 – TR17
Wasserkasten #1 – Wasserkasten #13	WK1 – WK13
Schere #1 – Schere #9 (fliegende Schere)	CV1 – CV9
Trockenführung (entweder vor oder nach Aggregat)	TF (v. oder n.)
Weiche #1 – Weiche #10	W1 – W10
Gerüst #1 – Gerüst #36	G1 – G12
Vorblock #1 und Vorblock #2	VB1 und VB2
Fertigblock	FB
Sizing Block	SB
Loopbereich	L
Windungsleger	WL
Haspelanlage	H

Anhang D

Ausschnitte der Konstruktionszeichnungen der Kranabstände



Anhang E

Tätigkeitsanalysen der Umbauten

Umbau von 6 mm auf 6,5 mm:

Linien:	Alle	NR	LTR
DIM 6	1	1	2
DIM 6,5	1	1	2

Arbeitsbereich W2 - FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Fertigblock	31-32: Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	31-32: Einbau der Leerführungen	5		-
	Ausbruchsrippenführung	15	1	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
	<i>Stillstand minimieren</i>	25	3	AN2
	<i>Personal minimieren</i>	43	2	AN2

Arbeitsbereich WK5 - W9:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Trockenführung	nach Fertigblock (1)	7	1	Hallenkran
Trockenführung	nach Wasserkasten #5 (2)	14	1	JIB #1
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	nach Wasserkasten #6 (2)	14	2	Hallenkran
Trockenführung	Bereich JIB #2 (2)	14	2	JIB #2
Trockenführung	Bereich JIB #3 (2)	14	2	JIB #3
Weiche 9		10	1	JIB #3
	<i>Stillstand minimieren</i>	25	7	AN2 + AN3
	<i>Personal minimieren</i>	38	4	AN3

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Schere CV6	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	vor Sizingblock (1)	7	1	Hallenkran
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe / Führungen (Modul 2)	5		-
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Schere CV7	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Turbo Windungsleger	Verschiebung Windungsleger	5	1	-
	<i>Stillstand minimieren</i>	23	7	AN4
	<i>Personal minimieren</i>	37	4	AN4

Umbau von 7,5 mm auf 8 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 7,5	1	2	2
DIM 8	1	2	1

Arbeitsbereich W2 - FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Fertigblock	29-30: Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	29-30: Einbau der Leerführungen	5		-
		18	2	

Arbeitsbereich WK5 - W9:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
		10	2	-

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
	<i>Stillstand minimieren</i>	10	5	-
	<i>Personal minimieren</i>	20	3	-

Umbau von 8 mm auf 8,5 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 8	1	2	1
DIM 8,5	1	2	1

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe / Führungen (Modul 2)	5		-
	Ausbruchsinnenführung	15	2	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
Trockenführung	nach Sizing Block (1)	7	1	Hallenkran
Wasserkasten #7	verschiebbar	5	1	
Weiche #9A	Trockenführung verschiebbar	5	1	
Wasserkasten #8	verschiebbar	5	1	
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	Hallenkran
CV 7	Weichenrohr bei Schereneinlass, Einführung (Platte)	10	2	-
	Auslasstrichter (1. und 2. Teil)	10		-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	Hallenkran
		25	7	AN3 + AN4

Umbau von 9,5 mm auf 10 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 9,5	1	2	1
DIM 10	1	1	1

Arbeitsbereich W2 - FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Fertigblock	27-28: Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	27-28: Einbau der Leerführungen	5		-
	29-30: Leerführungen wechseln	8		-
	31-32: Leerführungen wechseln	8		-
	Ausbruchsrippenführung	15	1	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
<i>Stillstand minimieren</i>		34	3	AN2
<i>Personal minimieren</i>		59	2	AN2

Arbeitsbereich WK5 - W9:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Trockenführung	nach Fertigblock (1)	7	1	Hallenkran
Wasserkasten #5	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Trockenführung	nach Wasserkasten #5 (2)	14	1	JIB #1
Wasserkasten #6	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	nach Wasserkasten #6 (2)	14	2	Hallenkran
Trockenführung	Bereich JIB #2 (2)	14	2	JIB #2
Trockenführung	Bereich JIB #3 (2)	14	2	JIB #3
Weiche 9		10	1	JIB #3
<i>Stillstand minimieren</i>		34	5	AN3 + AN4
<i>Personal minimieren</i>		52	3	AN2 + AN3 + AN4

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
CV6	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
	Einführung (Platte)			-
	Einführung (mittlere Platte)			-
	Auslasstrichter (1. und 2. Teil)			-
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	vor Sizing Block (1)	7	1	Hallenkran
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
<i>Stillstand minimieren</i>		31	3	AN4
<i>Personal minimieren</i>		49	2	AN4

Umbau von 10 mm auf 10,5 mm:

Linien:	Alle	NR	LTR
DIM 10	1	1	1
DIM 10,5	1	1	1

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
		10	5	-

Umbau von 11,5 mm auf 12 mm:

Linien:	Alle	NR	LTR
DIM 11,5	1	1	1
DIM 12	4	4	3

Arbeitsbereich W2 - FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
offline				
Treiber #7	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Schere CV5	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	Hallenkran
Fertigblock	25-26: Ringe und Führungen ausbauen	5	2-3	-
	25-26: Einbau der Leerführungen	13		-
	27-28: Leerführungen wechseln	8		-
	29-30: Leerführungen wechseln	8		-
	31-32: Leerführungen wechseln	8		-

aufgrund der Linie nicht zu beachten (offline)

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Schere CV6	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	-
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
Windungsleger	Einlassselektor	10	2	Hallenkran
	<i>Stillstand minimieren</i>	15	4	AN4
	<i>Personal minimieren</i>	28	2	AN4

Arbeitsbereich L-TR6:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
offline				
Treiber #4	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Treiber #5	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Treiber #6	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Weiche #8		5	1	-
	<i>Stillstand minimieren mit Loop</i>	15	6	-
	<i>Stillstand minimieren ohne Loop</i>	15	2	-
	<i>Personal minimieren mit Loop</i>	20	4	-
	<i>Personal minimieren ohne Loop</i>	15	2	-

aufgrund der Linie nicht zu beachten (offline)

Umbau von 12 mm auf 12,5 mm:Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 12	4	4	3
DIM 12,5	4	4	3

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe / Führungen (Modul 2)	5		-
	Ausbruchsinnenführung	15	2	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
Trockenführung	nach Sizing Block (1)	7	1	Hallenkran
Wasserkasten #7	verschiebbar	5	1	-
Weiche #9A	Trockenführung verschiebbar	5	1	-
Wasserkasten #8	verschiebbar	5	1	-
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	Hallenkran
CV 7	Weichenrohr bei Schereneinlass, Einführung (mittlere Platte)	10	2	-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	Hallenkran
	<i>Stillstand minimieren</i>	25	7	AN3 + AN4
	<i>Personal minimieren</i>	35	4	AN3 + AN4

Umbau von 14 mm auf 14,5 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 14	4	4	3
DIM 14,5	4	4	3

Arbeitsbereich CV3 - WK1:

Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Vorblick #2	Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	Einbau der Leerführungen	8		-
		21	2	-

Arbeitsbereich W2 - FB:

Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Fertigblock	Ausbruchsrinnenführung	15	2-3	Hallenkran
	Abstreifer	10		-

aufgrund der Linie nicht zu beachten

Arbeitsbereich WK5 - W9:

Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Trockenführung	nach Fertigblock (1)	7	1	Hallenkran
Trockenführung	nach Wasserkasten #5 (2)	14	1	JIB #1
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	nach Wasserkasten #6 (2)	14	2	Hallenkran
Trockenführung	Bereich JIB #2 (2)	14	2	JIB #2
Trockenführung	Bereich JIB #3 (2)	14	2	JIB #3

aufgrund der Linie nicht zu beachten

Arbeitsbereich TR9A - WL:

Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Weiche 9		10	1	JIB #3
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Schere CV6	Scherenmesser (oben und unten)	15	2	-
	Kammplatte (oben und unten)	5		-
	Weichenrohr bei Schereneinlass			Hallenkran
	Einführung (Platte)	10		-
	Einführung (mittlere Platte)			-
	Auslassführung	10		Hallenkran
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	-
Trockenführung	vor Sizing Block (1)	7	1	Hallenkran
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
		40	4	AN4

Umbau von 17,5 mm auf 18 mm:

Linien:		Alle	NR	LTR
	DIM 17,5	4	4	3
	DIM 18	5	5	3

Arbeitsbereich CV3 - WK1:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Vorblick #1	Ringe und Führungen ausbauen	13	2	-
	Einbau der Leerführungen	5		-
	Ausbruchsinnenführung Abstreifer	15	1	Hallenkran -
Vorblick #2	Ausbruchsinnenführung Abstreifer	15	1	Hallenkran -
Wasserkasten #1	verschiebbar	10	1	-
	<i>Stillstand minimieren</i>	19	4	AN2
	<i>Personal minimieren</i>	33	3	AN3

Arbeitsbereich W2 - FB:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #7	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Schere CV5	Weichenrohr bei Schereneinlass	10	2	Hallenkran

aufgrund der Linie nicht zu beachten

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe / Führungen (Modul 2)	5		-
	<i>Stillstand minimieren</i>	5	1	-
	<i>Personal minimieren</i>	5	1	-

Arbeitsbereich L-TR6:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Wasserkasten #2	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Treiber #4	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Wasserkasten #3	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Wasserkasten #4	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Treiber #5	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Treiber #6	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
	<i>Stillstand minimieren</i>	21	5	AN3 + AN4
	<i>Personal minimieren</i>	32	3	AN4

Arbeitsbereich L-TR6: offline				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #12	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Wasserkasten #9	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Wasserkasten #10	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Wasserkasten #11	Kühlelemente	10	1	Hallenkran
Treiber #13	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	8	2	-
Weiche #7				-
	<i>Stillstand minimieren</i>	10	7	AN2 + AN3 + AN4
	<i>Personal minimieren</i>	32	3	AN3

Umbau von 18,5 mm auf 19 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 18,5	5	5	3
DIM 19	5	5	3

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
	Ausbruchsrippenführung	15	2	Hallenkran
	Abstreifer	10		-
Trockenführung	nach Sizing Block (1)	7	1	Hallenkran
Wasserkasten #7	verschiebbar	5	1	-
Weiche #9A	Trockenführung verschiebbar	5	1	-
Wasserkasten #8	verschiebbar	5	1	-
Treiber #10	Rollen, Einlasstrichter, Auslasstrichter	10	2	Hallenkran
CV 7	Weichenrohr bei Schereneinlass, Einführung (mittlere Platte)	10	2	-
Treiber #11	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
	<i>Stillstand minimieren</i>	25	7	AN3 + AN4
	<i>Personal minimieren</i>	35	4	AN3 + AN4

Umbau von 20 mm auf 20,5 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 20	5	5	3
DIM 20,5	5	5	3

Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 1)	5	1	-
Sizing Block	Ringe / Führungen (Modul 2)	5		-
CV7	Scherenmesser (oben und unten)	15	2	-
	Kammplatte (oben und unten)	5		-
	Weichenrohr bei Schereneinlass			Hallenkran
	Einführung (Platte)	10		-
	Einführung (mittlere Platte)			-
	Auslassführung	10		Hallenkran
	Auslasstrichter (1. und 2. Teil)		-	
		40	2	AN4

Umbau von 21,5 mm auf 22 mm:

Linien:

	Alle	NR	LTR
DIM 21,5	5	5	3
DIM 22	5	5	3

Arbeitsbereich WKS - W9:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #8	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-

aufgrund der Linie nicht zu beachten

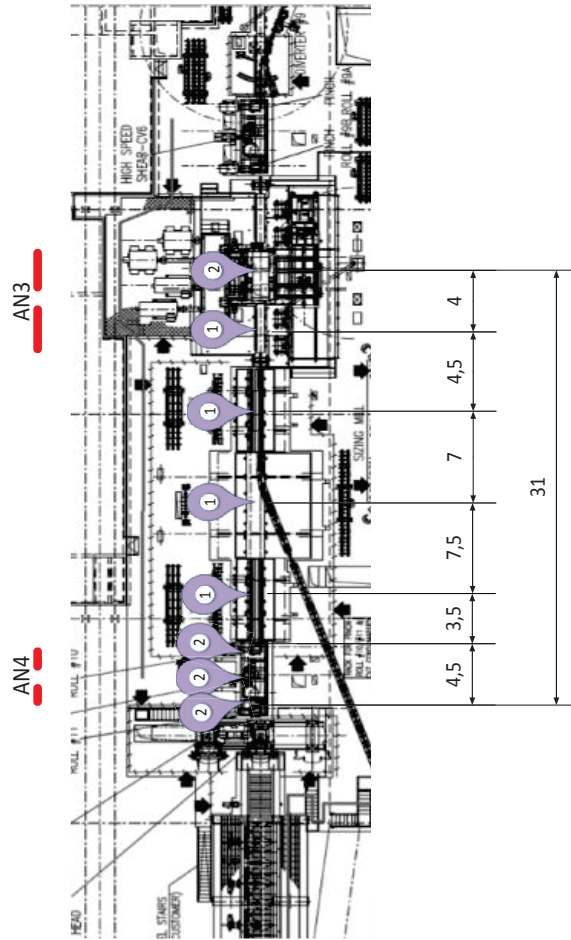
Arbeitsbereich TR9A - WL:				
Aggregat:	Zusatz:	Zeit [min]	Personen	Kran
Treiber #9A	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Treiber #9B	Rollen, Einlasstrichter	10	2	-
Sizing Block	Ringe/ Führungen (Modul 1)	5	1	-
	Ringe/ Führungen (Modul 2)	5		-
	<i>Stillstand minimieren</i>	10	5	-
	<i>Personal minimieren</i>	20	3	-

Anhang F

Visuelle Darstellungen der Umbauten

Umbauarbeiten von 8 mm auf 8,5 mm:

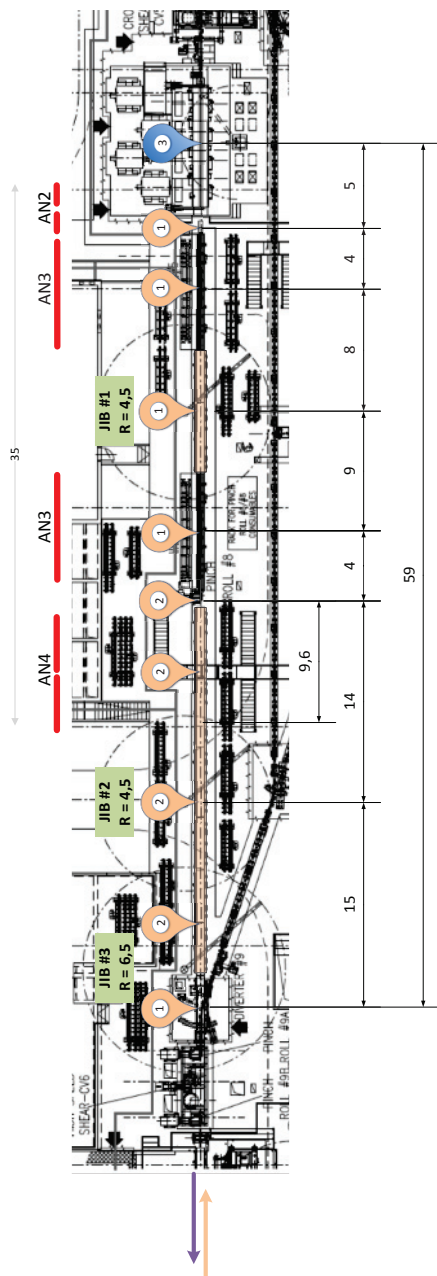
**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



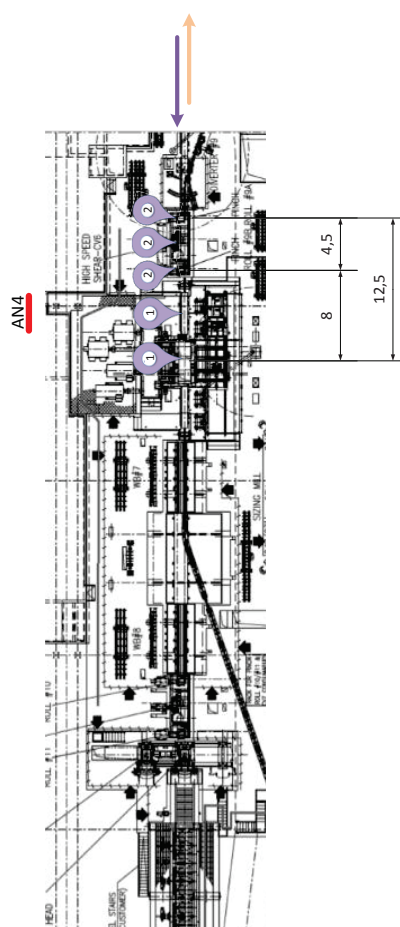
Umbauarbeiten von 9,5 mm auf 10 mm:

alle Bemessungen in Meter [m]
Kranmindestabstand: 8 [m]
(Haken – Haken)

**Arbeitsbereich
WK5 – W9:**



**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**

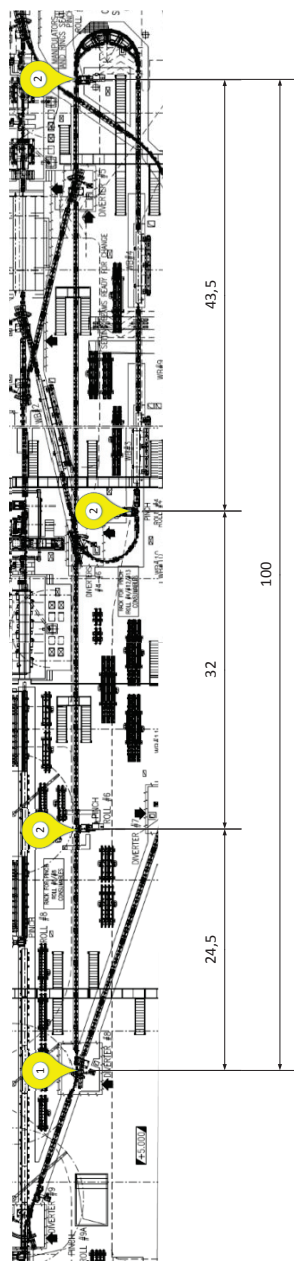


- Kraneinsatz
- 📍 Umbauarbeiten mit Personenanzahl

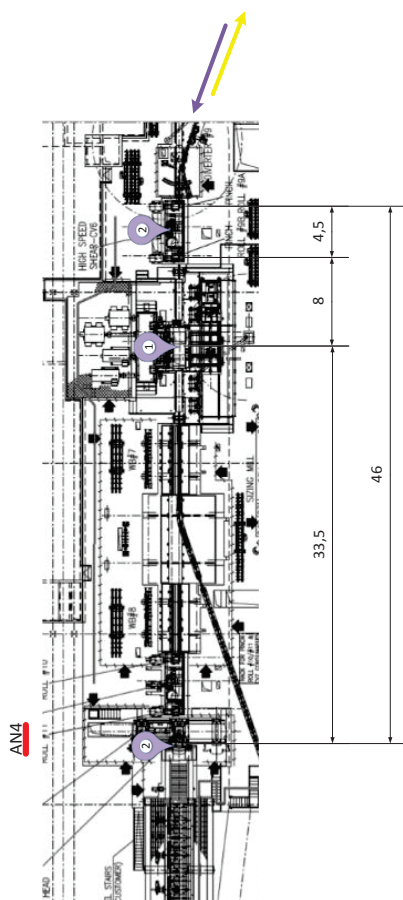
Umbauarbeiten von 11,5 mm auf 12 mm:

alle Bemaßungen in Meter [m]
Kranmindestabstand: 8 [m]
(Haken – Haken)

**Arbeitsbereich
L – TR6:**



**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



..... Kraneinsatz



..... Umbauarbeiten
mit Personenzahl

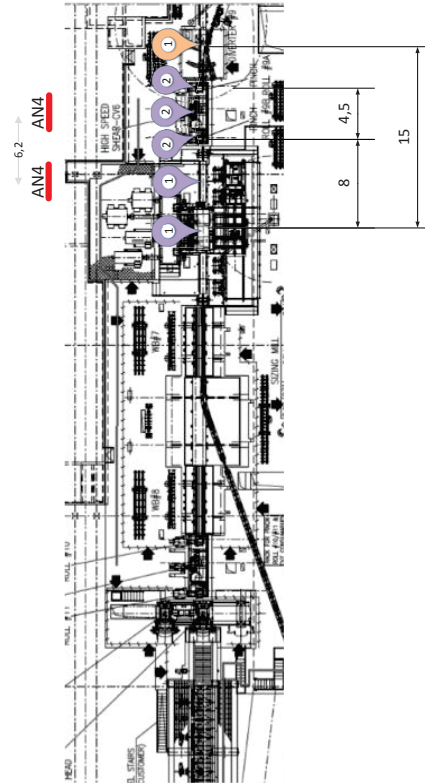
Umbauarbeiten von 14 mm auf 14,5 mm:

alle Bemaßungen in Meter [m]
Krammabstand: 8 [m]
(Haken – Haken)

**Arbeitsbereich
W2 – F8:**



**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



..... Kraneinsatz

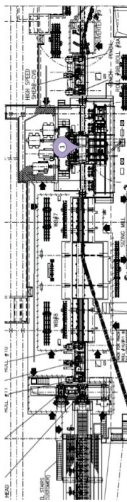


..... Umbauarbeiten
mit Personenzahl

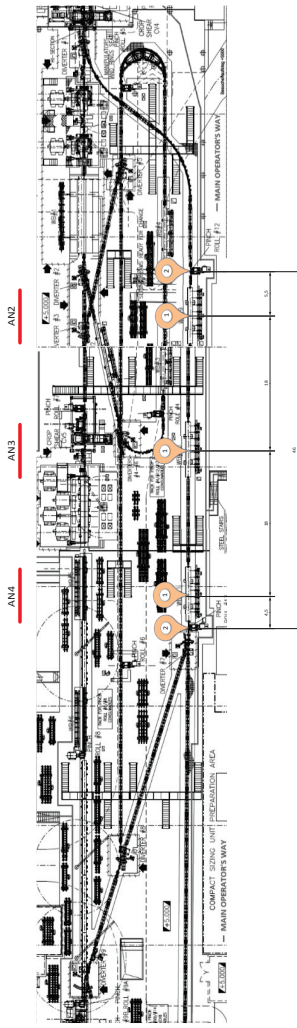
Umbauarbeiten von 17,5 mm auf 18 mm:

alle Abmessungen in Meter (m)
 (Rahmen-Haken)

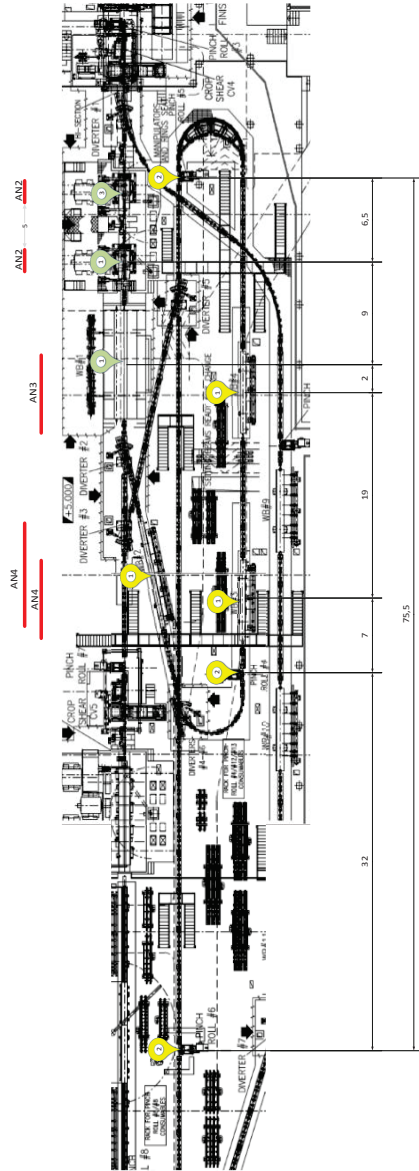
Arbeitsbereich
 TR9A – WL:



Linie 5:

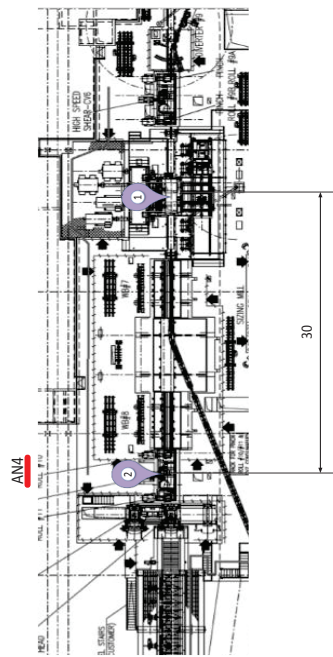


Linie 3:



Umbauarbeiten von 20 mm auf 20,5 mm:

Arbeitsbereich
TR9A – WL:



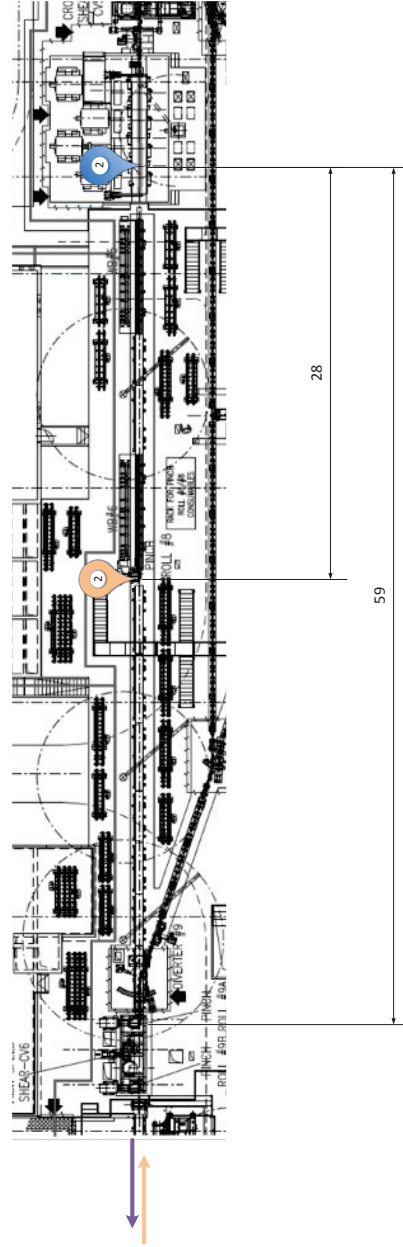
Linie 5:



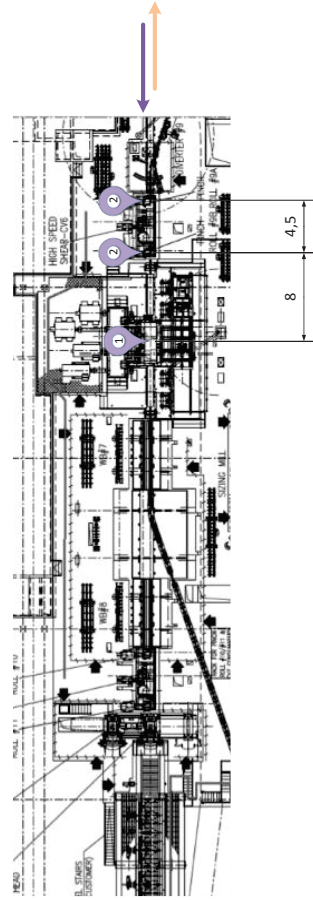
Umbauarbeiten von 7,5 mm auf 8 mm:

alle Bemessungen in Meter [m]
Kranmindestabstand: 8 [m]
(Haken – Haken)

**Arbeitsbereich
WK5 – W9:**



**Arbeitsbereich
TR9A – W1:**



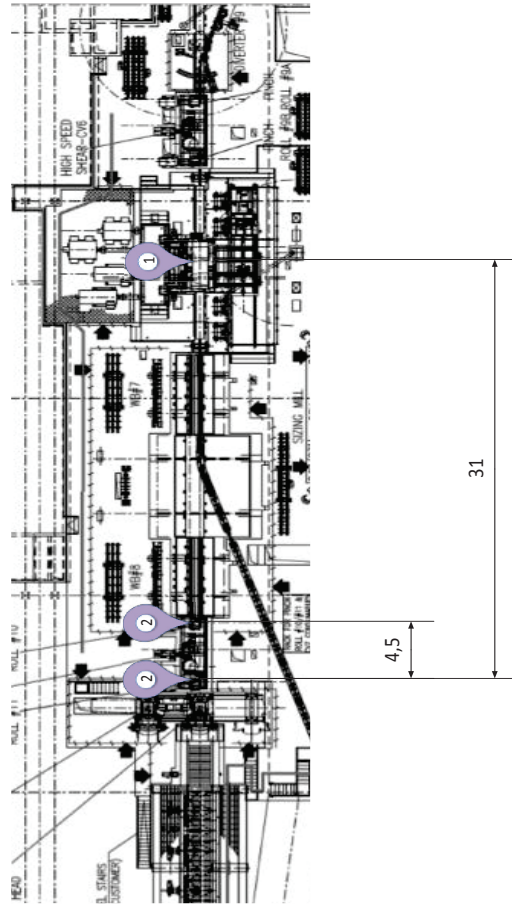
..... Kraneinsatz



..... Umbauarbeiten
mit Personenzahl

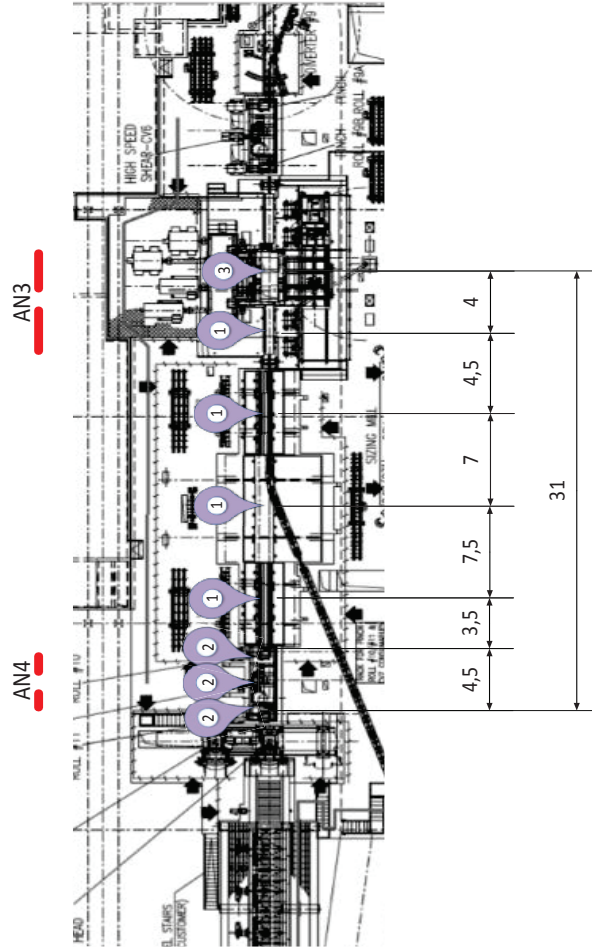
Umbauarbeiten von 10 mm auf 10,5 mm:

**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



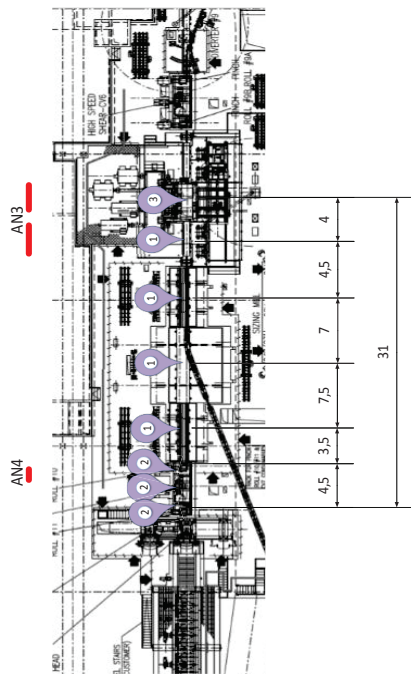
Umbauarbeiten von 12 mm auf 12,5 mm:

**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



Umbauarbeiten von 18,5 mm auf 19 mm:

Arbeitsbereich
TR9A – WL:

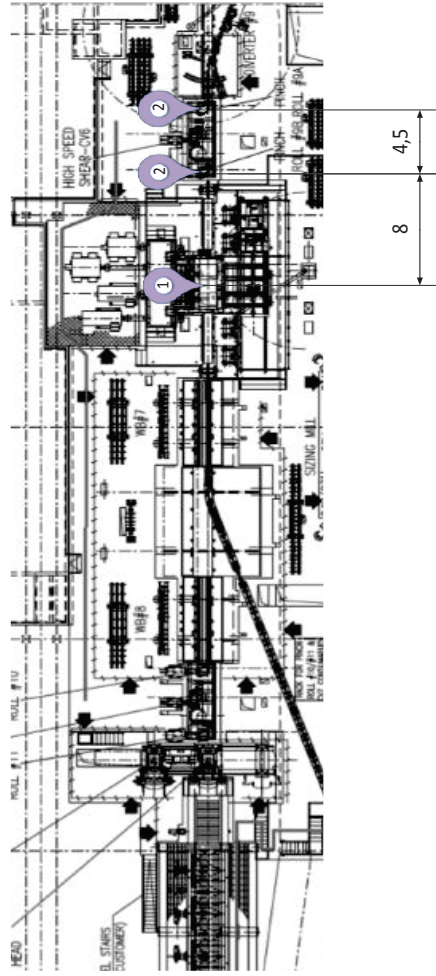


Linie 5:



Umbauarbeiten von 21,5 mm auf 22 mm:

Arbeitsbereich
TR9A – WL:

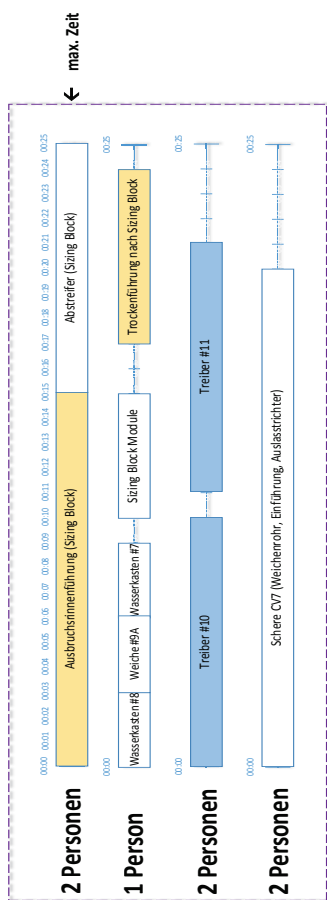


Anhang G

Zeitbalkendiagramme der Umbauten

Zeitbalkendiagramm von 8 mm auf 8,5 mm

Arbeitsbereich
TR9A – WL:



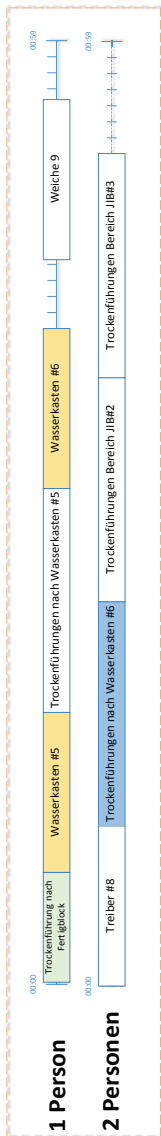
Hallenkran AN2 Hallenkran AN3 Hallenkran AN4

**Zeitbalkendiagramm von 9,5 mm auf 10 mm /
Variante Personal minimieren**

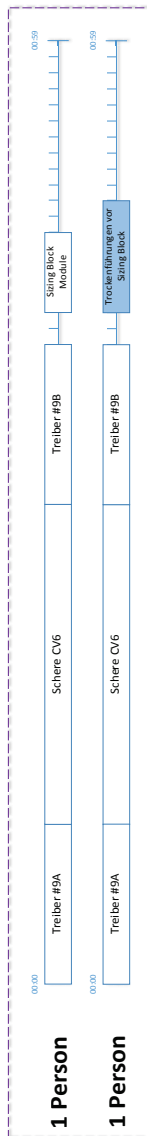
**Arbeitsbereich
W2 – FB:**



**Arbeitsbereich
WK5 – W9:**

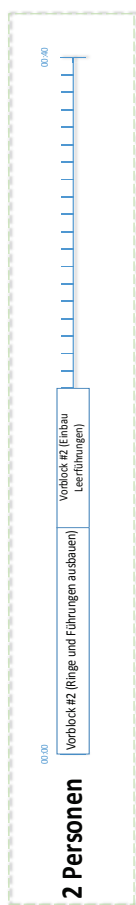


**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**

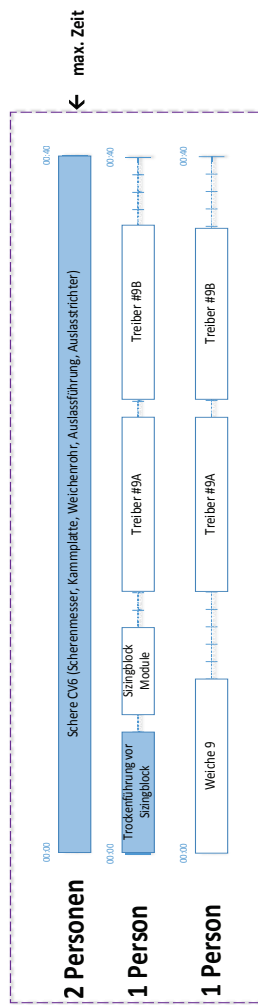


Zeitbalkendiagramm von 14 mm auf 14,5 mm

**Arbeitsbereich
CV3 – WK1:**



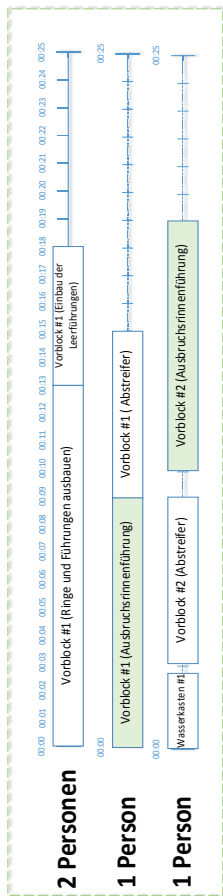
**Arbeitsbereich
TR9A – WL:**



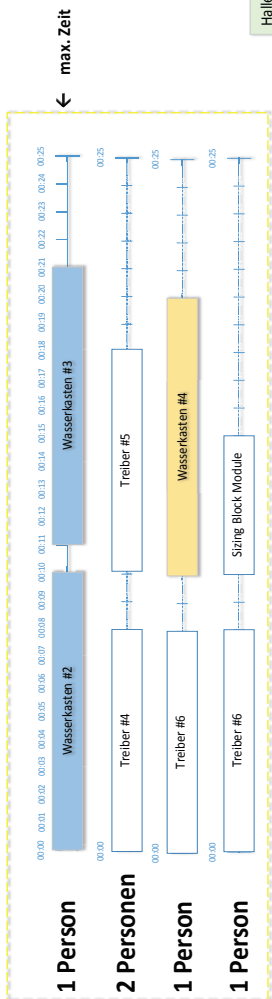
Hallenkran AN2 Hallenkran AN3 Hallenkran AN4

Zeitbalkendiagramm von 17,5 mm auf 18 mm / Variante Stillstand minimieren (Linie 3)

Arbeitsbereich CV3 – WK1:



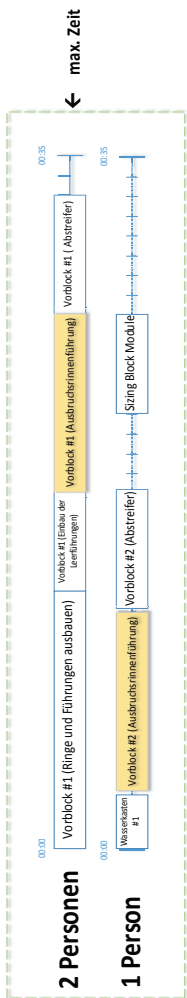
Arbeitsbereich L – TR6:



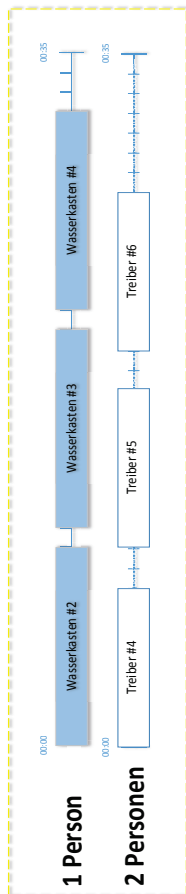
Hallenkran AN2 Hallenkran AN3 Hallenkran AN4

**Zeitbalkendiagramm von 17,5 mm auf 18 mm /
Variante Personal minimieren (Linie 3)**

**Arbeitsbereich
CV3 – WK1:**



**Arbeitsbereich
L – TR6:**



Anhang H

Flussdiagramm der Prozesslogik

