



Steigerung der OEE in einem  
Maintenance – Servicebetrieb über  
moderne Vernetzung des  
Anlagenbestands

# Masterarbeit

Studienrichtung: Wirtschaftsingenieurwesen – Maschinenbau

Christian Mayr

01430886

Technische Universität Graz

Institut für Fertigungstechnik

Institutsleiter: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Franz Haas

Betreuer:

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Rudolf Pichler

Graz, Oktober 2019



# Danksagung

Diese Arbeit wurde in der Abteilung „TSM“ der voestalpine Stahl GmbH in Linz verfasst. Die wissenschaftliche Betreuung erfolgte durch das Institut für Fertigungstechnik der TU Graz.

Hierbei gilt mein Dank allen Institutsmitarbeitern, welche mich bei meiner Masterarbeit unterstützt haben, allem voran meinem Betreuer Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Rudolf Pichler, welcher mir immer mit konstruktiven Ratschlägen zur Seite stand. Auch bei Herrn Daniel Reiter, meinem Betreuer seitens der voestalpine, dem Prozessverantwortlichen, Herrn Hermann Mittermayr, sowie dem Hauptprozessleiter DI Franz Stöger möchte ich mich herzlich für die gute Zusammenarbeit bedanken.

Ein besonders großer Dank gebührt natürlich auch meiner Freundin und meiner Familie für die Unterstützung während des gesamten Studiums.

# Zusammenfassung

In dieser Masterarbeit wird die Steigerung der Gesamtanlageneffektivität von Werkzeugmaschinen in einem Instandhaltungsbetrieb behandelt. Hierfür wurden zuerst die theoretischen Grundlagen zu diesem Thema recherchiert und aufbereitet und anschließend die anhand eines Betriebsdatenerfassungssystems gesammelten Daten analysiert. Auf Basis dieser Daten erfolgte im nächsten Schritt die Ableitung technischer, organisatorischer sowie personeller Verbesserungsmaßnahmen.

Da die erfassten Betriebsdaten als Grundlage für die Suche nach Optimierungsmaßnahmen dienen, ist auch die Optimierung der Betriebsdatenerfassung und -auswertung selbst ein wesentliches Thema, welches im Zuge dieser Arbeit behandelt wurde. Deswegen wurden auch Maßnahmen zur Vereinfachung und Automatisierung dieser Tätigkeiten für die Mitarbeiter ausgearbeitet. Weiters wurden auch Vorschläge zu einer möglichst aussagekräftigen Definition für die Gesamtanlageneffektivität in diesem Betrieb gemacht, da die Gesamtanlageneffektivität nicht allgemeingültig normiert ist, und einzelne Teilfaktoren betriebsintern fürs Erste pauschal angenommen wurden.

Abschließend wird noch beleuchtet, welche Maßnahmen sich bei Abschluss dieser Arbeit bereits in Umsetzung befinden, bzw. welche in weiterer Folge geplant sind.

## Abstract

This master's thesis is about increasing the Overall Equipment Effectiveness of machine tools in a maintenance factory. For this purpose some basic researches were done first, followed by the analyzation of the data collected via operating data acquisition system. During the next step technical, organizational and staff improvement actions were derived based on this data.

Since the collected operating data are the basics for the search for optimization possibilities, the optimization of the operating data acquisition and evaluation is also an important target of this thesis. For this reason there were made some suggestions about simplification and automatization of this tasks. Since the definition of the Overall Equipment Effectiveness is not universally applicable and some factors were assumed flat-rate in this factory, suggestions for a meaningful definition of the Overall Equipment Effectiveness were also elaborated.

Finally the improvement actions in processing or planned in further consequence at completion of this thesis are described.

# Eidesstattliche Erklärung

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

Graz, am .....

.....  
(Unterschrift)

# Statutory Declaration

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 quo-ted either literally or by content from the used sources.

Graz,.....

.....  
(signature)

# Inhaltsverzeichnis

1	Abkürzungsverzeichnis.....	8
2	Einleitung.....	9
2.1	Ziel der Arbeit .....	9
2.2	Methodik.....	9
2.3	Allgemeine Informationen zum TSM.....	9
2.4	Begriffserklärung .....	11
2.4.1	Overall Equipment Effectiveness .....	11
2.4.2	Betriebsdatenerfassung .....	13
2.4.3	Maschinendatenerfassung .....	13
2.4.4	Fertigungsarten.....	13
2.4.5	Fertigungsprinzipien.....	14
2.4.6	Organisatorische Zuordnung der NC-Programmierung .....	16
2.4.7	Normalleistung .....	16
2.4.8	Rüsten.....	17
2.4.9	Verteilzeit .....	17
2.4.10	ABC-Analyse .....	19
3	Ausgangssituation .....	21
3.1	Betriebsdatenerfassung und Ermittlung der OEE .....	24
4	Verbesserungsansätze .....	32
4.1	Technische Maßnahmen .....	32
4.1.1	Erfassung der Betriebsdaten.....	32
4.1.2	Auswertung der OEE .....	35
4.1.3	Zeichnungsindex.....	40
4.2	Organisatorische Maßnahmen .....	43
4.2.1	Optimieren der Rüstvorgänge .....	43
4.2.2	Ausmustern/Ersetzen von Maschinen.....	55
4.2.3	Vorarbeiterstellvertretung .....	60
4.3	Personelle Maßnahmen .....	63
4.3.1	Beschaffung von Zusatzpersonal .....	64
4.3.2	Kompetenzmanagement .....	67
4.3.3	Abschätzung der Auftragslage .....	69
5	Umgesetzte Verbesserungen .....	75
5.1	Änderungen am BDE-System.....	75
5.2	Änderungen an der Auswertungsmethodik.....	76

6	Ausblick.....	77
6.1	Springersystem.....	77
6.2	Werkzeugvorbereitung.....	77
6.3	Vertretung der Vorarbeiter .....	78
7	Literaturverzeichnis .....	79
8	Abbildungsverzeichnis.....	80

# 1 Abkürzungsverzeichnis

AV	Arbeitsvorbereitung
BDE	Betriebsdatenerfassung
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
MDE	Maschinendatenerfassung
NC	Numerical Control (deutsch: Numerische Steuerung)
OEE	Overall Equipment Effectiveness (deutsch: Gesamtanlageneffektivität)
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung (ehemals Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung)
SMED	Single Minute Exchange of Die (deutsch: Werkzeugwechsel im einstelligen Minutenbereich)
TS	Technischer Service und Energie
TSK	Kaufmännische und Technische Prozesse
TSM	Mechanisch Technisches Zentrum
ÜS	Überstunde



# 2 Einleitung

## 2.1 Ziel der Arbeit

Das Hauptziel dieser Arbeit ist die Steigerung der Gesamtanlageneffektivität (OEE) in der Abteilung „Mechanische Bearbeitung“ im Mechanisch Technischen Zentrum (TSM) der voestalpine Stahl GmbH in Linz. Dieser Bereich umfasst in etwa 80 Angestellte und Arbeiter sowie ca. 50 Werkzeugmaschinen. Um die Kosten und die Lieferzeiten für die voestalpine sowie auch externe Kunden zu reduzieren, soll der bestehende Maschinenpark besser genützt werden, weswegen die OEE als Produktivitätskennzahl eingeführt wurde. Aus der Methodik, welche im nächsten Kapitel beschrieben wird, ergibt sich auch der Aufbau einer nachhaltigen, von den Mitarbeitern akzeptierten Erfassungssystematik für die Betriebsdatenerfassung (BDE) als weiteres wesentliches Ziel.

## 2.2 Methodik

Um mögliche Verbesserungspotenziale zu erkennen, werden die mithilfe des Betriebsdatenerfassungssystems bzw. manuell ermittelten Daten analysiert. Anschließend sollen Lösungsvorschläge zur Effektivitätssteigerung ausgearbeitet werden. Gegebenfalls müssen die unternehmensinternen Definitionen diverser Faktoren, welche die OEE beeinflussen (in Kapitel 2.4.1 und 3.1 näher erläutert), geändert werden, um die Aussagekraft und somit Verwertbarkeit dieser Kennzahlen zu erhöhen.

Da die Qualität der Kennzahlen durch die ermittelten Betriebsdaten bestimmt wird, ist die Richtigkeit dieser Daten natürlich Voraussetzung für die Suche nach Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich der OEE.

## 2.3 Allgemeine Informationen zum TSM

Das TSM gehört zum Unternehmensbereich „Technischer Service und Energie (TS)“ der voestalpine Stahl GmbH und führt hauptsächlich Instandhaltungstätigkeiten für die voestalpine Steel Division und Tochterunternehmen, aber auch für externe Kunden durch. Es befindet sich am Voestgelände im Südosten von Linz.



Abbildung 1: Lage TSM

Die Hauptleistungen des TSM sind (Stöger, 2018):

- Fertigung von mechanischen Anlagenkomponenten
- Neufertigung von Reserveteilen
- Kupferplattenfertigung
- Diverse Lohnarbeiten (wie Brennschneiden, hochwertige Schweißarbeiten, Vibrationsentspannen, verschiedene Maßkontrollen, Thermische Spritztechnik, Press-, Kant-, und Einrollarbeiten)
- Gesetzliche Überprüfungen
- Beratung und Personalbereitstellung
  - Unterstützung der Vorort-Instandhaltung bei Großreparatur

Das TSM ist in folgende fünf Bereiche unterteilt:

TSM – Mechanisch Technisches Zentrum				
Auftragsmanagement	Mechanische Bearbeitung	Stahlbau, Schweißerei	Schlosserei, Hydraulik	Fertigungssteuerung
Bestellbüro	Mechanische Bearbeitung	Stahlbau, Schweißerei	Maschinenschlosserei und Hydraulik	Logistik

Abbildung 2: Struktur TSM

Die vorliegende Masterarbeit beschränkt sich auf die Betrachtung der mechanischen Bearbeitung. Dieser Bereich umfasst Werkzeugmaschinen aller Art, welche im Regelfall montags bis freitags zweischichtig betrieben werden. Aufgrund wichtiger, kurzfristiger Störungsbehebung sind allerdings manchmal auch Wochenend- oder Nacharbeiten notwendig. Der Maschinenpark wird in Kapitel 3 näher erläutert.



Abbildung 3: Fräsmaschine in der mechanischen Bearbeitung

## 2.4 Begriffserklärung

In diesem Kapitel sollen kurz die Begriffe erläutert werden, die für das Verständnis der vorliegenden Arbeit unverzichtbar sind. Hierbei handelt es sich lediglich um allgemeine Beschreibungen und Definitionen dieser Begriffe, ergänzende, für diese Arbeit spezifische Informationen finden sich in den jeweiligen Abschnitten.

### 2.4.1 Overall Equipment Effectiveness<sup>1</sup>

Die Overall Equipment Effectiveness (OEE) ist eine Kennzahl zur Beschreibung der Anlagenproduktivität. Sie umfasst alle Verluste, die die Anlagennutzung beeinträchtigen. Im Deutschen wird die OEE mitunter als Gesamtanlageneffektivität (GAE) bezeichnet. Sie hat sowohl Anlagenmitarbeiter, als auch Prozessingenieure und das Management als Zielgruppe. Anlagenmitarbeiter können mit ihrer Hilfe beurteilen, ob die Anlage in der erwarteten Effektivität betrieben wird bzw. bei Abweichungen Maßnahmen einleiten. Prozessingenieure und Prozessoptimierer werden sie zur Erfolgskontrolle von durchgeführten Verbesserungsmaßnahmen verwenden. Das Management wird die OEE nutzen um Soll-Ist-Vergleiche durchzuführen und weiters die Lenkung von personellen und finanziellen Ressourcen vorzunehmen.

Die OEE ist eine Kennzahl, die sich aus drei Teilkennzahlen zusammensetzt.

$OEE = \text{Verfügbarkeitsfaktor} * \text{Leistungsfaktor} * \text{Qualitätsfaktor}$

Die Inhalte dieser Teilkennzahlen sind nicht allgemeingültig normiert. Sie müssen im Vorfeld einer OEE-Erfassung für das Unternehmen bzw. die untersuchte Anlage im Detail definiert werden. (Schnurr, 2017)

Für die Ausführungen in diesem Kapitel werden übliche Inhalte aus Literatur und Praxis herangezogen.

#### Verfügbarkeitsfaktor

$\text{Verfügbarkeitsfaktor} = \frac{\text{Tatsächliche Produktionszeit}}{\text{Theoretisch mögliche Produktionszeit}}$

Die **theoretisch mögliche Produktionszeit** bezeichnet den Zeitraum, in dem laut Betriebskalender vorgesehen ist, dass die Anlage produziert.

Die **tatsächliche Produktionszeit** ist die Zeit, in der die Anlage tatsächlich in Betrieb ist und somit eine Ausbringung produziert.

#### Leistungsfaktor

$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Tatsächliche Ausbringung}}{\text{Theoretisch mögliche Ausbringung}}$

Die **theoretisch mögliche Ausbringung** ist die in der tatsächlichen Produktionszeit maximal erreichbare Produktionsmenge, wobei diese Menge ein häufiger Gegenstand von Diskussionen ist. In der Praxis hat sich hier das Konzept der

---

<sup>1</sup> vgl. (Focke, et al., 2018)

bestdemonstrierten Stückzeit bewährt. Dabei wird die höchste in einem gewissen Zeitraum erreichte Ausbringung als "Theoretisch mögliche Ausbringung" definiert. Es ist auch denkbar, dass dieser Wert aufgrund von erfolgten Optimierungsmaßnahmen im Laufe der Zeit steigt. In diesem Fall muss die Berechnungsgrundlage angepasst werden, wobei es sich empfiehlt, diese Korrektur einmalig zum Jahreswechsel vorzunehmen um unterjährige Änderungen zu vermeiden.

Die **tatsächliche Ausbringung** stellt die gesamte in der tatsächlichen Produktionszeit auf der Anlage produzierte Menge dar.

## Qualitätsfaktor

$$\text{Qualitätsfaktor} = \frac{\text{Ausbringung einwandfreier Teile}}{\text{Tatsächliche Ausbringung}}$$

Die **einwandfreien Teile** werden bestimmt durch die tatsächliche Ausbringung abzüglich der Produkte, bei denen vorher definierte Merkmale außerhalb der Toleranzgrenzen liegen. Dabei ist es im Hinblick auf den Qualitätsfaktor irrelevant, ob diese fehlerhaften Produkte trotzdem an den Kunden ausgeliefert oder in irgendeiner Weise weiterverwendet werden, da die OEE eine Kennzahl für die *produzierte* Qualität ist.

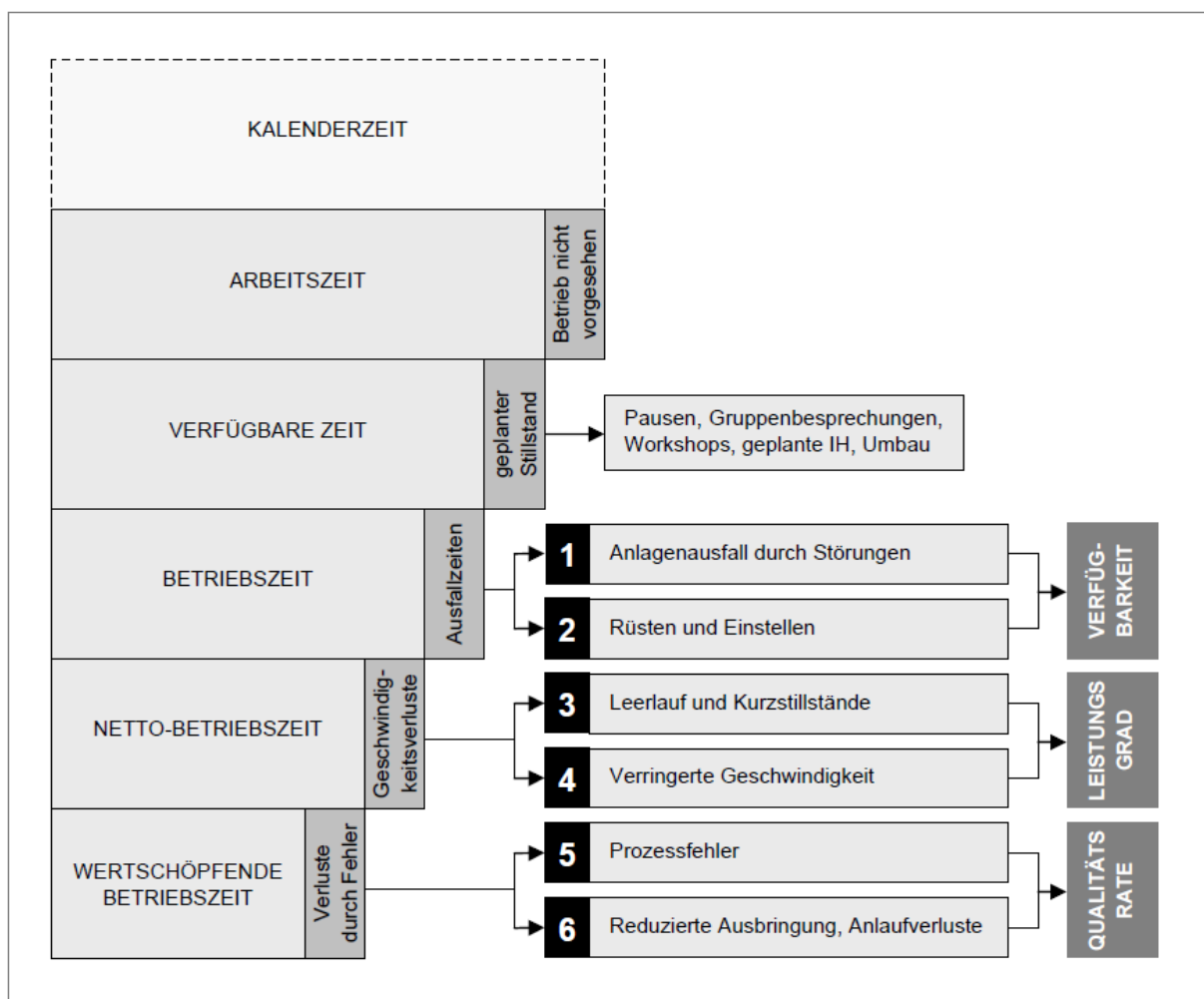


Abbildung 4: OEE-Zeitgerüst (Nakajima, 1995); Darstellung nach (Pichler, 2005)



## 2.4.2 Betriebsdatenerfassung<sup>2</sup>

Betriebsdatenerfassung (BDE) umfasst nach Definition von Karlheinz Roschmann „die Maßnahmen, die erforderlich sind, um Betriebsdaten eines Produktionsbetriebes in maschinell verarbeitungsfähiger Form am Ort ihrer Verarbeitung bereitzustellen (definierende Merkmale). Hiermit können zum Erfassungsvorgang gehörende Verarbeitungsfunktionen verbunden sein (ergänzende Merkmale).“

Als **Betriebsdaten** im Sinne obiger Definition werden die im Laufe des Produktionsprozesses anfallenden Daten (definierendes Merkmal) bzw. verwendeten Daten wie zum Beispiel zuzuordnende Nummern (ergänzendes Merkmal) verstanden.

Ein **Betriebsdatenerfassungssystem** (BDE-System) ist ein automatisch und/oder personell bedientes Hilfsmittel zur Erfassung und Ausgabe betrieblicher Daten. BDE-Systeme können auch Datenverarbeitungsmöglichkeiten beinhalten. Die unterschiedlichen Daten werden mithilfe von Datenendgeräten (Datenstation, BDE-Station, BDE-Terminal) erfasst bzw. in weiterer Folge ausgegeben.

## 2.4.3 Maschinendatenerfassung<sup>3</sup>

Die Maschinendatenerfassung (MDE) stellt das Verbindungsglied zwischen Produktionstechnik und Informationsverarbeitung dar. Ziel ist hierbei die Daten der Fertigung eines Produktes auszuwerten und somit den Herstellungsprozess zu kontrollieren. MDE bezeichnet eine Hard- und Softwarelösung, die zur Erfassung von Daten aus Maschinen oder Anlagen heraus dient. Diese Daten können anschließend analysiert und zur Optimierung im Zuge eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP) verwendet werden.

## 2.4.4 Fertigungsarten<sup>4</sup>

Die Fertigungsart ergibt sich aus der Häufigkeit der Leistungswiederholung im jeweiligen Produktionsprozess. Maßgebliche Kriterien hierfür sind sowohl die Auflagenhöhe der Erzeugnisse (Losgröße) als auch die Wiederholhäufigkeit in einem bestimmten Zeitraum (Auflagefrequenz).

Es werden folgende grundlegende Fertigungstypen unterschieden:

- Einfeldfertigung
- Serienfertigung
- Massenfertigung

Die Fertigungsart wirkt sich wesentlich auf die Gestaltung der Produktion aus, zum Beispiel hinsichtlich der Anordnung der Arbeitsplätze sowie des Materialflusses.

### **Einfeldfertigung**

Die Einfeldfertigung ist dadurch charakterisiert, dass die Produkte nur einmalig oder in sehr geringen Stückzahlen produziert werden. Eine Wiederholung im eigentlichen Sinne findet bei der Einfeldfertigung nicht statt, da selbst wenn dasselbe Produkt nach

---

<sup>2</sup> vgl. (Roschmann, 1979)

<sup>3</sup> vgl. (Datafox GmbH, o. D.)

<sup>4</sup> vgl. (Luger, et al., 1999); zit. n. (Sihn, et al., 2016)

einer gewissen Zeitspanne noch einmal produziert wird diese Wiederholung nicht planbar ist und der Prozess neu geplant werden muss. Diese Fertigungsart wird häufig im Sonder- und Großmaschinenbau, sowie im Anlagenbau angewandt, da in diesen Branchen die Anforderungen in der Regel sehr individuell sind.

### **Serienfertigung**

Von einer Serienfertigung spricht man, wenn ein und dasselbe Produkt wiederholt gefertigt wird. Im Gegensatz zur Massenfertigung ist die zu produzierende Stückzahl allerdings trotzdem begrenzt. Nachdem die vorgesehene Menge produziert wurde, erfolgt eine Umstellung der Produktionsanlage auf neue Produkte (oder auch Produktvarianten). Es kann auch noch zwischen Klein- oder Großserie unterschieden werden, wobei es hierfür keine einheitliche Abgrenzung gibt, da das von Branche zu Branche unterschiedlich ist. Beispielsweise kann eine gewisse Stückzahl in der Automobilindustrie eine Kleinserie darstellen, wogegen dieselbe Stückzahl in der Flugzeugindustrie in der Regel als Großserie angesehen werden wird.

### **Massenfertigung**

Wenn Produkte in sehr hohen Stückzahlen ohne Unterbrechung auf derselben Anlage hergestellt werden, wird dies als Massenfertigung bezeichnet. Im Gegensatz zur Serienfertigung ist bei der Massenfertigung eine zeitlich und mengenmäßig unbegrenzte Erzeugung desselben Produkts geplant. Ein Beispiel hierfür ist die Erzeugung von Normteilen.

## **2.4.5 Fertigungsprinzipien<sup>5</sup>**

Im Gegensatz zu den Fertigungsarten werden die Fertigungsprinzipien nicht durch die Häufigkeit der Leistungswiederholung sondern nach der räumlichen Struktur der Produktionsstätte klassifiziert. In der Literatur wird hierbei meist zwischen fünf verschiedenen Fertigungsprinzipien unterschieden:

- Werkstättenprinzip (Verrichtungsprinzip)
- Fließprinzip
- Inselprinzip (Gruppenprinzip)
- Baustellenprinzip
- Werkbankprinzip

### **Werkstättenprinzip**

Beim Werkstättenprinzip werden gleichartige Arbeiten räumlich in einer Werkstatt zusammengefasst. Das hat zur Folge, dass unterschiedliche an einem Werkstück durchgeführte Fertigungsschritte Transportwege zwischen den einzelnen Werkstätten hervorrufen. Vorteilhaft ist beim Werkstättenprinzip die Flexibilität. Es können Werkstücke mit unterschiedlichen Bearbeitungsfolgen ohne Probleme gefertigt werden. Weiters wird eine Spezialisierung der Mitarbeiter auf eine bestimmte Tätigkeit gefördert. Oftmals können Mitarbeiter auch mehrere Maschinen innerhalb einer Werkstatt bedienen, teilweise auch zur selben Zeit. Nachteilig beim Werkstattprinzip sind vor allem die langen Durchlaufzeiten und die Notwendigkeit von ausreichenden Lagerkapazitäten aufgrund der hohen Transportzeiten und der nicht

---

<sup>5</sup> vgl. (Lödding, 2016) und (Wiendahl, 2014)

vorhandenen Taktung von Arbeitsvorgängen. Daher eignet es sich vor allem für Betriebe mit einer hohen Produktvielfalt, welche in niedrigen Stückzahlen hergestellt werden, sowie für Betriebe, in denen eine hohe zeitliche Flexibilität aufgrund kurzfristig auftretenden Bedarfs an bestimmten Erzeugnissen erforderlich ist.

### **Fließprinzip**

Beim Fließprinzip werden im Gegensatz zum Werkstättenprinzip die Arbeitssysteme nach dem Materialfluss der hergestellten Produkte angeordnet. Das heißt, die Werkstücke werden direkt nach einem Fertigungsschritt zum nächsten Arbeitssystem befördert. Durch die materialflussgerechte Anordnung kann der Transportaufwand erheblich verringert werden. Dadurch können niedrige Durchlaufzeiten erzielt werden. Da bei diesem Fertigungsprinzip die einzelnen Arbeitssysteme in der Regel aufeinander getaktet sind, sind auch keine hohen Zwischenlagerkapazitäten notwendig. Weiters ist der Automatisierungsgrad für gewöhnlich relativ hoch. Fertigungslinien nach dem Fließprinzip können meist nur eine sehr begrenzte Variantenzahl produzieren und sind somit unflexibel hinsichtlich kurzfristiger Produktionsumstellungen. Störungen an einzelnen Arbeitssystemen wirken sich aufgrund der geringen Pufferbestände in den meisten Fällen auch direkt auf die nachfolgenden Arbeitssysteme aus. Daher ist dieses Fertigungsprinzip vor allem bei einer niedrigen Variantenvielfalt und hohen Stückzahlen, sowie bei einer langfristigen Planbarkeit des Bedarfs an einem bestimmten Produkt sinnvoll.

### **Inselfertigung**

Die Inselfertigung ist eine Kombination der Werkstätten- und der Fließfertigung. Die Arbeitssysteme sind wie bei der Fließfertigung nach dem Materialfluss der gefertigten Varianten angeordnet, meist in U-Form. Es ist allerdings keine exakte Taktung der einzelnen Arbeitssysteme vorhanden. Der Automatisierungsgrad ist geringer als bei der Fließfertigung und in manchen Fällen sind auch Ausnahmen vom Standardmaterialfluss zulässig. Bei diesem Fertigungsprinzip kommt dem Mitarbeiter eine hohe Bedeutung zu. Oftmals kann auch ein Mitarbeiter alle Arbeitssysteme einer Fertigungsinsel bedienen bzw. rüsten. Die Regelung der Kapazität einer Fertigungsinsel kann über die Anzahl der Mitarbeiter oder über die Arbeitszeit erfolgen. Der Weitertransport der Werkstücke von einem Arbeitssystem zum nächsten in derselben Fertigungsinsel erfolgt in der Regel direkt nach der Bearbeitung (One-piece-flow-Prinzip). Der Mitarbeiter begleitet ein Werkstück normalerweise durch alle Arbeitssysteme der Fertigungsinsel. Dadurch sind die Durchlaufzeiten gering. Die Anforderungen an die Prozesssicherheit sind relativ hoch, ähnlich wie bei der Fließfertigung. Da der Automatisierungsgrad niedriger ist und eher der Arbeiter im Vordergrund steht, sind diese allerdings auch einfacher zu erreichen.

### **Baustellenfertigung**

Bei diesem Fertigungsprinzip bleiben die (meist sehr großen) Werkstücke an ihrem Ort und die Arbeitssysteme (Maschinen) werden zu ihnen gebracht. Hauptsächlich wird die Baustellenfertigung im Großmaschinen- und Schiffsbau angewandt. Die Fertigungslosgrößen sind in den meisten Fällen gering.

## **Werkbankprinzip**

Beim Werkbankprinzip wird das Werkstück von einem Arbeiter, der im Bedarfsfall auf die dafür nötigen Maschinen zugreift, auf einer Werkbank bearbeitet. Meist werden mehrere Arbeitsgänge hintereinander oder komplexe Einzelarbeitsgänge ausgeführt. Da die Werkstücke in vielen Fällen komplett bearbeitet werden, sind die Durchlaufzeiten tendenziell relativ gering. Zwischen den Arbeitsvorgängen finden keine Transporte statt. Anwendung findet das Werkbankprinzip vor allem bei Montagetätigkeiten. Sinnvoll ist es vor allem dann, wenn die benötigten Maschinen kompakt und kostengünstig sind und eine Aufteilung der Arbeitsvorgänge unwirtschaftlich wäre.

### **2.4.6 Organisatorische Zuordnung der NC-Programmierung<sup>6</sup>**

Grundsätzlich wird bei der Numerical Control-Programmierung (NC-Programmierung) zwischen folgenden Formen unterschieden:

- Programmerstellung in der Arbeitsvorbereitung (AV-Programmierung)
- Programmerstellung im Werkstattbereich (Werkstattprogrammierung)

#### **Programmerstellung in der AV**

Alle planerischen Maßnahmen, welche für die Durchführung eines Fertigungsauftrages notwendig sind, werden in der AV vorgenommen. Da diese Abteilung außerhalb des Werkstattbereichs liegt, spricht man, wenn die Programme bereits dort erstellt werden, auch von einer externen Programmierung. Speziell für die NC-Programmierung ausgebildete Mitarbeiter erstellen die Programme zur Durchführung des Fertigungsauftrages. Sie arbeiten in der Regel an einem Programmierplatz, an dem zusätzlich zur Programmerstellung die Programmverwaltung angegliedert ist. Oftmals ist auch die Möglichkeit einer Simulation direkt am Programmierarbeitsplatz vorhanden, diese kann aber grundsätzlich auch an der Maschine erfolgen.

#### **Programmerstellung im Werkstattbereich**

Bei Erstellung der NC-Programme im Werkstattbereich wird von einer maschinennahen Programmierung oder Werkstattprogrammierung gesprochen. Die NC-Programme werden direkt an einem Programmierplatz in Maschinennähe erstellt. In der Regel kann eine Simulation durchgeführt werden, wobei die Programme kontrolliert und gegebenenfalls auch optimiert werden (gilt auch für externe Programme).

### **2.4.7 Normalleistung<sup>7</sup>**

Als Normalleistung wird eine normalisierte Bezugsleistung bezeichnet, welche zur Ermittlung von Vorgabezeiten herangezogen wird. Der Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung (REFA; Abkürzung basiert auf der ehemaligen Bezeichnung „Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung“) definiert die Normalleistung folgendermaßen:

---

<sup>6</sup> vgl. (IndustryArena GmbH, o. D.)

<sup>7</sup> vgl. (REFA, 1978)



„Unter REFA-Normalleistung wird eine Bewegungsausführung verstanden, die dem Beobachter hinsichtlich der Einzelbewegungen, der Bewegungsfolge und ihrer Koordinierung besonders harmonisch, natürlich und ausgeglichen erscheint. Sie kann erfahrungsgemäß von jedem in erforderlichem Maße geeigneten, geübten und voll eingearbeiteten Arbeiter auf die Dauer und im Mittel der Schichtzeit erbracht werden, sofern er die für persönliche Bedürfnisse und gegebenenfalls auch für Erholung vorgegebenen Zeiten einhält und die freie Entfaltung seiner Fähigkeiten nicht behindert wird.“

### **2.4.8 Rüsten<sup>8</sup>**

Rüsten beinhaltet laut REFA „das Vorbereiten des Arbeitssystems bzw. der Betriebsmittel für die Erfüllung der Arbeitsaufgabe sowie – falls erforderlich – das Rückversetzen in den ursprünglichen Zustand, beim Menschen seine eigene Vorbereitung auf das Ausführen der Aufgabe (z. B. Auftragsunterlagen lesen).“

Die zur Ausführung von Rüstaufgaben benötigte Zeit wird als Rüstzeit bezeichnet.

### **2.4.9 Verteilzeit<sup>9</sup>**

Für die Verteilzeit wird an dieser Stelle ebenfalls die Definition laut REFA herangezogen, welche folgendermaßen lautet:

„Die Verteilzeit besteht aus der Summe der Soll-Zeiten aller Ablaufabschnitte, die zusätzlich zur planmäßigen Ausführung eines Ablaufes durch den Menschen erforderlich sind.“

Die Verteilzeit setzt sich aus sachlicher und persönlicher Verteilzeit zusammen.

Unter die sachliche Verteilzeit fallen z. B. dienstliche Besprechungen, Schulungsteilnahmen sowie dienstlich bedingte Wartezeiten.

Beispiele für die persönliche Verteilzeit sind persönliche Bedürfnisse (Trinken, Toilette,...) sowie Gespräche, welche persönliche Angelegenheiten betreffen.

### **SMED<sup>10</sup>**

Single Minute Exchange of Die (SMED) ist eine Methode zur Optimierung der Rüstzeit von Produktionsmaschinen bzw. Fertigungslinien. Die Bezeichnung, welche ins Deutsche übersetzt etwa „Werkzeugwechsel im einstelligen Minutenbereich“ lautet, ist streng genommen nicht exakt zutreffend, da sich dieses Verfahren nicht nur auf den Werkzeugwechsel selbst sondern auf die gesamte Rüstzeit laut obiger Definition bezieht. Darunter fallen neben dem Werkzeugwechsel selbst auch Tätigkeiten wie die Einstellung diverser Maschinenparameter für einen Auftrag o. Ä.

Das SMED-Prozedere wird grundsätzlich in drei Phasen aufgeteilt, welche nacheinander durchlaufen werden, um die Umstellzeit bestmöglich zu minimieren.

Umstellzeit bezeichnet hierbei den Zeitraum, in dem die Maschine aufgrund von Rüsttätigkeiten stillsteht. Die Umstellzeit ist somit nicht gleichbedeutend wie die Rüstzeit. Der Umstand, dass eine Maschine nicht während des gesamten

---

<sup>8</sup> vgl. (REFA, 2011)

<sup>9</sup> vgl. (REFA, 1978)

<sup>10</sup> vgl. (Teeuwen, et al., 2012)

Rüstvorganges zwangsläufig stillstehen muss, ist auch der Ansatzpunkt der ersten beiden Phasen der SMED-Methode (im Folgenden näher erklärt).

Zum besseren Verständnis soll zuerst der Unterschied zwischen externen und internen Handlungen erklärt werden. Externe Handlungen sind dadurch charakterisiert, dass sie während des Maschinenbetriebs (also außerhalb der Umstellzeit) verrichtet werden können. Interne Handlungen hingegen finden statt, während die Maschine stillsteht, somit während der Umstellzeit.

Die drei Phasen von SMED beinhalten die Trennung interner und externer Handlungen, die Umwandlung interner Handlungen in externe, sowie die anschließende Verkürzung sämtlicher Handlungen.

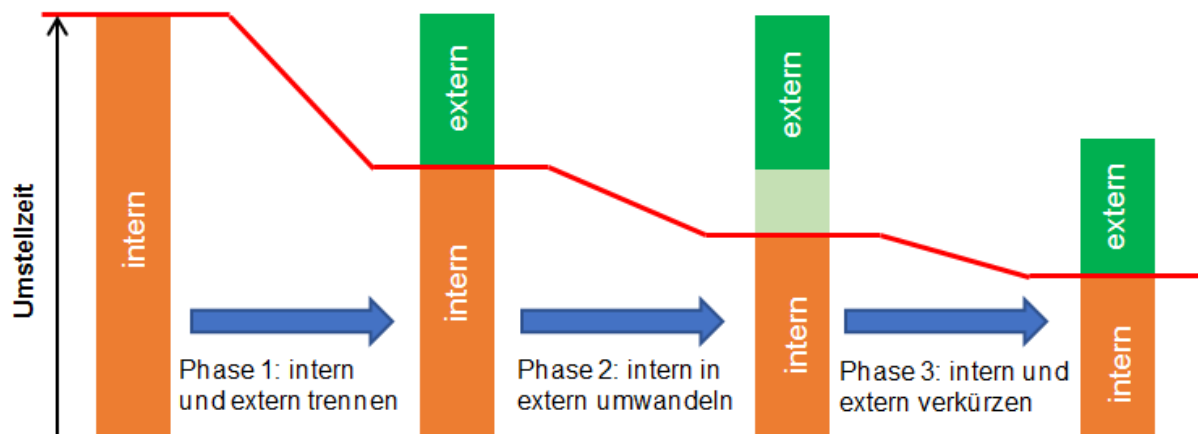


Abbildung 5: SMED-Phasen (eigene Darstellung)

### Phase 1: Einteilung in interne und externe Handlungen

Zuerst wird für jede Handlung eruiert, ob diese auch während die Maschine läuft stattfinden kann. Es wird nach Handlungen gesucht, die momentan intern verrichtet werden, aber ohne Anpassungen auch extern verrichtet werden können.

Ein Beispiel hierfür wäre die Vorbereitung von Werkzeugen. Diese können auch bereits während des Betriebs der Maschine vorbereitet werden (Schneidplatten wechseln, Werkzeug vermessen,...).

### Phase 2: Interne Handlungen in externe umwandeln

In diesem Schritt werden interne Handlungen so angepasst, dass sie extern verrichtet werden können.

Ein Beispiel hierfür wäre für die Fertigung eines bestimmten Produkts nötige Spannmittel nicht intern direkt auf der Maschine einzurichten und zu befestigen, sondern das bereits im Voraus auf einem Vorspanntisch zu erledigen, welcher während der Umstellzeit einfach am dafür vorgesehenen Platz angebracht werden kann.

### Phase 3: Verkürzung interner und externer Handlungen:

In dieser Phase werden sowohl interne als auch externe Handlungen verkürzt und in eine möglichst sinnvolle Reihe gebracht.

Ein Beispiel hierfür wäre die Verwendung von Schnellverschlüssen anstatt Schrauben zur Befestigung von Spannmitteln.

Durch diese systematische Vorgangsweise kann die Umstellzeit teilweise erheblich reduziert werden, wodurch auch geringe Losgrößen wirtschaftlich gefertigt werden können.

#### **2.4.10 ABC-Analyse<sup>11</sup>**

Die ABC-Analyse oder auch Pareto-Analyse (benannt nach Vilfredo Pareto) ist laut REFA eine „Technik zur Gruppierung und Bewertung von Gegebenheiten (Daten, Objekten), bei der eine Menge von Objekten oder Daten nach absteigender Bedeutung als Klassen A (sehr wichtig), B wichtig (bedeutsam) und C (weniger wichtig) geordnet wird.“ (REFA, 2011)

Die ABC-Analyse hat viele Einsatzgebiete, zum Beispiel als Instrument zur Entscheidungsfindung oder zur Bildung von Rangfolgen. Häufig werden Mengen-Wert-Verhältnisse nach bestimmten Einflussfaktoren gebildet.

Ein typischer Anwendungsfall ist die Beschaffungslogistik. Hier wird zuerst eine Rangfolge aller Materialpositionen nach dem Verbrauchswert erstellt. Anschließend werden die Materialpositionen nach dieser Rangfolge geordnet und ihre prozentuellen Anteile am gesamten Verbrauchswert kumuliert. Ebenso werden die Anteile an den gesamten Materialpositionen errechnet und nach der vorher erstellten Rangfolge kumuliert.

Weiters werden drei mit A, B und C bezeichnete Materialklassen gebildet, in welche die Materialpositionen beginnend mit Klasse A nach der Rangfolge eingeordnet werden. Dafür müssen Grenzen für den kumulierten Verbrauchswert festgelegt werden, ab denen die folgenden Materialpositionen in die nächste Materialklasse eingeordnet werden. Eine typische Klasseneinteilung wäre zum Beispiel 80%, 15%, und 5%. Somit entfallen 80% des Verbrauchswertes auf Klasse A, 15% auf Klasse B und 5% auf Klasse C.

In der Regel entfällt auf die Klasse A ein relativ geringer mengenmäßiger Anteil der Materialpositionen, da diese in der Reihenfolge ihrer Verbrauchswerte den verschiedenen Klassen (beginnend mit Klasse A) zugeordnet werden. In der Klasse C hingegen befinden sich die meisten Materialpositionen, welche zugleich aber den niedrigsten Anteil am gesamten Verbrauchswert repräsentieren.

Diese Analyse kann nun als Grundlage für beschaffungslogistische Maßnahmen dienen.

Zur besseren Übersicht können die aus der ABC-Analyse gewonnenen Daten nicht nur tabellarisch sondern auch grafisch dargestellt werden. Dabei werden die prozentual kumulierten Verbrauchswerte entsprechend der Rangfolge auf der Ordinate sowie die zugehörigen prozentual kumulierten Materialpositionen auf der Abszisse aufgetragen. Weiters werden noch die Klassengrenzen in das Diagramm eingezeichnet. Wenn die Verbrauchswerte gleich auf die Materialpositionen verteilt wären, würde sich eine Gerade durch den Ursprung mit 45° ergeben. Normalerweise ist diese Kurve allerdings stark nach oben geneigt, da meist ein geringer Anteil der

---

<sup>11</sup> (Kiener, et al., 2017)

Materialpositionen einen großen Anteil des gesamten Verbrauchswertes ausmacht.

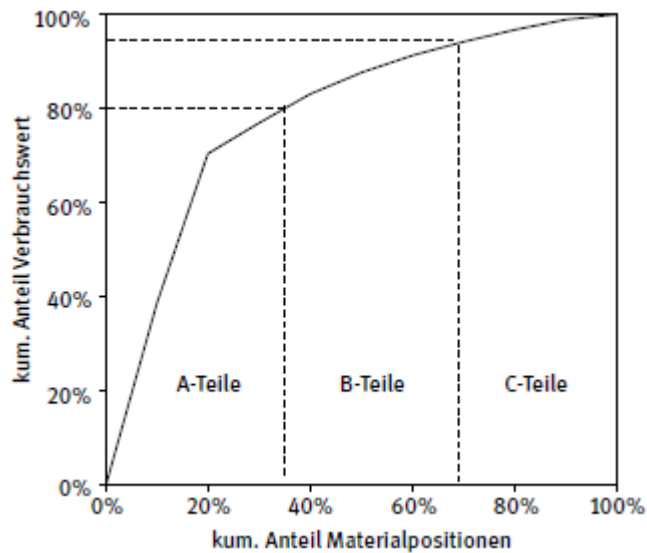


Abbildung 6: Beispiel für grafische ABC-Analyse

Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für eine grafische Aufbereitung einer ABC-Analyse, bei welcher die Klassengrenzen wie bei dem Beispiel auf der vorigen Seite angenommen wurden.

### 3 Ausgangssituation

Aufgrund der Instandhaltungstätigkeiten werden in der mechanischen Bearbeitung im TSM hauptsächlich Einzelfertigungen (siehe Kapitel 2.4.4) durchgeführt, das heißt die Losgrößen der zu fertigenden (oder auch zu reparierenden) Teile sind sehr klein, in den meisten Fällen hat man es mit Losgröße eins zu tun. Viele Teile müssen zwar nach einer gewissen Zeit wieder nachproduziert oder serviciert werden, allerdings ist diese Zeitspanne bei fast allen Aufträgen praktisch nicht planbar. Weiters gibt es auch manchmal konstruktive Änderungen, wodurch sich Lose wiederkehrender Aufträge von den ursprünglichen unterscheiden können. Aufgrund dieser Gegebenheiten kann trotz des gelegentlichen Auftretens von Wiederholfertigungen in den meisten Fällen nicht von Serienfertigungen gesprochen werden.

Gewisse Bauteile kann man allerdings durchaus der Serienfertigung zuordnen. Ein Beispiel hierfür sind Rollenmäntel, welche für die Stranggussanlagen der voestalpine benötigt werden. Aber auch einige andere Produkte werden (zumeist auf extern programmierten Maschinen; siehe Kapitel 2.4.6 und 4.2.1) zumindest in Kleinserien (selten mehr als 50 Stück) hergestellt.

Zum besseren Verständnis der Situation in der mechanischen Bearbeitung eine kurze Auflistung der Auftragsstruktur:

- Störaufträge: 5-10%
- Externe Aufträge: 10%
- Lageraufträge: 45%
- sonstige Reparaturen, gesetzliche Überprüfungen und Qualitätskontrollen: 35-40%

Die gefertigten Stückzahlen pro Auftrag lassen sich folgendermaßen beziffern:

- 1 Stück: 55%
- 2-10 Stück: 30%
- 11-50 Stück: 12%
- Über 50 Stück: 3%

Aufgrund der Verbuchung der Aufträge (auf welche aufgrund der mangelnden Relevanz für diese Arbeit nicht näher eingegangen wird) ist für die obenstehenden Daten keine automatisierte Auswertung möglich. Aufgrund dessen wurden diese mit der Unterstützung der Stückzeitermittlung sowie Terminierte (siehe Kapitel 4.3.3) abgeschätzt. Daher dienen diese Zahlen nur als Richtwerte zur Veranschaulichung der Auftragsstruktur. Die Durchlaufzeiten reichen von wenigen Stunden bei dringenden Störaufträgen bis zu einigen Monaten bei Lageraufträgen mit geringer Priorität.

Da gleichartige Werkzeugmaschinen in der mechanischen Bearbeitung räumlich in den meisten Fällen räumlich zusammengefasst sind, ist hier das Fertigungsprinzip der Werkstättenfertigung (siehe Kapitel 2.4.5) zutreffend. Auch auf Betriebsebene ist das Werkstättenprinzip gut sichtbar, da einzelne Bereiche wie die mechanische Bearbeitung, die Schweißerei sowie die Schlosserei räumlich voneinander getrennt sind. Aufgrund der von Auftrag zu Auftrag stark unterschiedlichen Fertigungsabfolgen wäre ein anderes Fertigungsprinzip auch nicht sinnvoll anwendbar.

Aufgrund dieser Gegebenheiten unterscheidet sich TSM von Produktionsbetrieben in denen OEE-Analysen angewandt werden. Schon alleine deswegen ist eine geringere OEE als in herkömmlichen Produktionsbetrieben, welche langfristig und in größeren Stückzahlen produzieren, erwartbar. Häufige Umstellungen, auch aufgrund von Unterbrechungen laufender Aufträge bei wichtigen Störungsbehebungen sowie die Tatsache, dass die Forderung nach Flexibilität in vielen Fällen mit dem Streben nach Effizienz konkurriert, sorgen für hohe, in vielen Fällen auch unvermeidbare Verluste. Aus den bei Beginn dieser Arbeit bereits vorliegenden Analysen ist auch ersichtlich, dass sich die Personalsituation in der mechanischen Bearbeitung negativ auf die OEE auswirkt, da zu wenige Maschinenbediener vorhanden sind, um alle Maschinen in einem hohen Ausmaß zu besetzen.

An dieser Stelle soll auch gleich der Maschinenpark näher erläutert werden:

Im Bereich der mechanischen Bearbeitung gibt es vier Kostenstellen für Maschinen (5531, 5532, 5533, 5534), wobei 5531 den niedrigsten und 5534 den höchsten Stundensatz hat. Die Maschinen in den einzelnen Kostenstellen sind:

- 5531: 7 kleine Drehmaschinen, 2 Rundschleifmaschinen, 2 kleine Fräsmaschinen
- 5532: 5 mittlere Drehmaschinen, 4 mittlere Fräsmaschinen, 2 kleine Fräsmaschinen, 1 Drehzentrum, 1 Stoßmaschine, 1 Tieflochbohrmaschine, 1 Flachsleifmaschine, 1 Rundschleifmaschine, 1 Sägezentrum
- 5533: 4 mittlere Bohrwerke, 4 große Drehmaschinen, 2 mittlere Fräsmaschinen, 2 Drehzentren, 2 Rundschleifmaschinen, eine große mobile Fräsmaschine
- 5534: 3 große Bohrwerke, 2 Karusselldrehmaschinen

Anbei ein Layout, welche die Anordnung der Maschinen zeigt. Darin ist auch das Werkstättenprinzip abgesehen von wenigen Ausnahmen gut sichtbar.

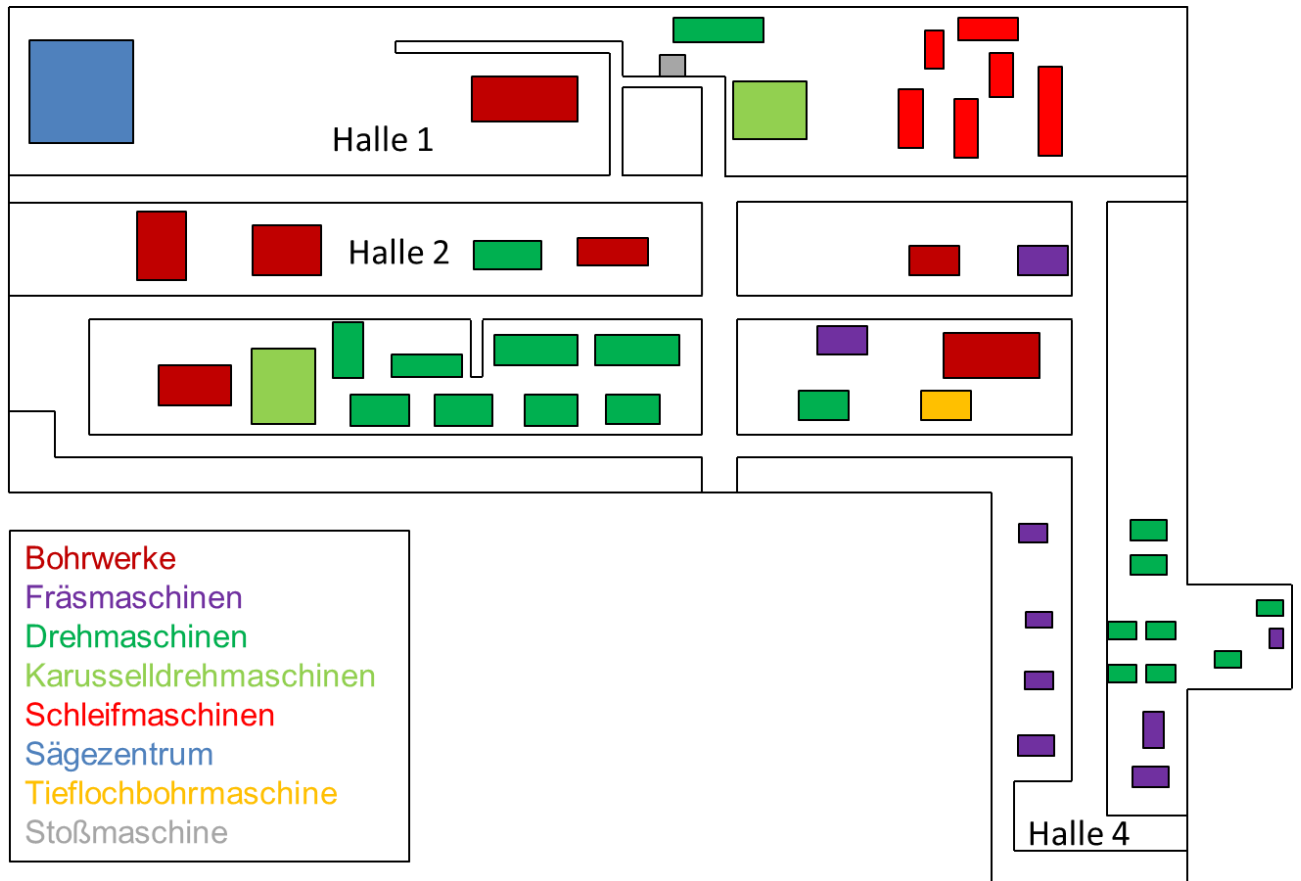


Abbildung 7: Layout der mechanischen Bearbeitung (eigene Darstellung)

Die Werkstätte der mechanischen Bearbeitung besteht aus drei Bereichen, welche Halle 1, Halle 2 und Halle 4 genannt werden. Das Layout ist nicht maßstabsgetreu, die Größenrelationen zwischen den eingezeichneten Maschinen sind allerdings qualitativ zutreffend. Daraus lässt sich auch großteils ableiten, welche Maschinen welchen Kostenstellen zugeordnet sind (aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf eine Beschriftung im Layout verzichtet).

Diese Kurzbeschreibung der Ausgangssituation dient dazu, einen allgemeinen Überblick zu vermitteln. Sämtliche weiteren relevanten Informationen finden sich in den jeweiligen Kapiteln zu den diversen Ansatzpunkten für eine Steigerung der OEE.

### 3.1 Betriebsdatenerfassung und Ermittlung der OEE

Im Jahr 2017 wurde in der mechanischen Bearbeitung mit der Erfassung von Betriebsdaten begonnen. Anfangs erfolgte die Aufzeichnung manuell mittels Strichlisten (im Folgenden näher erklärt) durch die jeweiligen Maschinenbediener. In der ersten Phase wurde schrittweise mit Aufzeichnungen an folgenden fünf Maschinen begonnen: eine Mitteldrehmaschine, eine Fräsmaschine, ein Dreh-/Fräszentrum, ein Großbohrwerk sowie eine Karusselldrehmaschine.

Maschine / Arbeitsplatz Nr.		4212 Weiler E150		Bearbeiter: Friedmann/Hintringe						Unterschrift:										
Datum	Früh Spät	5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	Anzahl	Summe min	Zeit in Min	Gut Teile	Aus- schuss	plan Bedien- zeit	Zuruf Arbei- ten				
		13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30											
Netto-betriebszeit	1.																			
	2.																			
	3.																			
	4.																			
	5.																			
	6.																			
Verfügbare Arbeitszeit	Störmeldung Mechanik																			
	Störmeldung Elektrik																			
	Programmieren																			
	Rekalibrieren																			
	Rüsten (je Auftrag; Backen,Spanwinkel)																			
	Spannen (je Werkstück)																			
	Gepl. Wartung																			
	Werkzeugservice an Maschine																			
	Werkzeugservice Ausgabe																			
	MA Anlernen																			
	kein Bediener (Urlaub)																			
	kein Bediener (Krankheit)																			
	kein Bediener (VA-Vertretung)																			
	kein Bediener (andere Maschine)																			
	kein Material																			
	Kranwartezeit																			
	persönliche Bedürfnisse																			
	Reinigen																			
	Techniker Wartezeit																			
	Werkstattmeldung AV																			
Besprechungen																				
Übergabe																				

Abbildung 8: Strichliste zur Zeiterfassung

Abbildung 8 zeigt eine Strichliste zur Zeiterfassung, in welcher die durchgeführten Tätigkeiten mittels Strichen in den jeweiligen Kästchen mitprotokolliert werden. Ein Kästchen steht für einen Zeitraum von zehn Minuten. Da keine genauere zeitliche Unterteilung möglich ist, muss gegebenenfalls gerundet werden.



Seit Mitte 2018 ist ein BDE-System auf SAP-Basis von der Firma top flow in Einsatz.

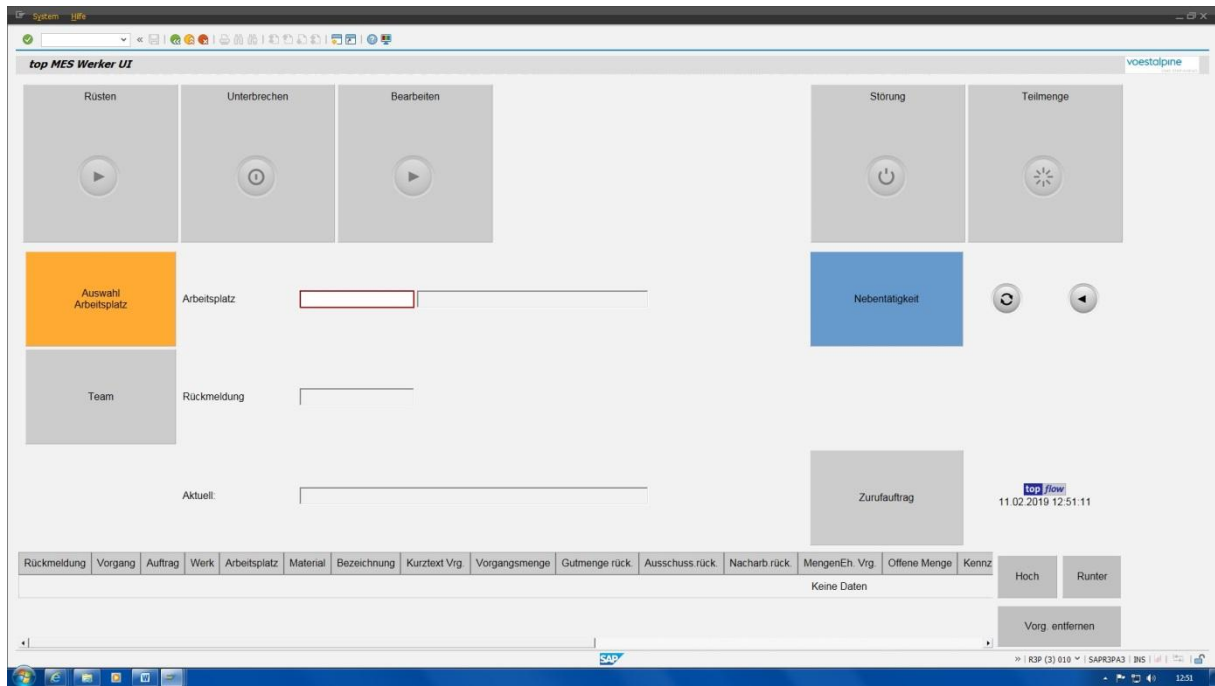


Abbildung 9: Benutzeroberfläche des BDE-Systems

Zu Beginn wurde dieses System an der eingangs in diesem Kapitel erwähnten Mitteldrehmaschine erprobt und im Jänner 2019 wurden schließlich auf zwei weiteren Maschinen die Strichlisten durch das BDE-System ersetzt. Da der Computer aufgrund einer Sicherheitsrichtlinie nach 15 Minuten automatisch gesperrt wird, sind auch Barcodescanner zur schnellen Entsperrung vorhanden. Diese Sicherheitsrichtlinie wird von der voestalpine group-IT für die gesamte voestalpine in Linz vorgegeben und kann daher auch nicht außer Kraft gesetzt oder angepasst werden.

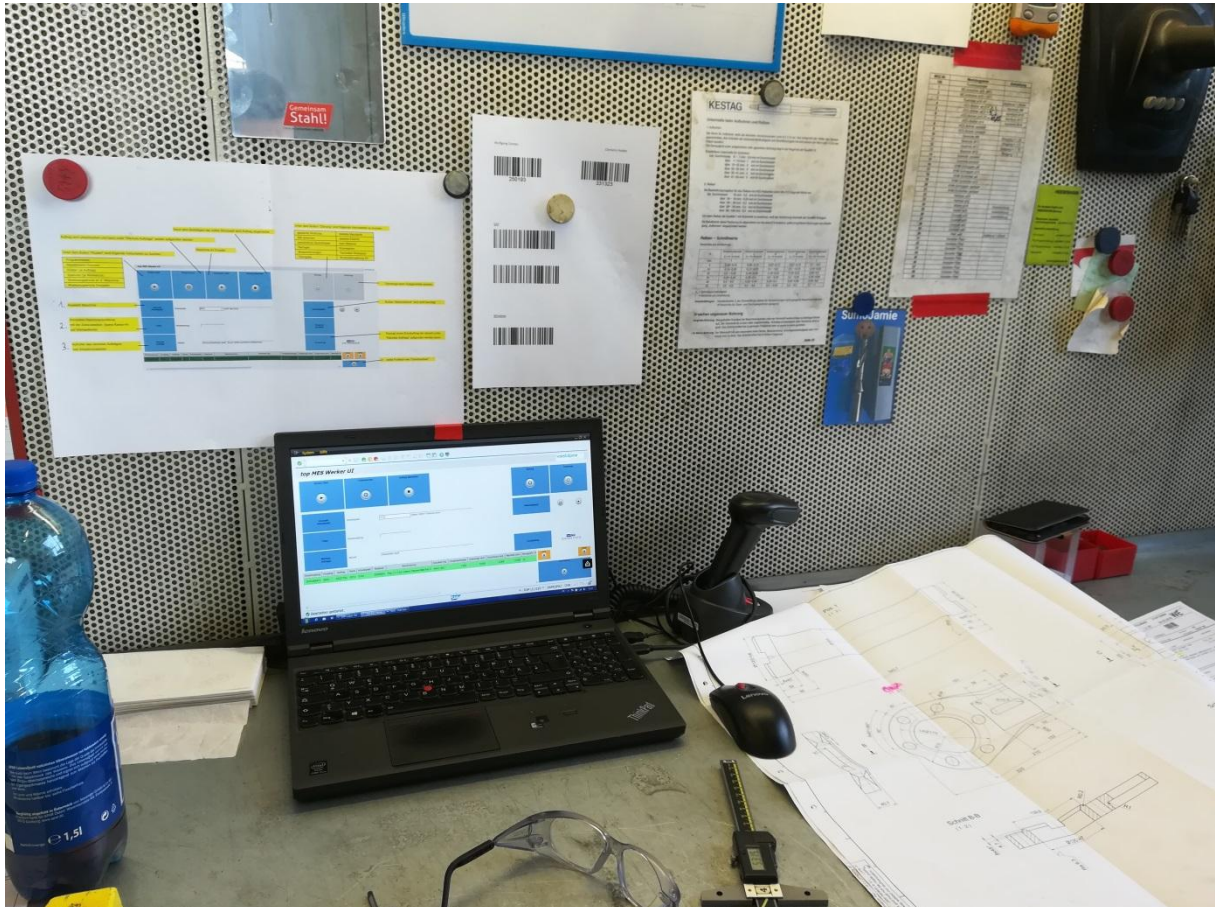


Abbildung 10: BDE-System im Einsatz an einer Maschine

Alle Daten werden direkt vom Maschinenbediener erfasst, indem er bei Beginn einer Tätigkeit den jeweiligen Button im BDE-System aktiviert. Als Terminal zur Eingabe dient entweder ein Computer oder ein Tablet.

Die erfassten Daten können anschließend im BDE-System abgerufen und auch grafisch aufbereitet werden.

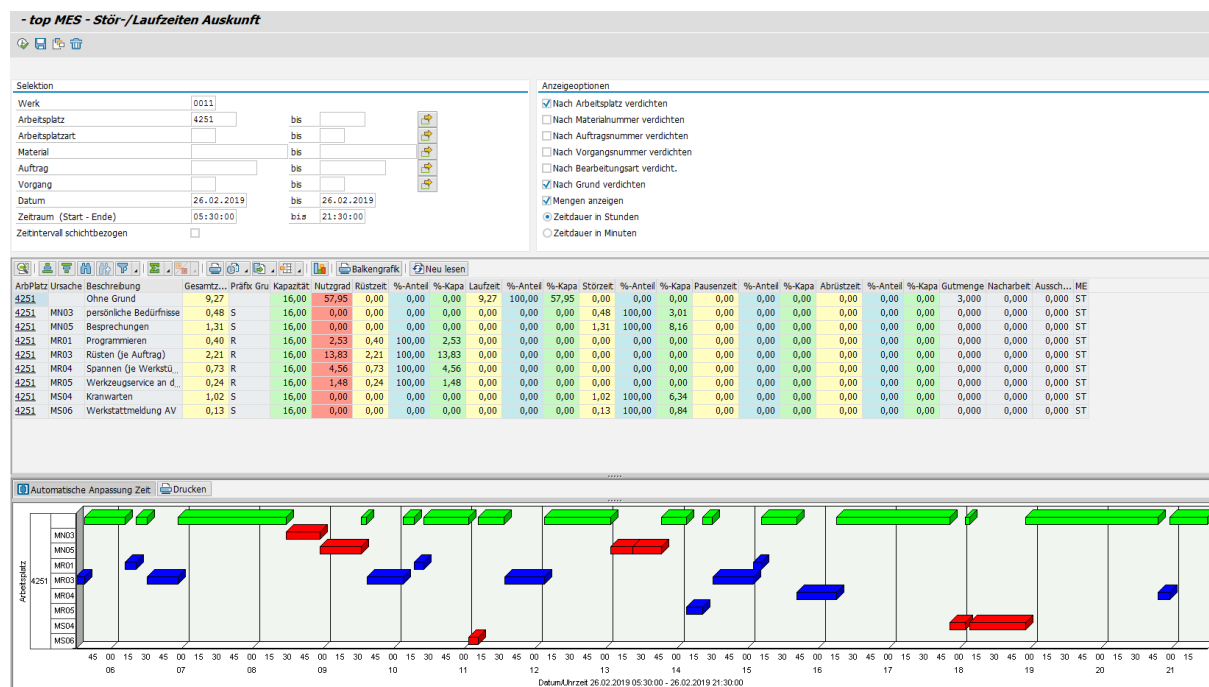


Abbildung 11: Datenauswertung an einer Drehmaschine

Mit der im Laufe des Jahres 2019 erfolgenden WLAN-Ausstattung der Werkshalle sollen auch die beiden verbleibenden Strichlisten durch das BDE-System ersetzt werden. Zusätzlich soll eine Ausweitung auf weitere fünf Maschinen erfolgen (voraussichtlich im Herbst 2019). Von dieser Ausweitung sind folgende Maschinen betroffen: zwei Großbohrwerke, ein Dreh-/Fräszentrum, eine Großdrehmaschine und eine Fräsmaschine.

Wie man an den genannten Maschinen schon erahnen kann, haben die wichtigsten und teuersten Anlagen bei der Ausstattung mit dem BDE-System Priorität. Grundsätzlich ist allerdings geplant, alle Maschinen (abgesehen von Kleindrehtmaschinen und älteren Anlagen, welche nur mehr sporadisch genutzt werden) in naher Zukunft mit dem BDE-System auszustatten.

Das BDE-System ermöglicht eine genauere Zeiterfassung als die Strichlisten, da diese sekundengenau erfolgt. Allerdings wird die Erfassung „live“ vorgenommen und ist im Nachhinein für die Maschinenbediener nicht korrigierbar, falls für einen gewissen Zeitraum ein falscher Erfassungsgrund aktiv war. Sie können lediglich den Systemadministrator benachrichtigen, eine Korrektur vorzunehmen. Davon wird aber praktisch nie Gebrauch gemacht, da das den Arbeitern zu aufwendig ist. Die Qualität dieser Aufzeichnungen unterscheidet sich sehr stark von Mitarbeiter zu Mitarbeiter, einige führen diese fein säuberlich durch, während andere oftmals vergessen, den Erfassungsgrund bei Beginn einer neuen Tätigkeit zu ändern.

Die Aufzeichnungen mittels Strichlisten sind grundsätzlich ungenauer, da keine sekundengenau Erfassung möglich ist und oftmals gerundet bzw. geschätzt werden muss. Allerdings haben Mitarbeiter die Möglichkeit, Eintragungen auch im Nachhinein vorzunehmen. Grundsätzlich sind sie aber auch hier dazu angehalten, ausgeführte Tätigkeiten unmittelbar mit zu protokollieren. Die Möglichkeit, Eintragungen und Korrekturen auch im Nachhinein durchzuführen bewirkt Erfahrungen zufolge

allerdings eine weniger mitarbeiterabhängige Qualität der Aufzeichnungen, da die Mitarbeiter, wenn sie schon die durchgeführten Tätigkeiten nicht parallel erfassen, diese zumindest am Ende des Tages schätzen können und die Aufzeichnung in diesem Fall nicht komplett falsch ist, wie beim BDE-System.

Sowohl die durch das BDE-System, als auch die mittels Strichlisten gesammelten Daten werden (derzeit noch manuell) täglich in eine OEE-Berechnungsvorlage eingegeben und ausgewertet. Für Zeiten, in denen eine Maschine außerplanmäßig nicht belegt war, ermittelt der dafür verantwortliche Mitarbeiter in Rücksprache mit dem Vorarbeiter den Grund für die Abwesenheit des Bedieners (Urlaub, Krankenstand,...) und trägt ihn ebenfalls in die Tabelle ein. Es wird sowohl eine tägliche, als auch eine monatliche OEE für die jeweilige Maschine auf diese Weise ermittelt (Die OEE wird in der mechanischen Bearbeitung grundsätzlich immer maschinenbezogen ermittelt).

		Jän.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Jun.18	Jul.18	Aug.18	Sep.18	Okt.18	Nov.18	Dez.18	Durchschnitt
	<b>RSOEE</b> = Rückgemeldete Zeit aus OEE Erfassungsfomular [Std.]	336	320	352	272	304	336	352	272	288	352	336	272	316
	<b>OEE</b>	9602	7302	7584	4318	4968	6028	6575	3430	8623	10994	9722	6781	7160
<b>V O E</b>	Defekte Mechanik	30	20	80	0	0	40	30	15	26	38	386	0	55
	Defekte Elektrik	10	10	0	40	10	0	700	0	0	108	384	85	112
	Programmieren	300	320	470	530	350	290	490	352	209	400	188	245	345
	Rekalibrieren	700	760	420	330	430	550	380	56	390	254	26	21	380
	Rüsten (je Auftrag)	3410	2110	2780	1700	1030	610	1020	409	1178	964	1402	529	1434
	Spannen (je Werkstück)	0	0	10	720	1010	1380	1600	367	1438	1739	760	787	818
	Geplante Wartung	100	240	280	20	20	60	60	0	29	36	79	2307	269
	Werkzeusservice an der	360	60	160	380	250	320	270	180	116	89	27	59	199
	Werkzeusservice Ausgabe	0	0	0	50	30	80	50	97	41	53	225	87	59
	MA Anlernen	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	108	10
	kein Bediener (Urlaub)	730	2890	530	3960	5390	5390	3230	9600	1440	1440	1640	2544	3281
	kein Bediener (Krankheit)	480	480	0	60	0	2290	0	0	0	0	0	0	276
	kein Bediener (VA-Vertretung)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	kein Bediener (andere Maschine)	0	1580	4450	1820	1320	230	2750	0	195	0	265	0	1051
	kein Material	60	40	60	60	120	20	50	7	0	39	0	16	39
	kranwärten	170	240	150	10	20	50	160	11	67	32	444	106	122
	persönl. Bedürfnisse	1440	1060	1370	750	750	970	1190	317	593	969	805	543	898
	Reinigen	390	360	390	290	330	320	400	91	239	636	402	175	395
	Techniker Wartezeit	0	0	30	120	170	100	70	20	2	281	0	0	66
	Werkstattmeldung AV	50	20	150	30	0	60	70	40	169	19	392	43	69
	Besprechungen	80	350	450	160	400	220	630	172	114	157	341	212	274
	Übergabe	620	130	470	240	140	130	280	94	224	371	414	221	273
	nicht erfasste Verluste	0	0	0	0	0	0	0	540	688	620	603	301	230
kein Bediener	2650	6000	6350	6590	8060	8880	7170	9917	2228	2429	2710	3087	5506	
Leistungsverluste	1123	854	887	505	581	705	769	4012	1008,5	1285,9	1137,1	793,1	837	
Qualitätsverluste	5615	427	443,5	252,5	290,5	352,5	384,5	200,6	504,25	642,95	568,55	396,55	419	
	<b>VVOEE =</b> Verfügbarkeitsverluste aus OEE Erfassungsfomular [Std.]	148,8	177,7	204,2	187,8	207,2	218,5	223,8	205,1	119,9	137,7	146,5	139,8	176,4
	<b>Nettobetriebszeit = RSOEE - VVOEE [Std.]</b>	187,17	142,33	147,83	84,17	96,83	117,50	128,17	66,87	168,08	214,32	189,52	132,18	139,58
	<b>VR = Verfügbarkeitsrate = Nettobetriebszeit / Laufzeit</b>	56%	44%	42%	31%	32%	35%	36%	25%	58%	61%	56%	49%	44%
	<b>LR = Leistungsrate = Nutzbare Betriebszeit / Nettobetriebszeit</b>	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	<b>QR = Qualitätsrate</b>	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%
	<b>OEE</b>	48%	38%	36%	26%	27%	30%	31%	21%	50%	52%	48%	42%	38%
	<b>Ziel</b>	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
		8064	7680	8448	6528	7296	8064	8448	6528	6912	8448	8064	6528	7584

Abbildung 12: OEE-Monatsauswertung für eine Maschine

Wie man in Abbildung 12 (Anmerkung: sämtliche Angaben ohne Einheitenbezeichnung in Minuten) sehen kann, liegt die OEE nach der aktuellen Berechnungsmethode bei etwa 40%. Dieser Wert ist in etwa auch für die anderen Maschinen mit BDE zutreffend. Leistungs- und Qualitätsfaktor wurden vorerst pauschal auf 90% bzw. 95% festgelegt, weil die Einführung der OEE „schrittweise“ erfolgt und man sich anfangs auf den Verfügbarkeitsfaktor konzentrierte. Grund hierfür ist, dass der Verfügbarkeitsfaktor, wie in obiger Auswertung sichtbar, teilweise sehr niedrig ist, vor allem aufgrund fehlender Bediener (Urlaub, Krankheit,...). Auch die Tatsache, dass TSM ein Instandhaltungsbetrieb ist und somit in der Regel geringe Losgrößen (oftmals auch Einzelstücke) gefertigt bzw. serviciert werden, macht sich im Verfügbarkeitsfaktor bemerkbar, da aufgrund dessen häufig Rüsttätigkeiten notwendig sind.

Qualitäts- und Leistungsverluste werden zwar aktuell noch nicht erfasst, nach einer groben Abschätzung kam man jedoch zu der Erkenntnis, dass diese im Vergleich zur Verfügbarkeit eine untergeordnete Rolle spielen. Jedoch soll zumindest der Leistungsfaktor in naher Zukunft erfasst und in die Auswertung miteinbezogen werden. An dieser Stelle soll nochmals betont werden (wie in Kapitel 2.4.1 bereits erläutert), dass die Definition der OEE, bzw. der Faktoren aus denen die OEE bestimmt wird, nicht allgemeingültig festgelegt ist. Somit ist die obige Auswertungsmethodik lediglich für diesen Unternehmensbereich von den Verantwortlichen derart festgelegt worden.

Der Anbieter des BDE-Systems stellt auch ein OEE-Auswertungstool für die gesammelten Betriebsdaten zur Verfügung, welches aber aktuell noch nicht im Einsatz ist. Stattdessen erfolgt die Auswertung derzeit noch wie vorher beschrieben manuell. Der Grund dafür ist, dass die standardmäßige Auswertungsmethodik für einen Produktionsbetrieb, welcher hohe Stückzahlen fertigt, konzipiert ist, aber für einen Bereich wie die mechanische Bearbeitung im TSM unzureichend ist.

Um die Probleme der Auswertungsmethodik verstehen zu können, wird diese in den folgenden Absätzen (inklusive eines Beispiels zum Verständnis) zuerst erklärt:

Der Leistungsfaktor wird in dem OEE-Auswertungstool aus der Planausbringung in einem gewissen Zeitraum sowie der tatsächlichen Ausbringung in diesem Zeitraum berechnet.

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\sum \text{tatsächliche Ausbringung}}{\sum \text{Planausbringung}}$$

Die Planausbringung pro Zeiteinheit wird für jeden Auftrag separat berechnet. Hierzu sind abermals zwei Faktoren relevant: Die zu bearbeitende Stückzahl sowie die Vorgabezeit (Sollzeit für die durchzuführenden Arbeitsabläufe) für den jeweiligen Bearbeitungsschritt (weitere Informationen zur Vorgabezeit und wie sie zustande kommt finden sich in den Kapiteln 2.4.7, 4.1.2 und 4.3.3). Auf Basis dieser beiden Werte wird vom Programm ermittelt, wie viele Stück pro Zeiteinheit produziert werden sollen.

$$\text{Planausbringung pro Zeiteinheit} = \frac{\text{zu bearbeitende Stückzahl}}{\text{gesamte Vorgabezeit für Bearbeitungsschritt}}$$

Dieser Wert wird dann mit der laut BDE-System erfassten Bearbeitungszeit multipliziert und ergibt somit die Planausbringung in diesem Zeitraum.

$$\text{Planausbringung} = \text{Planausbringung pro Zeiteinheit} * \text{Bearbeitungszeit}$$

Die tatsächliche Ausbringung wird bei Abmeldung eines Auftrags vom Maschinenbediener zurückgemeldet. Es wären grundsätzlich auch Teilrückmeldungen während eines Auftrags möglich. Diese Funktion wird aber im Regelfall nur benutzt, falls ein Auftrag unterbrochen werden muss.

Nun kann der Leistungsfaktor für eine gewisse Periode (z. B. für einen Monat) nach obiger Formel berechnet werden. Um die Planausbringung nicht wie im vorigen Absatz für einen Auftrag, sondern für eine ganze Periode zu berechnen, wird einfach eine Summe der Planleistungen gebildet. Die tatsächliche Ausbringung ist ebenfalls die Summe der in diesem Zeitraum rückgemeldeten Stückzahlen.



Diese Berechnungsmethodik soll nun zum besseren Verständnis anhand eines Beispiels für einen einzelnen Auftrag erläutert werden:

Vorgabezeiten:

Rüstzeit: 1 h

Stückzeit: 0,5 h

Geforderte Stückzahl: 6

→ Gesamte Auftragsvorgabezeit: 4 h

Daraus ergibt sich eine Planausbringung von 1,5 #/h.

Tatsächlich benötigte Zeiten laut Erfassung mittels BDE-System:

Rüstzeit: 1,2 h

Spann-/Messzeit: 1,4 h

Bearbeitungszeit: 1,8 h

→ Tatsächlich benötigte Zeit für den gesamten Auftrag: 4,4 h

Aus der Planausbringung von 1,5 #/h sowie der tatsächlichen Bearbeitungszeit von 1,8 h kann weiters durch Multiplikation die **Planausbringung von 2,7 # im gesamten Auftragszeitraum** berechnet werden.

Bei der Auftragsabmeldung wird die gesamte gefertigte Stückzahl rückgemeldet. Somit ist die **tatsächliche Ausbringung im gesamten Auftragszeitraum 6 #**.

Weiters würden diese Berechnungen auch für alle anderen Aufträge im Auswertungszeitraum durchgeführt und die tatsächlichen Ausbringungen, sowie auch die Planausbringungen aller Aufträge aufsummiert werden. Für dieses Beispiel wird allerdings der Einfachheit halber angenommen, dass nur dieser eine Auftrag im Auswertungszeitraum abgearbeitet wurde.

Daher kann nun der Leistungsfaktor für diesen Zeitraum anhand der auf der vorigen Seite angeführten Formel berechnet werden.

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{6 \#}{2,7 \#} = 222\%$$

Dieser hohe Wert ergibt sich daraus, dass die Planausbringung nur während der laut BDE-System erfassten Bearbeitungszeit „erzeugt“ wird (siehe Formel für Planausbringung auf der vorigen Seite). Da als Basis für die Berechnung der Planausbringung pro Zeiteinheit aber die gesamte Auftragszeit (also inklusive Rüsten etc.) herangezogen wird, müssten auch diese Erfassungsgründe als planmengenrelevant deklariert werden. Einstellungsmöglichkeiten diesbezüglich wären im Programm vorhanden, allerdings liegt dann das Problem vor, dass z. B. Rüstzeitüberschreitungen sowohl den Leistungsfaktor, als auch den Verfügbarkeitsfaktor mindern, da Rüstzeit hinsichtlich des Verfügbarkeitsfaktors als Verlust gezählt wird. Somit würde ein und derselbe Verlust doppelt berücksichtigt werden.

Aufgrund dieser Berechnungsmethodik des Leistungsfaktors ergeben sich folgende Probleme:

- Die durch das Programm errechnete Planausbringung ist aufgrund der in der vorangehenden Erklärung erläuterten Gründe zu gering
- Aufträge, welche eine niedrige Planausbringung pro Zeiteinheit haben (also z. B. komplizierte, aufwendige Einzelfertigungen) beeinflussen den Leistungsfaktor praktisch überhaupt nicht, da sowohl die Auswirkungen auf die Planausbringung, als auch auf die tatsächliche Ausbringung in einer gesamten Periode marginal sind (sofern nicht alle anderen Aufträge in diesem Zeitraum ähnlich sind). Wünschenswert wäre es eher, dass Werkstücke, welche langwierig herzustellen sind, den Leistungsfaktor stärker beeinflussen als welche mit einer niedrigen Stückzeit.
- Da Planausbringungen kontinuierlich „entstehen“ sobald laut BDE-System eine Bearbeitung stattfindet, tatsächliche Ausbringungen aber erst bei der Auftragsabmeldung verbucht werden, kann der Leistungsfaktor erheblich verzerrt werden. Das tritt vor allem dann auf, wenn knapp nach einem Periodenwechsel ein Auftrag rückgemeldet wird, welcher eigentlich größtenteils in der vorherigen Periode abgearbeitet wurde. Logische Konsequenz hieraus ist, dass in der Vorperiode der Leistungsfaktor auf dem Papier schlechter und in der Folgeperiode besser erscheint. Gerade Auswertungen für kurze Zeiträume (z. B. einzelne Tage) sind daher praktisch nicht möglich, aber auch Auswertungen für längere Zeiträume können erheblich verfälscht werden.
- In den Vorgabezeiten sind auch Verteilzeitzuschläge enthalten (sowohl sachlich als auch persönlich). Da aber „persönliche Bedürfnisse“ ein separater, nicht leistungsfaktorrelevanter Erfassungsgrund ist, ist die gesamte Vorgabezeit als Basis für die Berechnung des Leistungsfaktors zu hoch.

Aufgrund dieser Probleme macht eine Nutzung dieses Programms nach derzeitigem Stand keinen Sinn, da die daraus gewonnenen Kennzahlen keine Aussagekraft haben. Anhand der Berechnung des Leistungsfaktors auf Basis einer „Planausbringung“ ist deutlich zu erkennen, dass dieses Auswertungsprogramm für eine typische Serienfertigung konzipiert wurde und sich daher in dieser Form nicht für die Verwendung im TSM eignet.

Es werden derzeit auch noch keine Ausschussstückzahlen zurückgemeldet, daher ist der Qualitätsfaktor bei diesem OEE-Tool vorerst noch 100%.

# 4 Verbesserungsansätze

In diesem Kapitel sollen gemäß der Zielsetzung in den Kapiteln 2.1 und 2.2 sowohl Verbesserungsansätze zur Erfassungsmethodik (BDE-System), zur Auswertungsmethodik (Kennzahldefinitionen) als auch zur Steigerung der OEE näher beleuchtet werden. Die Gliederung erfolgt in technische, organisatorische und personelle Maßnahmen, wobei eine eindeutige Abgrenzung aufgrund von Überschneidungen nicht immer möglich ist.

## 4.1 Technische Maßnahmen

### 4.1.1 Erfassung der Betriebsdaten

Um die durch die Betriebsdatenerfassung gesammelten Daten als Basis für Optimierungsmaßnahmen nutzen zu können, ist es wichtig, dass diese die tatsächliche Situation möglichst genau abbilden und maximal im einstelligen Minutenbereich pro Tag von der Realität abweichen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass aus der Datenanalyse falsche Schlüsse gezogen und aufgrund dessen ungeeignete Maßnahmen ergriffen werden. Da die Erfassung direkt durch die Maschinenbediener vorgenommen wird, haben die Arbeiter großen Einfluss auf die Korrektheit der Daten. Aus diesem Grund ist eine einfach handhabbare Benutzeroberfläche des BDE-Systems äußerst wichtig. Die Betriebsdatenerfassung soll schließlich neben der eigentlichen Arbeit ohne großen Mehraufwand erfolgen und nicht die Hauptaufgabe sein. Um Input für Verbesserungen zu bekommen, wurden Gespräche mit den Maschinenbedienern geführt. Hierbei stellte sich heraus, dass ihnen die Eingabe zu unübersichtlich und kompliziert ist. Außerdem vergessen sie öfters auf die Eingaben bzw. erfassen einen falschen Betriebszustand, da sich die Eingabeterminals nicht in ihrem Sichtfeld an der Maschine, sondern auf einem Tisch nebenbei befinden. Weiters wird die automatische Sperrung des Computers nach 15 Minuten als störend empfunden. Bei vielen Mitarbeitern ist auch die Motivation zur korrekten Erfassung gering, da sie der Meinung sind, dass das nicht die Aufgabe ist, für die sie bezahlt werden. Auf Basis des Feedbacks wurden anschließend Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet:

Die derzeitigen Standardbildschirme sollten durch Touchscreens ersetzt werden, da damit die Benutzeroberfläche viel einfacher zu bedienen wäre. Gerade in der Werkstatt ist die Bedienung mittels Maus im Regelfall schwierig, da diese empfindlich auf Schmutz reagiert und wenig Platz vorhanden ist.

Da schon Barcodescanner zur schnellen Entsperrung des Computers vorhanden sind, würde es sich anbieten, diese auch zur einfachen Eingabe von Befehlen im BDE-System zu verwenden. Eine Liste mit Barcodes, zumindest für die häufigsten Befehle, könnte man einfach direkt an der Maschine und somit auch im Sichtfeld des Bedieners anbringen. Auch das Problem mit der automatischen Sperrung des Computers wäre auf diese Weise weniger nachteilhaft, da man dann sowohl die Entsperrung als auch die Eingabe des jeweiligen Befehls ins BDE-System mit dem Barcodescanner vornehmen könnte. Die Zeit bis zur automatischen Sperrung zu erhöhen wäre in dieser Hinsicht auch eine naheliegende Lösung, dies ist allerdings aufgrund interner Datensicherheitsvorschriften leider nicht möglich.



Einige Mitarbeiter bemängelten auch, dass sich oft benötigte Befehle (wie zum Beispiel Spannen) in Untermenüs befinden. Aufgrund dessen wird vorgeschlagen, die wichtigsten Befehle in die oberste Ebene zu legen. Ideal wäre es, wenn sich die Maschinenbediener die Benutzeroberfläche individuell anpassen könnten, da es Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit verschiedener Tätigkeiten zwischen den einzelnen Maschinen und Aufträgen geben kann. Derzeit gibt es praktisch keine individuellen Gestaltungsmöglichkeiten der Benutzeroberfläche, lediglich die Schriftgröße der Buttons können die Mitarbeiter selbst einstellen.

Zur übersichtlicheren Gestaltung der Benutzeroberfläche wären auch farbliche Kennzeichnungen der einzelnen Befehle bzw. Befehlsgruppen (z. B. grün für Bearbeiten, gelb für Rüst-/Spanntätigkeiten, rot für Störungen/Nebentätigkeiten) sinnvoll. Außerdem sollte sich der momentan aktive Button farblich deutlich von seinem Umfeld abheben, damit auf den ersten Blick ersichtlich ist, ob der richtige Betriebszustand erfasst wird.

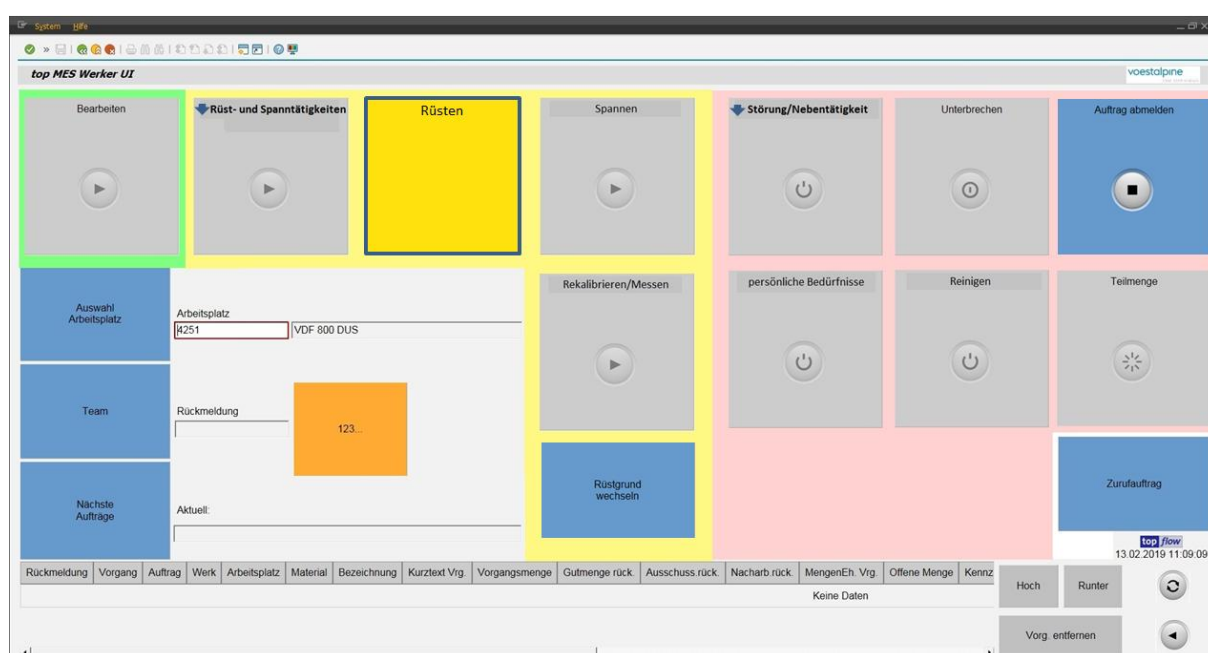


Abbildung 13: Vorschlag für Benutzeroberfläche (Rüsten aktiv)

Um die Erfassung für die Maschinenbediener weiter zu vereinfachen, soll ein MDE-System eingeführt werden. Damit könnte der Betriebszustand Bearbeiten automatisch beim Einschalten der Spindel der jeweiligen Maschine aktiviert werden. Beim Abschalten der Spindel sollte hingegen entweder Spannen oder Messen (Messen existiert derweil noch nicht als eigener Grund, wird momentan unter Rekalibrieren verbucht) aktiv werden, je nachdem, ob an der Maschine tendenziell eher Serien, bei denen öfter umgespannt werden muss, oder Einzelstücke, bei denen häufig Messstops durchgeführt werden müssen, gefertigt werden. Auch die Zusammenfassung von Spannen und Messen zu einem gemeinsamen Erfassungsgrund wäre eine sinnvolle Option, da oftmals an ein und derselben Maschine sowohl häufig gemessen als auch umgespannt werden muss. Andernfalls wäre eine möglichst weitreichende Automatisierung der Erfassung praktisch nicht möglich. Aufgrund eines solchen Systems wäre die Erfassung auch weniger fehleranfällig, da der Bediener diese Erfassungsgründe nicht mehr manuell erfassen müsste.

Zusätzlich sollte es auch die Möglichkeit geben, dass Mitarbeiter eine aktive Erfassung mit kurzen Kommentaren versehen. Dadurch können sie Verbesserungsideen, die sie während der Verrichtung diverser Tätigkeiten haben, unkompliziert stichwortartig festhalten. Anschließend können derartige Ideen zeitnah von einem dafür verantwortlichen Mitarbeiter geprüft und bei einem positiven Ergebnis umgesetzt werden. Ein Beispiel hierfür wären Anschläge für Bauteile, welche ansonsten mühsam einzurichten sind und zumindest in kleineren Serien gefertigt werden. Derartige Vorrichtungen können gegebenenfalls auch selbst hergestellt werden und würden daher in vielen Fällen nur niedrige Kosten verursachen.

Auch die Information der Mitarbeiter über geplante/erfolgte Optimierungsprojekte auf Basis der durch sie gesammelten Daten ist ein wichtiger Punkt, um sie zur korrekten Erfassung zu motivieren. Momentan herrscht bei einigen die Ansicht „wir machen das jetzt schon seit über einem Jahr und da tut sich eh sowieso nichts“, da für sie noch keine positiven Auswirkungen auf ihren Arbeitsalltag sichtbar sind.

Die Maßnahmen nochmals kurz im Überblick:

- Verwendung von **Touchscreens**
- Eingabe der Befehle mittels **Barcodescanner**
- **Bedienelemente direkt im Sichtfeld** der Arbeiter
- Am häufigsten benutzte **Buttons in erste Ebene**
- Möglichkeit der **individuellen Gestaltung** der Benutzeroberfläche
- **Farbliche** Kennzeichnung des aktiven **Buttons**; **farbliche Unterscheidung** zwischen unterschiedlichen „Befehlsgruppen“
- **Automatische** Erfassung der **Bearbeitungszeit** anhand der **Spindellaufzeit**; bei Spindelstopp **automatisches** Umschalten auf **Spannen/Messen**
- Möglichkeit der Erstellung kurzer **Kommentare** während aktiver Erfassung
- **Information der Mitarbeiter** über aktuelle Vorhaben bzw. Umsetzungen

## 4.1.2 Auswertung der OEE

Da während der Verfassung dieser Arbeit eine Ausweitung des BDE-Systems auf insgesamt zehn Geräte beschlossen wurde, ist es wesentlich, dass die Auswertung der OEE möglichst automatisiert erfolgt. Die derzeitige Auswertungsmethodik (manuelle Übertragung der Daten in ein Excel-Formular) ist für eine hohe Anzahl an Maschinen aufgrund des Aufwands keine praktikable Lösung. Im Zuge der Ausweitung werden auch die beiden verbleibenden Strichlisten durch das BDE-System ersetzt, da die Daten der Strichlisten zwangsweise manuell ausgewertet, oder zumindest vor einer automatischen Auswertung ins System übertragen werden müssten.

In Kapitel 3.1 wurde schon das bereits existierende, zum BDE-System zugehörige OEE-Auswertungstool beschrieben und warum es nach derzeitigem Stand für die Anwendung in der mechanischen Bearbeitung unzureichend ist. Daher liegt es nahe, dieses Programm so zu adaptieren, dass die derzeitigen Probleme bei der Auswertung behoben und somit aussagekräftige Kennzahlen generiert werden können. Verständlicherweise soll der Aufwand dafür so gering wie möglich und nicht mit weitreichenden Änderungen (z. B. hinsichtlich der Vorgabezeitensystematik oder der Erfassungsmethodik) verbunden sein.

Die zur Erreichung dieses Ziels durchgeführten Überlegungen sowie ein konkreter Vorschlag für die Berechnung des Leistungsfaktors werden in den folgenden Absätzen näher erläutert:

Der Leistungsfaktor soll nicht wie in Kapitel 3.1 beschrieben aus der über einen bestimmten Zeitraum aufsummierten Planausbringung sowie der tatsächlichen Ausbringung in Stück berechnet werden, sondern auf Basis der Vorgabezeiten aus der Stückzeitermittlung und der tatsächlich benötigten Zeiten.

Die Formel zur Berechnung würde somit in allgemeiner Form folgendermaßen lauten:

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\text{Vorgabezeit}}{\text{Tatsächlich benötigte Zeit}}$$

Eine Berechnung des Leistungsfaktors nach diesem Schema hätte den Vorteil, dass praktisch eine Gewichtung nach der gesamten Auftragszeit erfolgt, was auch erwünscht wäre. Dadurch würden umfangreiche Aufträge, welche allerdings nur eine geringe Stückzahl beinhalten, auch eine signifikante Auswirkung auf den Leistungsfaktor haben.

Nun muss aber die Vorgabe-, sowie auch die tatsächlich benötigte Zeit noch detaillierter betrachtet werden. Die gesamte Vorgabezeit für einen Auftrag setzt sich zusammen aus:

- Rüstvorgabezeit
- Vorgegebene Stückzeit \* Stückzahl
- Verteilzeitzuschlag (15%)

Da sich die Verteilzeit wiederum aus persönlicher sowie sachlicher Verteilzeit zusammensetzt und „persönliche Bedürfnisse“ ein separater Erfassungsgrund ist, ist

es naheliegend, die gesamte Vorgabezeit um einen Teil des Verteilzeitzuschlages (z. B. 8% der Auftragszeit) zu kürzen.

Aus der vorangehenden Aufschlüsselung der Vorgabezeit ist ersichtlich, dass ein Vergleich der vorgegebenen mit der tatsächlichen Bearbeitungszeit nach derzeitigem Stand nicht möglich ist, da die vorgegebene Bearbeitungszeit nicht gesondert ausgewiesen wird, sondern nur die Stückzeit (bzw. aufgrund der Stückzahl in weiterer Folge die kumulierte Stückzeit). Die Stückzeit umfasst zusätzlich zur Bearbeitungszeit noch Tätigkeiten, welche zwangsläufig bei jedem einzelnen Werkstück anfallen (Auf-, Um-, Abspannen, Messen,...).

Die gesamte Auftragsvorgabezeit mit der tatsächlichen Bearbeitungs- sowie Rüst-, Mess- und Spannzeit zu vergleichen ist hingegen nicht sinnvoll, da man sonst diese Gründe nicht als Verlust im Sinne des Verfügbarkeitsfaktors betrachten dürfte, um eine Doppelberücksichtigung auszuschließen (wie bereits in Kapitel 3.1 angeschnitten). Das ist allerdings nicht erwünscht, da vor allem die Rüsttätigkeiten bedingt durch die Auftragsstruktur in der mechanischen Bearbeitung sehr viele Stillstandszeiten verursachen. Wenn diese nun keinen Verfügbarkeitsverlust und (vorausgesetzt die Vorgabezeiten werden eingehalten) auch keinen Leistungsverlust bedeuten, besteht die Gefahr, dass Zeitverluste durch diese Tätigkeiten nicht wirklich wahrgenommen werden, da sie im Sinne der OEE keine Verluste wären. Somit wäre möglicherweise auch die Motivation zu Verbesserungen gering.

Am sinnvollsten wäre es, die kumulierte vorgegebene Stückzeit für den gesamten Auftrag mit der laut BDE-System erfassten Bearbeitungs- und zusätzlich der Spann-/Messzeit für den Leistungsfaktor in Beziehung zu setzen. Das würde auch der in Abbildung 4 dargestellten Definition, die sich häufig in der Fachliteratur findet, entsprechen. In dieser sind Rüsten und Einstellen im Verfügbarkeitsfaktor zu finden, während Leerlauf und Kurzstillstände dem Leistungsfaktor zugeordnet sind. Bis zu welcher Dauer man Stillstände als Kurzstillstände ansehen kann, ist natürlich Interpretationssache, aber tendenziell benötigen Spannvorgänge und Messstops nicht allzu viel Zeit. Abhängig vom zu bearbeitenden Werkstück kann es natürlich auch längere Spannvorgänge geben (vor allem wenn mühsames Einrichten erforderlich ist), allerdings ist hier eine Unterscheidung nicht zielführend und in Hinsicht auf die Berechnung des Leistungsfaktors auch nicht realisierbar, da die Stückzeit, wie bereits erwähnt, nicht weiter unterteilt wird.

Weiters sollte man auch berücksichtigen, dass die Vorgabezeiten sich weder an der Leistung eines schwächeren, noch eines ausgezeichneten Arbeiters orientieren, sondern an der Normalleistung (siehe REFA-Definition in Kapitel 2.4.7). In der Fachliteratur wird für den Leistungsfaktor aber größtenteils die theoretisch mögliche Ausbringung in einem gewissen Zeitraum als Bezugsgröße herangezogen (siehe Beschreibung des Leistungsfaktors in Kapitel 2.4.1). Da Normalleistung und theoretisch mögliche Ausbringung nicht in einem universellen Verhältnis zueinanderstehen, kann leider auch keine Umrechnung zwischen diesen beiden Größen erfolgen. Um diesen Unterschied zumindest grob zu berücksichtigen, kann von der Vorgabezeit zur Berechnung des Leistungsfaktors ein gewisser Prozentsatz abgezogen werden. Dadurch soll auch vermieden werden, dass häufig Leistungsfaktoren von über 100% auftreten, was natürlich nicht vollständig verhinderbar ist, aber so zumindest nur in Ausnahmefällen vorkommt. Dieser Korrekturprozentsatz soll in etwa dem Prozentsatz entsprechen, um den die besten

Arbeiter die Vorgabezeit unterschreiten können sind. Das kann natürlich von Auftrag zu Auftrag unterschiedlich sein, deswegen ist es am besten, hier einen für den Großteil der Aufträge plausiblen Wert zu wählen (z. B. 20%).

Aus derartigen Überlegungen lässt sich schon erahnen, dass die OEE einer Maschine auch erheblich von den individuellen Fähigkeiten jedes Maschinenbedieners abhängig ist. Eine nur rein auf die Maschine bezogene und somit von den Qualitäten des Personals unabhängige OEE wird es in der Praxis in keinem Fertigungsbetrieb geben, allerdings beeinflusst der Automatisierungsgrad natürlich maßgeblich, wie stark sich die Fähigkeiten der einzelnen Mitarbeiter auf die OEE auswirken. Diese Problematik betrifft nicht nur den Leistungs-, sondern auch den Verfügbarkeits- und Qualitätsfaktor. Zum Beispiel benötigen weniger gute Mitarbeiter unter Umständen mehr Zeit für Rüstvorgänge oder produzieren aufgrund von Fehlern bei der Programmerstellung oder beim Spannen höhere Ausschussstückzahlen. Wenn es nicht erwünscht ist, dass anhand der OEE-Analyse de facto auch die Mitarbeiter einer Bewertung unterzogen werden, ist diese Methode in einem Betrieb mit einem niedrigen Automatisierungsgrad wie im TSM nicht sinnvoll einsetzbar.

Auf Basis der auf den vorangegangenen Seiten erläuterten Überlegungen kommt man nun zu folgender **Empfehlung für die Berechnung des Leistungsfaktors** für eine bestimmte Periode:

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\Sigma \text{ kumulierte vorgegebene Stückzeiten} * 0,8}{1,08 * (\Sigma \text{ erfasste Bearbeitungszeiten} + \Sigma \text{ erfasste Spann-/Messzeiten})}$$

Durch diese Definition wären keine Änderungen am Vorgabezeitemsystem notwendig und auch die Erfassungsmethodik müsste sich vom jetzigen Zustand nicht unterscheiden (abgesehen davon, dass Messen wie in Kapitel 4.1.1 vorgeschlagen nicht mehr gemeinsam mit Rekalibrieren verbucht werden dürfte). Der programmiertechnische Aufwand für eine Auswertung nach diesem Schema ist von TSM-Mitarbeitern nur sehr schwierig einschätzbar und muss daher vom Softwareanbieter ermittelt werden. Da das OEE-Auswertungsprogramm allerdings auch derzeit schon die Vorgabezeiten in die Berechnung der Planausbringung miteinbezieht, sollten ersten Einschätzungen zufolge keine grundlegenden Änderungen notwendig sein.

Die in Kapitel 3.1 erläuterten Probleme bei der Berechnung des Leistungsfaktors wären somit bis auf eines behoben. Dass die tatsächliche Ausbringung erst bei der Auftragsabmeldung rückgemeldet wird und somit bei periodenübergreifenden Aufträgen die Ergebnisse verfälschen kann, ändert sich aber durch die Definition des Leistungsfaktors nicht. Nun liegt dieses Problem allerdings in leicht abgewandelter Form vor, da bei obiger Definition Vorgabezeiten mit erfassten (also tatsächlichen) Zeiten und nicht mehr Planausbringungen mit tatsächlichen Ausbringungen verglichen werden. In diesem Falle würde also die Vorgabezeit bei periodenübergreifenden Aufträgen je nach Rückmeldungszeitpunkt nur die eine oder andere Periode beeinflussen. Im Ergebnis würde also wieder der Leistungsfaktor der betroffenen Zeiträume verzerrt. Falls man z. B. eine Tagesauswertung möchte, wird es bei mehrtägigen Aufträgen an einem Tag zu einem Leistungsfaktor von mehreren 100% und an den anderen Tagen von 0% kommen, sofern an diesen Tagen keine anderen Aufträge bearbeitet wurden. Bei längeren Analysezeiträumen (z. B. ein Monat) besteht zwar auch die Gefahr, dass eine Verzerrung auftritt, allerdings wird



diese außer bei sehr großen Aufträgen nicht so groß sein. Weiters kann es auch sein, dass sich die Abweichung am Periodenanfang sowie –ende einigermaßen ausgleicht.

Eine Möglichkeit zur Vermeidung wäre, die kumulierte vorgegebene Stückzeit eines periodenübergreifenden Auftrags aliquot auf die betroffenen Perioden aufzuteilen. Die Aliquotierung soll dabei automatisch nach den mittels BDE-System erfassten Bearbeitungs-, Spann- und Messzeiten erfolgen. Wenn also z. B. in einem Monat Bearbeitungs-, Spann und Messzeiten in der halben Höhe des Folgemonats erfasst werden, dann soll auch die Vorgabezeit zur Berechnung des Leistungsfaktors so aufgeteilt werden, dass ein Drittel auf das erste sowie zwei Drittel auf das Folgemonat entfallen.

Wenn man eine derartige Aufteilung der Vorgabezeiten einführt, ist allerdings zu beachten, dass die Auswertung eines Zeitraums erst dann vollständig erfolgen kann, sobald alle in diesem Zeitraum begonnenen Aufträge abgeschlossen sind, da sonst keine Aliquotierung dieser Aufträge erfolgen kann. Bei nicht abgeschlossenen Aufträgen in einer Periode, die man auswerten möchte, empfiehlt es sich daher, dass diese bis zum Abschluss für die Berechnung des Leistungsfaktors ausgeschlossen werden und dass bei der Auswertung auch angezeigt wird, dass nicht abgeschlossene Aufträge vorliegen.

Eine einfachere Möglichkeit, um dieses Problem in den Griff zu bekommen, wäre, dass die Arbeiter täglich ihren Fortschritt zurückmelden und nicht nur bei Abschluss eines Auftrags. Gegebenfalls muss dieser geschätzt werden (z. B. falls ein Einzelstück bearbeitet wird). Die Mitarbeiter sind sowieso dazu angehalten, den Arbeitsfortschritt täglich rückzumelden, da für zweischichtig betriebene Maschinen vom Management täglich 16 Produktivstunden als Sollvorgabe festgelegt wurden. Um die Erfüllung dieser Vorgabe zu überprüfen, ist natürlich eine tägliche Rückmeldung notwendig. In der Praxis wird jedoch öfters auf die täglichen Rückmeldungen vergessen. Da der Entwicklungsaufwand für die oben beschriebene Aliquotierung allerdings unverhältnismäßig hoch ist, erscheint es zweckmäßig, auf diese zu verzichten und darauf zu achten, dass täglich die verrichteten Produktivstunden rückgemeldet werden. Dadurch soll eine Verfälschung des Leistungsfaktors durch periodenübergreifende Aufträge weitgehend vermieden werden.

Abschließend soll noch kurz auf den Qualitätsfaktor eingegangen werden, welcher, wie bereits in Kapitel 3.1 kurz erwähnt, permanent bei 100% liegen würde, sofern keine Ausschussstückzahl rückgemeldet wird. Da der Qualitätsfaktor laut Einschätzungen aller Beteiligten sowie des Managements vor allem gegenüber dem Verfügbarkeitsfaktor derzeit vernachlässigbar ist, wurde entschieden, diesen weiterhin vorerst konstant zu lassen. Aber er soll zumindest im Auswertungsprogramm wie auch bei der manuellen Auswertung auf 95% festgelegt werden.

Sollte in weiterer Folge einmal ein Qualitätsfaktor ermitteln werden, liegt es nahe, in die Benutzeroberfläche des BDE-Systems ein Eingabefeld für die Ausschussstückzahl zu integrieren, um den Qualitätsfaktor nach der Definition in Kapitel 2.4.1 automatisiert berechnen zu können.

Abschließend die abgeleiteten Maßnahmen aus den in diesem Kapitel durchgeführten Überlegungen noch einmal im Überblick:

- Berechnung des Leistungsfaktors nach **folgender Definition:**

$$\text{Leistungsfaktor} = \frac{\sum \text{kumulierte vorgegebene Stückzeiten} * 0,8}{1,08 * (\sum \text{erfasste Bearbeitungszeiten} + \sum \text{erfasste Spann-/Messzeiten})}$$

- **Keine Berücksichtigung** von Spann- und Messzeiten im Verfügbarkeitsfaktor
- **Tägliche Rückmeldung** der verrichteten Produktivstunden
- Einstweilige Beibehaltung des **konstanten Qualitätsfaktors**

### 4.1.3 Zeichnungsindex

In diesem Kapitel soll eine Möglichkeit zur Verminderung der Ausschussstückzahl erläutert werden. Da die Ausschussstückzahl maßgeblich für den Qualitätsfaktor ist, würde das auch die OEE positiv beeinflussen. Aufgrund der momentanen Pauschalannahme des Qualitätsfaktors würde das zwar auf dem Papier zu keiner Verbesserung führen. Sobald der Qualitätsfaktor aber nach der in Kapitel 2.4.1 angeführten Definition berechnet wird, wird eine niedrigere Ausschussstückzahl auch in einer höheren OEE resultieren.

Derzeit kann es aufgrund im Folgenden näher beschriebener Umstände dazu kommen, dass bei Folgeaufträgen, für die extern ein Programm erstellt wurde, nach einer veralteten Zeichnungsversion gefertigt wird, wodurch die Produkte als Ausschuss zu betrachten sind. Dass der Fehler erst nach der Fertigung bemerkt wird, kommt zum Glück nur wenige Male pro Jahr vor, allerdings entstehen beim Auftreten unter Umständen erhebliche Schäden, da meist Serien betroffen sind (der Grund dafür wird im Folgenden näher erläutert).

06.06.2019		Druckliste Arbeitsplan		( 1 )	1
Materialnummer:	629065	REITERD	Reiter		
alte Materialnummer:	1073531/12***				
Arbeitsplan:	Ring T.1012 (Kolbenst.)		I-Star ø300 CC7		
Zeichnungsnummer:	CVRC0CB2649M1012C				
Stückliste:	-> CS02				
Plangruppe:	-> CA02 50226095 / 1				
Materialkomponenten:	0010 1078835	N	0,062 M		
	/				
	für Vorgang 0010				
	Kolbenstange 170,00 HV C45E F7 I-GEH				
	Kolbenstange 170,00 HV 42CrM04 F7 I-GEH				
	(62mm x Stk.- aktuell anpassen durch FP)				
	(Lmax=1500)				
0010 WM9907 LG:	tr:	te:			
Mate/kontr/E: ....					
0020 WM9121 LG: NZ 01	tr:	3,000	te: 12,000		
sä auf Lg: 59					
0030 WM4014 LG: NZ 01	tr:	60,000	te: 40,000		
NC-MECH kpl					
an 9406 anl					
Pr Nr ST0255 verw					

Abbildung 14: Zeichnungs- und Programmnummer im Arbeitsplan

In Abbildung 14 ist ein Arbeitsplan dargestellt, in welchem sowohl die dem Auftrag zugrundeliegende Zeichnungsnummer, als auch die für den jeweiligen Bearbeitungsschritt nötige Programmnummer (in diesem Fall für die Maschine Nummer 4014) dokumentiert sind. Die Programmnummer wird lediglich bei externen Programmen am Arbeitsplan vermerkt (oftmals auch nur per Hand), bei Werkstattprogrammen muss der Maschinenbediener das Programm entweder manuell suchen, oder es existiert ein Wissensdatenblatt, in dem die



Programmnummer vermerkt ist (siehe auch Kapitel 4.2.1). Sollten Zeichnungen im Laufe der Zeit geändert worden sein, wird die Endung der Zeichnungsnummer mit einem Schrägstrich und einem alphabetisch fortlaufenden Buchstaben ergänzt (z. B. /A für die erste Revision; in diesem Arbeitsplan nicht der Fall). Im Programm selbst ist ebenfalls die Zeichnungsrevision hinterlegt, für die das Programm erstellt wurde. Weiters ist die Zeichnung samt aller Revisionen in SAP abrufbar. Bei Eingang einer Bestellung gilt generell, dass das Produkt nach der neuesten Revision zu fertigen ist, außer der Kunde bestellt explizit etwas anderes. Wenn nun ein Bauteil bestellt wird, welches in der Vergangenheit ebenfalls schon bestellt wurde, erstellt der Planer natürlich keinen neuen Arbeitsplan, sondern greift auf den bestehenden zurück und berücksichtigt bei Bedarf aufgetretene Änderungen. Sollte es eine aktuellere Revision der dem Auftrag zugrundeliegenden Zeichnung als bei der vorangegangenen Bestellung geben, benachrichtigt er zusätzlich den Programmierer, damit dieser das alte Programm für die aktuellste Revision adaptiert. Generell wird ein Auftrag, dessen Arbeitsplan eine extern programmierte Maschine enthält, vor der Fertigungsfreigabe noch dem Programmierer zur Kontrolle übermittelt.

Nun kann es vorkommen, dass der Programmierer irrtümlicherweise nicht vom Planer benachrichtigt wird, das Programm zu ändern. Wenn nun auch vor der Fertigungsfreigabe darauf vergessen wird, dem Programmierer die Auftragsunterlagen kontrollieren zu lassen oder diese aufgrund eines Fehlers des Planers noch Daten einer alten Revision enthalten, besteht eine hohe Chance, dass der Programmierer diesen Fehler nicht bemerkt, da dieser in der Regel nur die vorliegenden Unterlagen mit seinem Programm vergleicht und nicht auch noch in SAP überprüft, ob die vorliegenden Unterlagen tatsächlich der neuesten Revision entsprechen. Das kann ja schließlich in seltenen Fällen auch gewollt sein, falls der Kunde eine ältere Revision bestellt. Weiters ist es auch möglich, dass zwischen der Ausplanung und der tatsächlichen Fertigung noch eine Revisionierung stattfindet. In diesem Fall ist der Fehler ebenfalls nur zu entdecken, wenn der Programmierer kontrolliert, ob die Auftragsunterlagen der neuesten Revision entsprechen. Wenn die Auftragsunterlagen zumindest teilweise korrekt sind, besteht auch die Möglichkeit, dass der Maschinenbediener vor Fertigungsstart noch bemerkt, dass das Programm nicht der gewünschten Revision entspricht. Allerdings haben die meisten Maschinenbediener keinen direkten SAP-Zugang, können also den Fehler gar nicht mehr bemerken, wenn die erhaltenen Auftragsunterlagen nicht korrekt sind.

Die im vorigen Absatz beschriebenen Umstände können dazu führen, dass die bestellten Produkte nach einer veralteten Zeichnung gefertigt werden. Selbst wenn die gefertigten Bauteile in manchen Fällen noch verwendet oder nachbearbeitet werden können, sind sie im Hinblick auf den Qualitätsfaktor zur Berechnung der OEE trotzdem als Ausschuss zu werten (siehe Kapitel 2.4.1; Abschnitt "Qualitätsfaktor"). Da oftmals Serien oder komplexere Bauteile extern programmiert werden, ist ein derartiger Fehler in der Regel natürlich noch schmerzhafter (der Grund hierfür ist in Kapitel 4.2.1 im Abschnitt "Externes Programmieren" dargestellt). Bei Werkstattprogrammen liegt die Verantwortung, zu kontrollieren, ob das Programm mit der im Arbeitsplan hinterlegten Zeichnungsrevision übereinstimmt, beim Maschinenbediener selbst. Falls der Planer allerdings schon vergisst, die richtige Zeichnungsrevision im Arbeitsplan zu vermerken und die aktuelle Zeichnung beizulegen oder falls eine Revisionierung erst nach der Ausplanung erfolgt, hat der

Bediener natürlich auch keine Chance, den Fehler zu entdecken.

Um die Auftretenswahrscheinlichkeit dieses Problems erheblich zu reduzieren, wird daher **folgendes empfohlen**:

Vor der Fertigungsfreigabe soll automatisch eine Prüfung erfolgen, ob die im Arbeitsplan vermerkte Zeichnungsrevision der aktuellsten Revision entspricht. Auch die Zeichnungsrevision, für die das im Arbeitsplan angeführte Programm erstellt wurde, muss ebenfalls mit der aktuellsten Revision und der Revision im Arbeitsplan verglichen werden. Sollten diese drei Revisionen nicht übereinstimmen, muss ein Warnhinweis mit den Abweichungen erscheinen und ob diese beabsichtigt sind. Dazu ist es nötig, dass es die Möglichkeit gibt, eine Programmnummer im Arbeitsplan in ein eigens dafür vorgesehenes Eingabefeld zu schreiben, sonst ist ein automatischer Vergleich nicht möglich. Derzeit werden, wie zuvor bereits erwähnt, die Programmnummern nur in das allgemeine Textfeld des Arbeitsplans geschrieben oder teils auch im Nachhinein handschriftlich ergänzt. Auch für die Eingabe (Leerzeichen etc.) muss es strikte Regeln geben, damit ein automatischer Abgleich möglich ist. Weiters muss auch die Art und Weise, wie die Zeichnungsrevision im Programm vermerkt ist, aus diesem Grund einem fixen Schema folgen.

Aufgrund der fehlenden Dokumentation und Programmnummer muss bei einem Werkstattprogramm weiter manuell geprüft werden für welche Revision das Programm erstellt wurde, aber man könnte zumindest die Zeichnungsrevision im Arbeitsplan mit der aktuellsten Revision vor der Fertigungsfreigabe automatisch abgleichen und somit die Fehlergefahr erheblich mindern.

Eine derartige automatische Kontrolle würde ersten Einschätzungen zufolge keinen allzu hohen Programmieraufwand verursachen. Das Schadenspotenzial dieses Fehlers ist aber, auch wenn er zum Glück nicht oft auftritt, aufgrund vorher beschriebener Umstände erheblich. Auch dass der Fehler unter Umständen erst beim Kunden bemerkt wird oder aufgrund der späten Entdeckung ein gewünschter Liefertermin womöglich nicht mehr haltbar ist, ist sehr problematisch. Somit wäre diese Maßnahme eine wenig zeit- und kostenintensive Möglichkeit die OEE in der Praxis zu steigern.

## 4.2 Organisatorische Maßnahmen

### 4.2.1 Optimieren der Rüstvorgänge

Aufgrund der Tatsache, dass TSM ein Instandhaltungsbetrieb ist, finden im Vergleich zu einem reinen Produktionsbetrieb sehr viele Rüstvorgänge statt. Hauptgrund hierfür ist die sehr geringe Losgröße, auch einzelne Stücke müssen sehr oft repariert bzw. hergestellt werden (siehe Kapitel 3). Weiters können dringende Aufträge zusätzliche Rüstvorgänge hervorrufen, da bei deren Auftreten gegebenenfalls weniger wichtigere Aufträge unterbrochen und später fortgesetzt werden müssen. Daher liegt es nahe, auch das Rüsten im Hinblick auf Optimierungspotenzial näher zu betrachten. Unter diese Verlustart fallen folgende Tätigkeiten laut BDE-System (siehe Abbildung 12):

- Programmieren
- Rekalibrieren
- Rüsten
- Werkzeugservice an der Maschine
- Werkzeugservice Ausgabe

Programmieren bezieht sich nur auf programmiertätigkeiten, welche vom Bediener direkt an der Maschine durchgeführt werden (also keine externe Programmierung; lediglich Korrekturen externer Programme, wenn diese vom Maschinenbediener durchgeführt werden o. Ä.). Unter Rekalibrieren fällt z. B. die Vermessung von Werkzeugen. Rüsten bezeichnet allgemeine Rüsttätigkeiten, wie das Vorbereiten von Spannmitteln. Werkzeugservice an der Maschine umfasst alle Vorbereitungstätigkeiten von Werkzeugen, welche sich direkt an der Maschine befinden. Unter Werkzeugservice Ausgabe werden hingegen Werkzeugvorbereitungstätigkeiten verbucht, die zentral in der Werkzeugausgabe gelagerte Werkzeuge erfordern.

Die äußerst hohe Bandbreite an unterschiedlichsten Aufträgen gestaltet die Suche nach universalen Optimierungsmaßnahmen schwierig, einige allgemeine Verbesserungsvorschläge sollen im Folgenden näher betrachtet werden. Bei diesen wird vor allem darauf abgezielt, externe Handlungen außerhalb der Umstellzeit zu verrichten (siehe erste Phase der SMED Methode; Kapitel 2.4.8).

Weiters wird auch noch darauf eingegangen, wie gezielt Verbesserungsmaßnahmen für bestimmte Aufträge gefunden werden können und bei welchen Aufträgen das Sinn machen würde. Es werden allerdings keine einzelnen Aufträge analysiert, da der Fokus dieser Arbeit auf allgemeinen Optimierungsmaßnahmen liegt.

#### **Werkzeugvorbereitung**

Alleine Werkzeugservicetätigkeiten nahmen an den fünf Maschinen, an denen bereits ein BDE-System installiert ist, durchschnittlich mehr als acht Stunden pro Monat auf jeder Maschine im letzten Jahr in Anspruch. Momentan werden die meisten Werkzeuge von den Bedienern selbst vorbereitet, lediglich bei extern programmierten Maschinen (auf externes Programmieren wird im nächsten Abschnitt eingegangen) wird dies standardmäßig von einem Mitarbeiter der Werkzeugausgabe erledigt.

Zusätzlich können die Maschinenbediener bei Bedarf auch selbst die Werkzeugausgabe mit der Vorbereitung von Werkzeugen beauftragen, was aber eher nur in Ausnahmefällen gemacht wird, da es für die Arbeiter oftmals unkomplizierter ist, das selbst zu erledigen. Da derartige Verrichtungen laut der SMED-Methode (siehe Kapitel 2.4.8) zu den externen Rüstvorgängen zählen, liegt es zur Vermeidung von Stillständen nahe, diese so weit möglich schon im Vorfeld vorzunehmen. Diesbezüglich gibt es allerdings folgende Herausforderungen:

- Kurze Laufzeiten auf gewissen Maschinen, sowie die ständig erforderliche körperliche und geistige Anwesenheit der Maschinenbediener erschweren ein Vorbereiten von Werkzeugen während einer laufenden Bearbeitung
- Bei kurzfristigen, dringenden Aufträgen ist keine vorausschauende Vorbereitung der Werkzeuge möglich
- Vorbereitung der Werkzeuge durch eigenes Werkzeugservicepersonal ist schwierig realisierbar, da aufgrund der Menge an unterschiedlichsten Maschinen, Werkzeugen und Aufträgen sehr umfangreiche Fachkenntnisse notwendig wären, um immer die geeignetsten Werkzeuge für jeden Bearbeitungsschritt auswählen zu können
- Es existiert noch keine Datenbank, welche Werkzeuge an welchen Maschinen, bzw. zentral in der Werkzeugausgabe vorhanden sind
- Für bereits abgearbeitete Aufträge wurde in der Vergangenheit nicht dokumentiert, welche Werkzeuge zur Bearbeitung verwendet wurden, daher musste man auch bei wiederkehrenden Aufträgen die Werkzeuge wieder neu auswählen. Seit Kurzem werden bei Aufträgen, für die es sinnvoll erscheint, Wissensdatenblätter erstellt, in denen auch die gewählten Werkzeuge vermerkt werden. Der Hauptgrund hierfür ist allerdings, dem Maschinenbediener seine Arbeit einfacher zu gestalten, da dieser es mit einer Dokumentation einfacher hat, ein bereits vorhandenes Programm zu verstehen. Außerdem kann er die Bearbeitung auf eine Weise vornehmen, welche sich auch in der Vergangenheit bereits bewährt hat. Somit minimiert sich das Risiko von unvorhergesehenen Ereignissen. Da diese Wissensdatenblätter aber nur für wenige Aufträge als Hilfe für die Maschinenbediener erstellt werden, sind sie als Anleitung für ein Werkzeugservicepersonal unzureichend. Außerdem beheben die Wissensdatenblätter die im vorigen Punkt angesprochene Problematik mit der nicht vorhandenen Werkzeugdatenbank nicht.

Programmblatt

<b>Werkstück</b>	
Bezeichnung:	Verschleissleiste POS.1009
Zeichnungsnr. lt. BK.:	JKLZE02251009D/A
ZDM Zeichnungsnr.:	2251009
Werkstoff:	42CRMO4 VG
Arbeitsplannr. (MATNR.):	675864
Arbeitsgang:	30
Maschinen Nr.:	5231

<b>Aufspannung</b>	Nr.: 2
Programm Name:	Verschleissleiste S
Ersteller:	Mustermann
Datum:	19.02.2019

<b>Nullpunkte</b>	
X	Links auf Rohmaterial -5mm
Y	Mitte
Z	Oben auf Rohmaterial +8,5mm
IV	
V	

<b>Werkzeuge</b>		
Nummer	Bezeichnung	Bemerkungen
215	Iscar EMK D80	
12	PMK D80 / 8-Schneiden	Planen bis Fl. ca.44mm sie unten
18	Iscar Igel D80	
119	Helimax D30	
112	WPB D20	
101	Fasenfräser	

**Sonstige Erklärungen (Q-Parameter, LBL)**

Rohmaterial mit dem Spannansatz in vier Schraubstöcke spannen

**!!!!!! ACHTUNG !!!!!!!**

Planen bis entstandene Fläche ca. 44mm hat,  
dann den **Z NULLPUNKT** auf die neue Planfläche setzen

Neue Planfläche  
NP Z NULL setzen



Abbildung 15: Wissensdatenblatt



Um eine Werkzeugdatenbank für alle in der mechanischen Bearbeitung vorhandenen Werkzeuge aufbauen zu können, ist geplant, ein Werkzeugverwaltungssystem einzuführen. Dadurch wären nach einer einmaligen, zeitaufwändigen Inventur alle Werkzeuge mit den wichtigsten Parametern (Abmessungen, Schnittdaten) sowie dem Ort, an dem sie sich befinden, transparent abgespeichert. Das würde speziell den externen Programmierern die Arbeit ungemein erleichtern, da diese ohne Rückfragen hinsichtlich der (im Idealfall direkt an der Maschine) vorhandenen Werkzeuge das Programm erstellen könnten. Auch würde die Suche nach einem bestimmten Werkzeug oder die Frage, ob ein für einen Bearbeitungsschritt nötiges Werkzeug überhaupt vorhanden ist, dadurch der Vergangenheit angehören.

Eine derartige Werkzeugdatenbank würde es weiters auch ermöglichen, beim erstmaligen Auftreten eines Auftrags den Arbeitsplan mit den dafür verwendeten Werkzeugen abzuspeichern. Da die meisten Aufträge zumindest in längeren Zeitintervallen wiederkehrend sind, wäre das langfristig gesehen sehr vorteilhaft. Dadurch könnte ein Werkzeugeinsteller die Werkzeuge für einen wiederkehrenden Auftrag rechtzeitig bereitstellen. Für Aufträge, bei denen die benötigten Werkzeuge klar auf der Hand liegen, könnten diese auch schon von der Stückzeitermittlung oder Planung vorgegeben werden. Da oftmals auch neue Aufträge älteren zumindest ähnlich sind, kann man sich in vielen Fällen an diesen hinsichtlich der Werkzeugwahl orientieren. In diesen Fällen würde man auch bereits bei der Erstfertigung profitieren. Das wird aber nur in Ausnahmefällen möglich sein, da der jeweilige Bediener der Maschine im Regelfall am besten darüber Bescheid weiß, welche Werkzeuge für einen Bearbeitungsschritt ideal wären.

Voraussetzung für die Vorbereitung durch einen Werkzeugeinsteller ist natürlich, dass dieser zeitgerecht vor dem voraussichtlichen Auftragsstart an einer Maschine eine Meldung erhält, welche Werkzeuge er bis wann vorbereiten muss. Wie viel im Voraus die Vorbereitung idealerweise begonnen werden soll, wird sich erst bei der Anwendung dieser Maßnahme herausstellen. Einerseits müssen die Werkzeuge so weit im Voraus vorbereitet werden, dass diese bei Beginn der Bearbeitung garantiert bereitgestellt werden können, andererseits soll es auch nicht zu bald sein, da sich ein Auftrag bei Einlangen eines Eilauftrages zeitlich teils auch beträchtlich nach hinten verschieben kann. Werkzeuge müssen außerdem während sie gerade in Verwendung sind als nicht verfügbar gekennzeichnet werden, bzw. im Idealfall auch wie lange sie voraussichtlich nicht verfügbar sind. Hierfür könnte das BDE-System in Kombination mit den Vorgabezeiten verwendet werden. Anhand des BDE-Systems lässt sich genau nachverfolgen, wann ein Auftrag gestartet wurde und durch Addition der restlichen Vorgabezeit lässt sich auch das planmäßige Ende einfach ermitteln (vorausgesetzt die Maschine ist nicht unbesetzt oder defekt, aber dann ist das Werkzeug in diesem Zeitraum sowieso verfügbar).

Eine weitere Möglichkeit zur Rüstzeitoptimierung unter Verwendung eines Werkzeugmanagementsystems wäre eine ABC-Analyse um herauszufinden, mit welchen Werkzeugen die meisten Aufträge an einer Maschine abgefertigt werden können. Diese sollten standardmäßig bereits in einem Werkzeughalter an der Maschine vorhanden sein, während weniger häufig verwendete Werkzeuge zentral in der Werkzeugausgabe gelagert werden können. Aktuell beruht die Wahl, welche Werkzeuge sich direkt an der Maschine (bzw. bereits in einem Werkzeughalter) befinden, auf den Einschätzungen der Bediener. Weiters könnten mit einer bedarfsgerechten Werkzeuglagerung die Kapitalbindungskosten verringert werden,

da momentan von manchen wenig benutzten Werkzeugen auch Exemplare an mehreren Maschinen vorhanden sind, damit diese im Bedarfsfall ohne Suchen sofort griffbereit sind. Derartige Werkzeuge sollen sich in Zukunft in der Werkzeugausgabe befinden. Anhand der Werkzeugzuordnung zu den Aufträgen kann man außerdem ableiten, wie häufig diese benötigt werden und gegebenenfalls den Bestand bei dem einen oder anderen Werkzeug ohne negative Auswirkungen reduzieren.

Die Maßnahmen hinsichtlich der Werkzeugvorbereitung kurz zusammengefasst:

- Einführung eines **Werkzeugmanagementsystems**
- **Inventur** aller Werkzeuge sowie Speicherung sämtlicher **relevanten Parameter**
- **Speicherung** der Arbeitspläne inklusive **verwendeter Werkzeuge**
- Wenn möglich **Vorgabe** der Werkzeuge durch **Planer o. Stückzeitermittlung**
- **Vorbereitung** der Werkzeuge durch **Werkzeugeinsteller** vor Auftragsbeginn
- **ABC-Analyse** zur Klassifizierung der **Verwendungshäufigkeit** sämtlicher Werkzeuge
- **Bedarfsgerechte Lagerung** je nach Verwendungshäufigkeit

### Externes Programmieren

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Rüstzeiten ist die gesteigerte Anwendung externer Programmierung (siehe Kapitel 2.4.6). Momentan werden die zur Bearbeitung notwendigen Programme in den meisten Fällen direkt an den Maschinen von den Bedienern erstellt. Lediglich vier NC-Programmierer erstellen Bearbeitungsprogramme abseits der Maschinen. Mehr als sieben Stunden wurden im vergangenen Jahr pro Monat durchschnittlich an jeder der fünf Maschinen mit BDE für Programmieraktivitäten aufgewendet. Allerdings ist der absolute Programmieraufwand höher als die erfasste Programmierzeit, da auch während laufender Bearbeitungen (vor allem bei längeren Laufzeiten) Programme erstellt werden können. Das wird aber natürlich nicht unter Programmieren sondern Bearbeiten verbucht.

Bei externen Programmen können auch jetzt schon die Werkzeuge durch einen Werkzeugeinsteller vorbereitet werden, da die zu verwendenden Werkzeuge während der Programmerstellung vom Programmierer festgelegt werden und somit bereits im Vorfeld bekannt sind.

Momentan wird hauptsächlich die Werkstattprogrammierung angewandt, da man mit dieser bei der Erstfertigung schneller ist und daher auch kurzfristig eingehende Eilaufträge im Bedarfsfall am schnellsten abwickeln kann. Der Grund hierfür ist, dass bei der Werkstattprogrammierung im Gegensatz zur externen Programmierung oftmals keine Vollprogramme für die komplette Bearbeitung, sondern mehrere Teilprogramme zur Bearbeitung einzelner Flächen oder Ähnlichem erstellt werden. Diese Teilprogramme können wie eingangs bereits erwähnt (vor allem bei längeren Laufzeiten) teilweise auch schon erstellt werden, während die vorherige Bearbeitung noch läuft.



Das mag bei einem einmaligen (bzw. dem erstmaligen) Auftreten eines Auftrages aufgrund der schnelleren Durchführbarkeit vorteilhaft sein, ist aber nicht besonders nachhaltig. Bei externen Programmen erstellt der Programmierer eine genaue Dokumentation (bei Bedarf auch mit Skizzen), damit der Maschinenbediener auf den ersten Blick sieht, wie er bei der Bearbeitung vorzugehen hat (Vorbereiten der Maschine, Aufspannen des Werkstücks, Messstops,...). Erstellt der Bediener das Programm selbst, ist er auf eine derartige Dokumentation natürlich nicht angewiesen, wodurch Zeit gespart wird. Allerdings ist das Programm für andere Personen aufgrund der fehlenden Dokumentation nur schwer nachvollziehbar. Weiters sieht der Bediener direkt an der Maschine auf den ersten Blick welche Werkzeuge er unmittelbar zur Verfügung hat, was er bei der Programmerstellung berücksichtigen kann. Der externe Programmierer hingegen muss sich eine Liste mit den vorhandenen Werkzeugen erstellen oder an der Maschine nachsehen bzw. den Maschinenbediener fragen. Dieser Nachteil der externen Programmierung fällt allerdings mit der geplanten Einführung eines Werkzeugmanagementsystems (siehe vorheriger Abschnitt) weg. Dann soll dem Programmierer eine aktuelle Datenbank mit allen vorhandenen Werkzeugen inklusive der relevanten Technologiedaten zur Verfügung stehen.

```

-----V A N C-----D+B+F-----WERKZEUGLISTE-----D+B+F--- Seite    1
M131      ROLLENMANTEL 300-410                               09-10-21 11:32
.....
                                voestalpine STAHL GmbH - B4M
                                NC-PROGRAMMIERUNG
                                DREHEN UND FRAESEN M70
.....
BAUTEIL      : M131                                           MASCHINE: M70
BEZEICHNUNG  : ROLLENMANTEL 300-410
ZEICHNUNGSNR.: JOLZE05310102B/C                               DATUM: 07-01-03
BEARBEITER   : ZIM
.....
WERKSTOFF-DIN : 42CrMo4
WERKSTOFF-NR. : 17225
ROHTEIL      : DM 300/150 - 416
ANMERKUNG    : .....
.....
NPV1 - G54      : 3
NPV2 - G55      : 0
.....
BACKEN        : WA2
ANSATZ WEICHBACKEN : 25.80
.....
MESSTOP       : DM 238.70   239R6  -75/-104
                :                225R6  -75/-104
.....
Luenette selbst setzen - 340
WERKSTUECK UMSPANNEN
.....
TURN S1802     PSSNL 3232 P15           PLATZ 1           ZEIT 10.4
IDENTNUMMER   1802
ANMERKUNG : -
SL 7          QUER 90.00                LANG 70.00        SR 1.2
SL 8          QUER 100.00               LANG 60.00        SR 1.2
.....
TURN S1780     A2-80-390 PSKNL 2020 K12 PLATZ 7           ZEIT 2.0
IDENTNUMMER   1780
ANMERKUNG : quer
SL 6          QUER -45.00                LANG 390.00       SR 1.2
.....
TURN S1714     S50W PTFNL 22           PLATZ 9           ZEIT 24.5
IDENTNUMMER   1714
ANMERKUNG : -
SL 2          QUER -35.00                LANG 270.00       SR 1.2
.....
TURN S1715     S50W PTFNL 16           PLATZ 11          ZEIT 5.6
IDENTNUMMER   1715
ANMERKUNG : -
SL 2          QUER -35.00                LANG 270.00       SR 1.2
.....
HAUPTZEIT : 42.6          NEBENZEIT : 2.8          GESAMTZEIT : 45.4

```

Abbildung 16: Programmblatt

Ein weiterer Grund für die überwiegende Anwendung der Werkstattprogrammierung ist, dass der Maschinenbediener auf keine weitere Person (Programmierer) angewiesen ist. Momentan arbeiten die Programmierer auch nicht im Schichtbetrieb sondern haben Gleitzeit. Daher stehen sie auch nicht in der gesamten Arbeitszeit der Arbeiter für Probleme oder Rückfragen zur Verfügung.

Die gesteigerte Anwendung von externer Programmierung bietet aber auch einige Vorteile sowohl allgemeiner Natur als auch im Hinblick auf die OEE. Bei der Werkstattprogrammierung steht die Maschine größtenteils still, nur in Ausnahmefällen (lange Laufzeiten, Routinebearbeitung, während der keine allzu große Aufmerksamkeit erforderlich ist) ist es während der Bearbeitung möglich, Programmierarbeiten vorzunehmen. Außerdem ließen sich, wie eingangs bereits erwähnt, durch mehr externe Programmierung auch die Werkzeugservicezeiten reduzieren, da die Werkzeuge vom Programmierer festgelegt werden und vor Beginn der Fertigung von einem Werkzeuginstaller vorbereitet werden können. Da externe Programme in der Regel besser optimiert sind, lassen sich meist nicht nur in der Vorbereitung, sondern auch bei der Durchführung der Bearbeitung selbst teils beträchtliche Einsparungen erzielen, wobei das Einsparungspotenzial hier aber von Auftrag zu Auftrag stark unterschiedlich ist. So gibt es teilweise Bearbeitungen, bei denen die Hälfte der Zeit eingespart werden kann, während bei anderen praktisch keine Steigerung möglich ist. Die Werkstattprogrammierung zielt nur darauf ab, den Auftrag möglichst schnell abzufertigen, ein Mehraufwand in der Programmierung zur Verringerung der Fertigungszeit wird daher in der Regel nicht in Kauf genommen. Aufgrund der meist geringen Losgrößen ist das auch verständlich, da ein besser optimiertes und dokumentiertes Programm den erhöhten Aufwand für die Programmerstellung in den meisten Fällen zumindest bei der Erstfertigung noch nicht wettmachen kann. Im Vorhinein ist oftmals auch nicht bekannt, ob bzw. wann ein Auftrag wiederkommt und somit ob sich ein größerer Vorbereitungsaufwand lohnt. Bei Aufträgen, bei denen das vermutet wird, werden daher seit kurzem Wissensdatenblätter (siehe vorheriger Abschnitt) erstellt.

Da die Kosten für einen Programmierer im Vergleich mit den Stillstandskosten einer Werkzeugmaschine gering sind, ist es bei der externen Programmierung wirtschaftlich eher sinnvoll, etwas mehr Zeit in die Erstellung eines optimierten, gut dokumentierten Programms zu stecken. Weiters können Programmierer, vorausgesetzt eine entsprechende Software ist vorhanden, auch vor der Fertigung eine Kollisionsanalyse durchführen und so Schäden (und somit Stillstandszeiten) vorbeugen. Bei Werkstattprogrammen wäre das theoretisch zwar auch möglich, allerdings müsste die dafür nötige Software auf jeder Maschinensteuerung installiert sein. Zusätzlich würde das natürlich wieder Stillstandszeiten an der Maschine verursachen.

Nach der Programmerstellung sieht der Programmierer auch die exakte Laufzeit. Da bei externen Programmen nicht ein Stückzeitermittler, sondern der Programmierer selbst direkt die Vorgabezeiten festlegt, ist die Wahrscheinlichkeit, dass größere Abweichungen auftreten, geringer. Der Grund hierfür ist, dass bei komplizierten Teilen in der Stückzeitermittlung keine genauen Zeiten berechnet werden können, sondern oftmals durch Vergleich mit ähnlichen, bereits abgefertigten Aufträgen ermittelt werden oder manchmal auch geschätzt werden müssen.

Der größte Vorteil der externen Programmierung ist allerdings die Nachhaltigkeit. Wie oben schon beschrieben, werden die erstellten Programme dokumentiert und können für Folgeaufträge ohne großen Zeitaufwand wiederverwendet werden. Im Gegensatz dazu werden bei der Werkstattprogrammierung derzeit auch öfters Programme für einen Folgeauftrag neu erstellt, obwohl schon eines vorhanden ist, da das in vielen Fällen unkomplizierter ist. Werkstattprogramme sind lediglich lokal an der Maschine abgespeichert und Identifizierungsdaten werden nicht am Arbeitsplan vermerkt, somit muss das für die jeweilige Bearbeitung passende Programm vor der Verwendung zuerst manuell gesucht werden. Da es keine eindeutige Nomenklatur gibt, kann auch das Auffinden bereits existierender Programme eine Herausforderung sein. Die nicht vorhandene Dokumentation erschwert die Verwendung eines alten Programms zusätzlich, speziell wenn es von einer anderen Person erstellt wurde. Von Zeit zu Zeit werden die Programme von den lokalen Maschinenspeichern zur Sicherung auf einen zentralen Datenspeicher übertragen. Extern erstellte Programme sind generell auf einem zentralen Datenträger, von dem regelmäßig automatisiert Backups gemacht werden, gespeichert. Daher ist die Gefahr, Programme durch einen beschädigten Datenträger zu verlieren viel geringer als bei Werkstattprogrammen. Die bereits im Unterpunkt „Werkzeugvorbereitung“ erwähnten Wissensdatenblätter beheben zwar die in diesem Absatz beschriebenen Probleme (abgesehen von der Speicherung; auch bei Wissensdatenblättern werden die Programme lokal gespeichert) allerdings werden diese nur in wenigen Fällen, in denen man das als wichtig empfindet, gemacht. Der Hauptgrund dafür ist einfach der dadurch entstehende Aufwand, welcher natürlich auch mit Maschinenstillständen verbunden wäre. Logische Konsequenzen daraus sind eine niedrigere OEE sowie höhere Stillstandskosten.

Da grob geschätzt etwa 80% der Aufträge (teilweise allerdings in großen Zeitabständen) wiederkehrend sind, würden sich die oben beschriebenen Vorteile langfristig positiv auswirken, da sie sich bei jedem erneuten Eingehen eines in der Vergangenheit schon aufgetretenen Auftrages bezahlt machen.

Aufgrund der vollständigen Erstellung des Bearbeitungsprogramms durch den Programmierer wären auch Personen mit weniger weitreichenden Fachkenntnissen in der Lage, die Maschinen zu bedienen.

Problematisch bei der gesteigerten Anwendung von externer Programmierung sind vor allem die aufgrund der Abhängigkeit von einem Programmierer geringere Flexibilität im Vergleich mit der Werkstattprogrammierung und die Durchlaufzeit bei der Erstfertigung.

Die mangelnde Flexibilität würde sich vor allem bei kurzfristigen, dringenden Aufträgen (z. B. Störungsbehebungen) bemerkbar machen, da sowohl ein geeigneter Bediener als auch Programmierer für die jeweilige Maschine vorhanden sein müsste. Auch wenn Wochenend- oder Nachtarbeit aufgrund einer Störung notwendig sein sollte, wäre man zusätzlich zum Maschinenbediener auf einen Programmierer ebenso angewiesen.

Wie vorher schon erwähnt, ist auch die Durchlaufzeit bei der Erstfertigung bei Anwendung externer Programmierung höher als bei der Werkstattprogrammierung. Speziell bei schwerwiegenden Störungen hat die schnelle Wiederinstandsetzung natürlich höchste Priorität.

Aufgrund der in diesem Kapitel beschriebenen positiven und negativen Aspekte der externen Programmierung kommt man zu **folgender Handlungsempfehlung**:

- Der Anteil an extern erstellten Programmen soll erhöht werden, da dadurch die OEE aufgrund des niedrigeren Verfügbarkeitsverlustes steigt. Das würde in weiterer Folge auch zu sinkenden Kosten führen, da eine Programmierstunde weniger kostet als eine Maschinenstunde (die Programmierkosten betragen pro Stunde etwa ein Drittel der teuersten Kostenstelle 5534)
- Die externe Programmierung soll hauptsächlich auf den teureren, im vorigen Punkt schon erwähnten Maschinen angewendet werden, da dort Stillstandszeiten höhere Kosten verursachen. Gewisse Maschinen sollen fix extern programmiert werden, zusätzlich sollen auch für andere Maschinen sporadisch externe Programme erstellt werden, wenn man der Meinung ist, dass das bei dem jeweiligen Auftrag sinnvoll ist. Es sollen nicht zu viele Maschinen fix programmiert werden, da sonst die Gefahr besteht, dass die Maschinenbediener aufgrund fehlender Praxis mit der Zeit an Programmierkenntnissen einbüßen.
- Soweit es sinnvoll möglich ist, sollen im Speziellen für Serien, sowie für häufig wiederkehrende oder komplexe Aufträge externe Programme erstellt werden, da sich dort die in diesem Kapitel beschriebenen Vorteile am meisten auswirken. Derartige Aufträge sollen daher nach Möglichkeit den fix programmierten Maschinen zugewiesen werden.
- Für Maschinen, welche sich aufgrund ihrer Bauart und Ausstattung sehr gut zur Störungsbehebung eignen, sollen keine Programme extern erstellt werden. Da Störungsaufträge kurzfristig auftreten, sollen auf diesen Maschinen keine Serien oder allzu langen Bearbeitungen durchgeführt werden, da diese ansonsten unterbrochen werden müssten. Da aber speziell bei derartigen Aufträgen das Einsparungspotenzial durch externe Programmierung am größten ist, liegt es auf der Hand, Maschinen, welche hauptsächlich für Störfälle verwendet werden, nicht extern zu programmieren. Die Unterbrechung von laufenden Aufträgen weitgehend zu verhindern ist auch ein Grund, weswegen gewisse Maschinen fix, manche teilweise und andere gar nicht programmiert werden sollen.
- Wie eingangs schon erwähnt, sollte zumindest ein Programmierer auch bei der Nachmittagsschicht für Rückfragen oder Probleme zur Verfügung stehen. Dabei bietet es sich an, dass wöchentlich wechselnd ein Programmierer zur Zeit der Nachmittagsschicht anwesend ist. Wenn das nicht erwünscht ist, muss zumindest auf die Reihenfolge der Aufträge geachtet werden, so dass neue Programme möglichst zu einer Zeit erprobt werden, in der ein Programmierer anwesend ist. Das ist aber nicht immer möglich. Die Maschinenbediener können zwar ungefähr die zehn nächsten anliegenden Aufträge in der Arbeitsvorratsliste bei Bedarf und Sinnhaftigkeit in einer anderen Reihenfolge abarbeiten, wenn allerdings viele neue Aufträge dabei sind oder ein dringend fälliger neuer Auftrag anliegt, kann es trotzdem vorkommen, dass ein neues Programm unter Abwesenheit der Programmierer erprobt werden muss.



Außerdem muss noch festgelegt werden, wie die Programmierkosten verrechnet werden. Derweil werden die Personalkosten für die Programmierer in die AV-Rate miteinbezogen und mit dieser auf den Maschinenstundensatz aufgeschlagen. Da die AV-Rate bei sämtlichen Maschinen hinzukommt, bedeutet das allerdings, dass auch Maschinen, für die keine externen Programme erstellt werden, diese „mitbezahlen“ müssen. Daher wäre es im Sinne der Kostenwahrheit am besten, wenn die benötigten Programmierstunden mit einem Programmiererstundensatz dem jeweiligen Auftrag zugeschlagen werden. Das würde aber in höheren Kosten für die Erstfertigung resultieren, daher müsste man den Kunden auch deutlich darauf hinweisen, dass diese Kosten bei Folgeaufträgen nicht mehr anfallen.

#### Abschließend noch einmal kurz die **Vorteile der erhöhten Anwendung externer Programmierung**:

- niedrigere Verfügbarkeitsverluste, dadurch höhere OEE und geringere Stillstandskosten
- ausführliche Dokumentation, welche sich bei Folgeaufträgen in mehreren Hinsichten positiv auswirken
  - einfache Auffindbarkeit der Programme
  - Vorbeugung gegenüber unvorhergesehenen Fehlerquellen, da sich die Programme schon in der Vergangenheit bewährt haben
  - Zeitersparnis, da man aufgrund der Dokumentation die Aufgabenstellung schneller erfasst
  - vor allem neue Maschinenbediener profitieren stark davon, wenn sie auf eine ausführliche Datenbank alter Aufträge zurückgreifen können
- optimierte Programme, dadurch geringere Laufzeiten
- Prävention von Unfällen aufgrund der Möglichkeit der Simulation des Bearbeitungsvorgangs
- exakte Bearbeitungszeit ist im Programm ersichtlich, wodurch die Gefahr, dass die Vorgabezeit signifikant von der tatsächlich benötigten Zeit abweicht, verringert wird

#### **Auftragsbezogene Kennzahlen**

Wie schon erwähnt, ist es in einem Instandhaltungsbetrieb aufgrund der sehr unterschiedlichen Aufträge schwierig, allgemeingültige Verbesserungsmöglichkeiten zu finden. Deswegen sollen auch einzelne Aufträge vor allem im Hinblick auf Rüst- und Spanntätigkeiten näher betrachtet werden. In dieser Hinsicht wäre eine ABC-Analyse (siehe Kapitel 2.4.10) sinnvoll, um zu eruieren, welche Aufträge am häufigsten sind, bzw. welche Aufträge in Summe am meisten Zeit benötigen, denn bei diesen würde sich eine Optimierung am ehesten lohnen. Um Verbesserungspotenzial zu erkennen, könnten auftragsbezogene Kennzahlen eingeführt werden. Möglich wäre hier zum Beispiel ein Rückmeldefaktor für Rüsten (Quotient aus der tatsächlichen vom BDE erfassten Rüstzeit und der Rüstvorgabezeit aus der Stückzeitermittlung). Auch ein Quotient der gesamten für den Auftrag

benötigten Zeit sowie der gesamten Vorgabezeit wäre in dieser Hinsicht eine brauchbare Kennzahl. Diese Kennzahlen sollten automatisiert ausgewertet werden und ab einer gewissen Abweichung zwischen Ist- und Vorgabezeit (z. B. 10 - 15%) muss (vor allem bei A-Aufträgen) die verantwortliche Person eruieren, warum so viel mehr Zeit benötigt wurde, als dafür veranschlagt.

Die bereits in Kapitel 4.1.1 beschriebene Möglichkeit, eine laufende Erfassung mit Kommentaren zu versehen, würde eine Analyse vereinfachen, speziell wenn diese erst eine gewisse Zeit nach der Aufzeichnung stattfindet. Andernfalls ist es sonst eventuell nicht mehr möglich, den Grund für die Abweichung zwischen der Vorgabezeit und der tatsächlich benötigten Zeit im Nachhinein festzustellen, da sich der Maschinenbediener unter Umständen nicht mehr daran erinnern kann.

Sollte eine Vorgabezeit laut den im BDE-System gesammelten Daten erheblich unterschritten werden, kann gegebenenfalls eine Reduktion in Erwägung gezogen werden, sofern es wahrscheinlich ist, dass eine geringere Vorgabezeit weiterhin haltbar ist. Momentan werden zu hohe Vorgabezeiten oftmals nicht bemerkt, da diese von den Arbeitern meist nicht reklamiert werden. Mit der Istzeiterfassung sowie der auftragsbezogenen Auswertung könnten zu hohe Vorgabezeiten relativ einfach erkannt werden. Voraussetzung hierfür ist natürlich, dass die Mitarbeiter die Erfassung ordentlich erledigen. Sobald allerdings eine MDE (siehe Verbesserungsvorschlag in Kapitel 4.1.1) vorhanden ist, ist dieses System weniger von der Gewissenhaftigkeit der Mitarbeiter abhängig.

Derzeit gibt es, wenn die Vorgabezeit nach Meinung der den Auftrag bearbeitenden Arbeiter und Vorarbeiter zu kurz ist, die Möglichkeit, die Zeit zu reklamieren. Dabei gibt der Arbeiter in der Regel einen Grund für die zusätzlich benötigte Zeit und wieviel Zeit er fordert an. Der Stückzeitermittler prüft anschließend, ob die Reklamation gerechtfertigt ist und versieht den Auftrag dann gegebenenfalls mit einer neuen Vorgabezeit (welche auch von der geforderten Zeit abweichen kann). Die BDE samt auftragsbezogener Kennzahlen wären für die Stückzeitermittlung bei der Prüfung der Reklamationen sehr hilfreich, da sie dadurch bei Folgeaufträgen auf die Daten vorangegangener Auftragseingänge zurückgreifen könnten.

Weiters ist auch noch anzumerken, dass auftragsbezogene Kennzahlen auch im Hinblick auf Make or Buy-Entscheidungen sinnvoll sein können. Wird bei einem Auftrag eine Vorgabezeit erheblich überschritten, kann das ein Indikator für unvorhergesehene Probleme bei der Fertigung sein. Wenn der Auftrag zu einem akzeptablen Preis fremdvergeben werden kann und die Auslastung des eigenen Maschinenparks nicht darunter leidet, ist es möglicherweise bei Folgeaufträgen sinnvoll, diese nicht mehr selbst durchzuführen.

Abschließend eine kurze Zusammenfassung der in diesem Kapitel erläuterten Vorgehensweise zur Ermittlung auftragsspezifischer Verbesserungsmaßnahmen:

- ABC-Analyse zur Klassifizierung sämtlicher Aufträge nach der Auftretenshäufigkeit
- Einführung von auftragsbezogenen Kennzahlen (z. B. Rückmeldefaktor für Rüsten)
- Automatische Meldung bei bestimmten Abweichungen vom Vorgabewert

- Eruiierung des Grundes für die Abweichung vom Vorgabewert
- Suche nach Verbesserungsmaßnahmen auf Basis der vorangehenden Analyse



## 4.2.2 Ausmustern/Ersetzen von Maschinen

Eine weitere Möglichkeit zur Steigerung der OEE wäre das Ersetzen von gewissen älteren Maschinen durch neuere. Neuere Maschinen sind aufgrund des technischen Fortschritts (große Werkzeugmagazine, schwenkbare Spann- und Werkzeugaufnahmevorrichtungen,...) in der Regel produktiver als ältere. Auch die Ausmusterung von manchen Maschinen kann sinnvoll sein, vorausgesetzt, die Bearbeitungen, welche auf diesen durchgeführt werden, sind auch woanders möglich. Dadurch würden die Bediener für andere (wichtigere) Anlagen zur Verfügung stehen, was auf diesen zu einer Erhöhung des Verfügbarkeitsfaktors und somit der OEE führen würde. Die Schwierigkeit in dieser Thematik besteht allerdings darin, den idealen Zeitpunkt für derartige Maßnahmen zu finden, da auch hier eine OEE-Steigerung natürlich nur dann sinnvoll ist, wenn es auch wirtschaftlich ist. Um den idealen Ersatz- bzw. Ausmusterungszeitpunkt für eine Maschine zu ermitteln, wurde ein Excel-Programm erstellt. Das zugrunde liegende Modell berücksichtigt im Wesentlichen folgende Parameter:

- Kaufpreis
- Restwert
- Abbaukosten
- Entwicklung der Instandhaltungskosten
- Stillstandskosten
- Geleistete Produktivstunden
- Effizienzsteigerung durch neuere Anlage

Anhand dieser Parameter wird eine Behaltdauer (Zeitraum, nach dem die jeweilige Maschine durch eine neue ersetzt wird) errechnet, für welche die Gesamtkosten in einem gewissen Betrachtungszeitraum möglichst gering sind. Da für manche Einflussparameter nur unzureichende Daten vorhanden sind und sich die Instandhaltungs- und Stillstandskosten in der Praxis nicht für jede Maschine so wie statistisch ermittelt entwickeln müssen, sollen die anhand dieses Modells generierten Werte lediglich als ungefähre Richtwerte verstanden werden. Im Folgenden soll das Modell kurz erläutert werden.

Die Abschreibung einer Maschine erfolgt linear vom Kaufpreis auf den Verkaufserlös auf die tatsächliche Nutzungsdauer und nicht wie buchhalterisch üblich auf eine fixe Dauer von z. B. zehn Jahren. Dadurch wird gewährleistet, dass jedem Nutzungsjahr auch ein Wertverlust zugerechnet wird und nicht gewisse Jahre über- bzw. unterrepräsentiert sind, wodurch das Ergebnis verfälscht werden könnte.

Der zu erzielende Verkaufserlös nach einer gewissen Anzahl an Verwendungsjahren wird anhand einer Exponentialfunktion berechnet.

Die Abbaukosten werden für diese Berechnung ebenfalls auf alle Verwendungsjahre aufgeteilt, da sonst „Kostensprünge“ auftreten würden, wodurch das Ergebnis stark vom gewählten Betrachtungszeitraum abhängig wäre.

Die Entwicklung der Instandhaltungskosten über die Verwendungsjahre wurde empirisch auf Basis der bisher gesammelten Daten ermittelt. Dabei wurde vorerst nicht zwischen verschiedenen Maschinentypen unterschieden, da hierzu noch zu wenige Daten vorliegen. Bei der Analyse der bisher vorhandenen Daten fallen diesbezüglich allerdings keine signifikanten Unterschiede in der Höhe der

Instandhaltungskosten auf, so haben selbst Kleindrehmaschinen oftmals mit größeren Bohrwerken vergleichbare Instandhaltungskosten.

Im Idealfall sollte für das Modell die Entwicklung der Instandhaltungskosten über die Betriebsstunden bekannt sein, da die jährlich geleisteten Betriebsstunden nicht für jede Maschine bzw. für jedes Jahr gleich sind. Da diese Daten allerdings erst seit fünf Jahren erhoben werden, ist das noch nicht möglich. Außerdem wurden bisher nicht die Betriebsstunden sondern die Produktivstunden (für Erklärung siehe Kapitel 4.3.1) dokumentiert, worunter auch Tätigkeiten fallen, in denen kein Verschleiß stattfindet (z. B. Rüsten oder Spannen). Da die Betriebszeiten nun mittels BDE-System (bzw. in weiterer Folge evtl. MDE-System) erfasst werden, können diese in Zukunft als Berechnungsgrundlage für die Entwicklung der Instandhaltungskosten dienen.

Momentan wird aus den Produktivstunden der jeweiligen Maschine und dem Durchschnitt der Maschinen, anhand derer die Entwicklung der Instandhaltungskosten ermittelt wurden, ein Faktor gebildet, mit dem die prognostizierten Instandhaltungskosten multipliziert werden. So soll in erster Näherung berücksichtigt werden, dass mehr genützte Maschinen auch mehr Instandhaltungskosten verursachen. Sobald genügend Daten vorhanden sind, um auf deren Basis die Entwicklung der Instandhaltungskosten in Abhängigkeit der geleisteten Betriebsstunden zu prognostizieren, wäre ein derartiger Faktor nicht mehr notwendig.

Zur Entwicklung der Stillstandskosten gibt es derzeit noch keine Daten, es bietet sich in Zukunft allerdings an, die anhand des BDE-Systems erfassten Stillstandszeiten als Basis für die Ermittlung der Stillstandskosten zu verwenden. Daher wurden diese fürs Erste nur geschätzt.

Auch die Effizienzsteigerung durch die Anschaffung einer neueren Maschine wurde berücksichtigt. Hierfür kann in dem Modell eingegeben werden, um wie viele Prozent sich die Produktivität bei einem Austausch nach einer gewissen Anzahl an Jahren erhöht. Als Basis für diesen Prozentsatz dienen Angaben von Maschinenherstellern oder Schätzungen von fachkundigen Mitarbeitern. Der monetäre Wert dieser Effizienzsteigerung wird anschließend anhand der prozentuellen Produktivitätssteigerung und des Umsatzes der jeweiligen Maschine berechnet.

Nun werden mittels einer Datentabelle verschiedene Szenarien durchgespielt, welche sich in der Behaltdauer pro Maschine unterscheiden. Durch einen Vergleich der Gesamtkosten aller betrachteten Varianten lässt sich einfach herausfinden, nach wie vielen Jahren der ideale Wechselzeitpunkt einer Maschine unter den gegebenen Voraussetzungen ist.

Zur besseren Übersicht werden die Ergebnisse in einem Diagramm dargestellt:

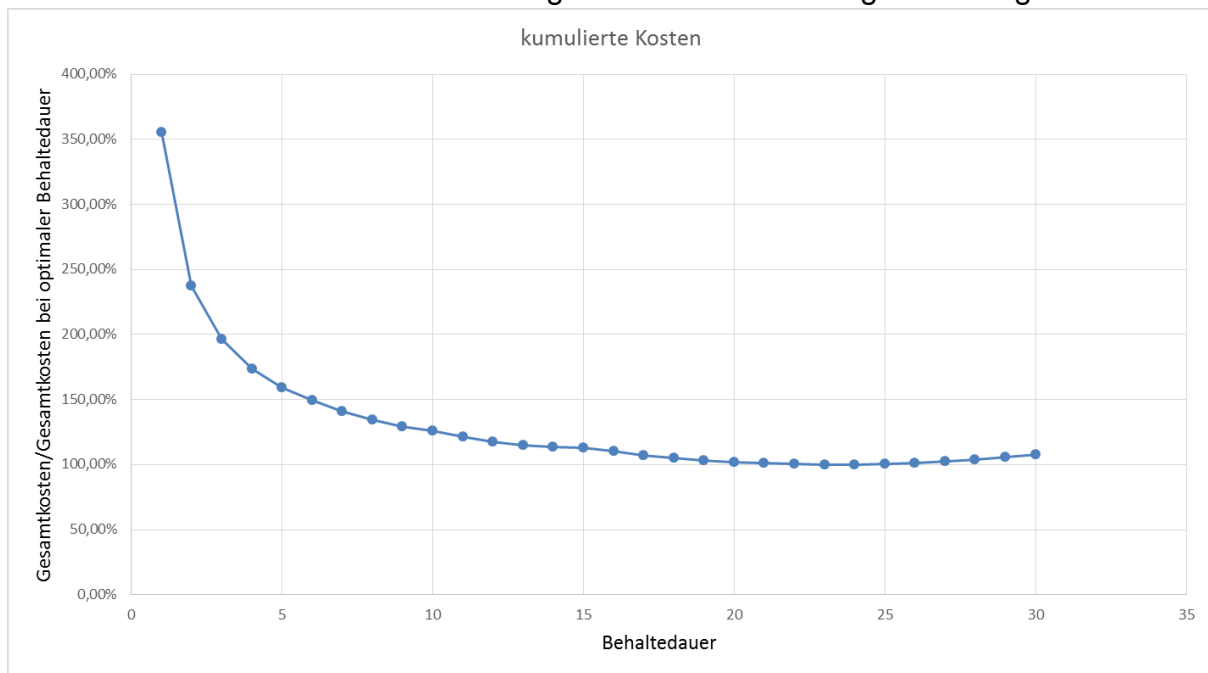


Abbildung 17: Beispiel für optimale Behaltdauer einer Maschine

Die Prozentangaben entlang der Y-Achse sind das Verhältnis der Gesamtkosten mit der auf der X-Achse angegebenen Behaltdauer zu den Gesamtkosten mit der optimalen Behaltdauer. In diesem Beispiel wäre also ein Maschinenwechsel nach 23 Jahren am günstigsten.

Bei Anwendung des Modells auf verschiedene Maschinen fällt auf, dass der ideale Wechselzeitpunkt von billigen Maschinen (z. B. Kleindrehmaschinen) signifikant vor teuren (z. B. Großbohrwerken) liegt. Das liegt daran, dass die Abschreibungskosten von teuren Anlagen im Vergleich zu den Instandhaltungskosten überwiegen und die Zunahme der Instandhaltungskosten über die Verwendungsdauer sich somit weniger stark auf das Ergebnis auswirkt. Effizienzsteigerungen wirken sich zwar bei teureren Maschinen aufgrund des höheren Maschinenstundensatzes stärker aus, allerdings ist der Vorteil zu gering, um die oben beschriebene Tendenz wettzumachen.

Möglicherweise resultiert eine Unterscheidung zwischen verschiedenen Maschinentypen bei der empirischen Ermittlung der Instandhaltungskostenentwicklung in anderen Ergebnissen, es darf aber anhand der bisher vorliegenden Daten erwartet werden, dass der Unterschied nicht allzu signifikant ausfallen wird.

Nachfolgend zwei Diagramme, welche den im vorherigen Absatz beschriebenen Unterschied veranschaulichen sollen:

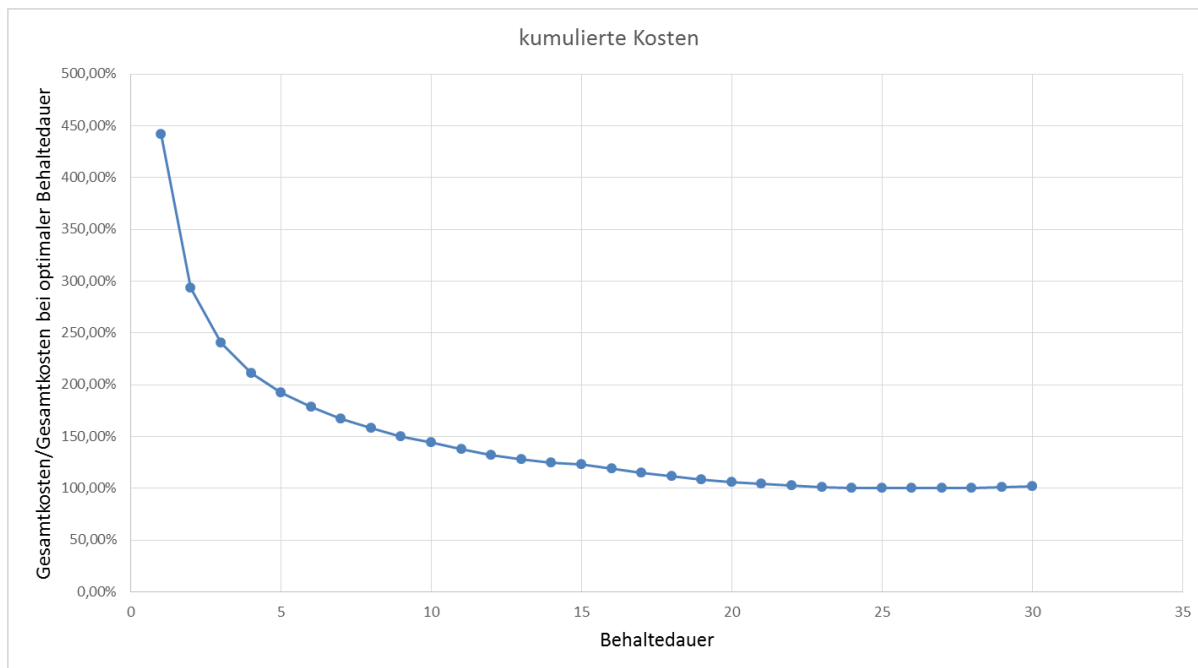


Abbildung 18: optimale Behaltdauer Großbohrwerk

Abbildung 18 zeigt ein Großbohrwerk, für welches eine optimale Behaltdauer von 26 Jahren errechnet wurde.

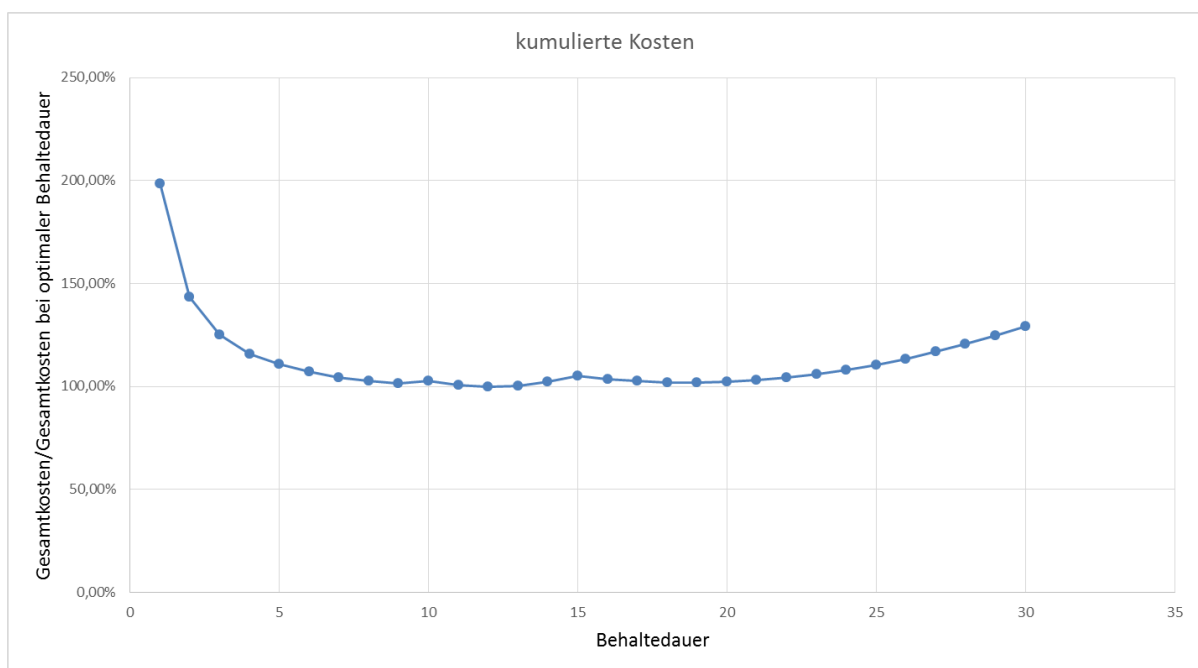


Abbildung 19: optimale Behaltdauer Mitteldrehmaschine

Abbildung 19 zeigt hingegen die optimale Behaltdauer für eine Mitteldrehmaschine, welche laut obigem Modell 12 Jahre beträgt.

Auch wenn dieses Modell aufgrund der derzeitigen Datenlage, diverser schwer quantifizierbarer Größen sowie in der Praxis auftretender Abweichungen der Instandhaltungs- und Stillstandskosten von den prognostizierten Werten bei Weitem nicht hundertprozentig treffsicher ist, lässt sich doch daraus ableiten, dass vor allem

bei Maschinen mit niedrigen Anschaffungskosten ein frühzeitiger Ersatz sinnvoll sein kann.

Allerdings ist eine kontinuierliche Verfeinerung des Modells anhand der neu gewonnenen Daten eine wichtige Maßnahme, um die Aussagekraft zu erhöhen. Konkret werden folgende Maßnahmen zur Verbesserung des Modells vorgeschlagen (sobald Daten mehrerer Maschinen über einen längeren Zeitraum vorhanden sind):

- **Unterscheidung nach Maschinentyp** bei der Entwicklung der Instandhaltungskosten
- **Entwicklung der Instandhaltungskosten** über die gesamten **Betriebsstunden** betrachten
- Erfassung der **instandhaltungsbedingten Stillstandszeit** mittels **BDE-System** (zur Abschätzung der Stillstandskosten)

Dadurch wird die Aussagekraft des Modells erheblich erhöht und es kann in weiterer Folge auch als Hilfestellung für Investitionsentscheidungen dienen.

### 4.2.3 Vorarbeiterstellvertretung

Ein weiterer Grund für Maschinenstillstände ist die Vertretung eines abwesenden Vorarbeiters durch seinen Stellvertreter. In der mechanischen Bearbeitung gibt es einen Meister, welcher für beide Schichten zuständig ist, sowie drei Vorarbeiter. Für den Hauptbereich der mechanischen Bearbeitung (bestehend aus zwei Hallen; genannt Halle 1 und Halle 2, siehe Layout in Kapitel 3) ist für jede Schicht ein eigener Vorarbeiter vorhanden, während im anderen Bereich (genannt Halle 4) lediglich für die Frühschicht ein Vorarbeiter vorhanden ist.

Die Hauptaufgaben eines Vorarbeiters sind:

- Personalverwaltung
- Ansprechpartner für fachliche Fragen
- Koordinierung von dringenden Aufträgen („Zettelarbeiten“; siehe Kapitel 4.3.3)
- Kontrolle des ordnungsgemäßen und den Sicherheitsrichtlinien entsprechenden Arbeitsablaufes sowie Motivation der Mitarbeiter

Ist ein Vorarbeiter nicht anwesend (Urlaub, Krankenstand etc,...), wird er von einem Maschinenbediener, welcher in derartigen Situationen als sein Stellvertreter fungiert, vertreten. Der Hauptgrund dafür ist, dass man immer einen Ansprechpartner für dringende Aufträge (bei Störfällen o. Ä.) haben will, welcher diese koordiniert und dafür sorgt, dass diese schnellstmöglich abgewickelt werden.

Vorarbeiter, sowie deren Stellvertreter sind Arbeiter, welche sich durch sehr gute Fachkenntnisse und durch ein hohes Pflichtbewusstsein auszeichnen. Deswegen bedienen Vorarbeiterstellvertreter in der Regel auch die wichtigsten und schwierigsten Maschinen. Da somit die Abwesenheit des Vorarbeiters in den meisten Fällen zur Nichtbesetzung einer wichtigen Anlage führt, fallen aufgrund der hohen Stundensätze der von den Vorarbeitern gewöhnlicherweise bedienten Anlagen auch hohe Stillstandskosten an. Speziell das in Kapitel 4.3.2 erwähnte Großbohrwerk, aber auch gelegentlich die Karusselldrehmaschine sind von dieser Problematik betroffen. Derartige Maschinen können oftmals auch nicht von anderen Mitarbeitern nachbesetzt werden, da diese vielfach nicht über die notwendigen Fachkenntnisse verfügen. Zumindest dieses Problem kann durch ein Kompetenzmanagementsystem und zielgerichtete Ausbildung (siehe ebenfalls Kapitel 4.3.2) behoben werden.

Noch besser wäre es aber natürlich, wenn gar kein Maschinenbediener abgezogen werden müsste. Somit stellt sich die Frage, ob es sinnvoll ist, einen abwesenden Vorarbeiter immer zu ersetzen, oder ob in manchen Situationen auch darauf verzichtet werden kann. Die Vertretung des Vorarbeiters ist allerdings eine attraktive Aufgabe für die Arbeiter, da die Vorarbeitertätigkeit mit einer Zulage entlohnt wird. Dementsprechend werden die Stellvertreter es nicht befürworten, am derzeitigen System etwas zu ändern. Eine Lösung für dieses Problem wäre eine Zulage für das Arbeiten an den wichtigsten Maschinen. Dadurch wäre die fehlende Vorarbeiterzulage kein Problem mehr. Zusätzlich wäre es auch noch ein Anreiz für die Mitarbeiter an diesen Maschinen zu arbeiten. Aktuell bevorzugen nämlich viele Arbeiter die weniger wichtigen Maschinen, da diese einfacher zu bedienen und weniger verantwortungsvoll sind, der Lohnunterschied allerdings nicht allzu groß ist.

Vor allem am Vormittag wäre es laut Einschätzungen mehrerer fachkundiger Personen durchaus möglich, einen fehlenden Vorarbeiter nicht nachzubesetzen, da am Vormittag im Regelfall zwei Vorarbeiter (Halle 1 + Halle 2; sowie Halle 4) vorhanden sind. Vor einigen Jahren gab es in der Halle 4 gar keinen Vorarbeiter. Der Hauptgrund für die Bestellung eines Vorarbeiters in diesem Bereich war ursprünglich die Unterstützung und Beaufsichtigung der Arbeiter, da dort sehr viele junge Mitarbeiter, welche gerade erst die Lehre abgeschlossen haben, arbeiten. Sind allerdings sowohl der Vorarbeiter der Hallen 1 und 2, als auch der Vorarbeiter der Halle 4 nicht anwesend, muss natürlich ein Stellvertreter diese Aufgaben übernehmen.

Am Nachmittag ist standardmäßig nur ein Vorarbeiter vorhanden, da in der Halle 4 für die Spätschicht keiner vorgesehen ist. Die vorher schon erwähnten Zettelarbeiten, für die der Vorarbeiter der erste Ansprechpartner ist und welche er weiters dann auch den geeignetsten Maschinen bzw. Mitarbeitern zuweist, treten tendenziell eher während der Frühschicht auf. Das liegt daran, dass es nicht in allen Bereichen der voestalpine Schichtbetrieb gibt und außerdem in der Nacht auftretende Störungen ebenfalls an die Frühschicht herangetragen werden, da es im TSM keine Nachtschicht gibt.

Für den Fall, dass beide Vorarbeiter der Frühschicht anwesend wären, aber der Vorarbeiter der Spätschicht nicht, wäre es sinnvoll, einen der beiden dazu anzuhalten, seinen Dienst erst mit der Spätschicht zu verrichten. So wäre für beide Schichten ein Vorarbeiter vorhanden und man bräuchte damit keinen Maschinenbediener abziehen, um den Vorarbeiter zu vertreten. Wenn man zusätzlich noch darauf achten würde, dass zumindest zwei der drei Vorarbeiter nicht zeitgleich geplant abwesend sind, würde man großteils ohne den Abzug von Maschinenbedienern zur Vertretung auskommen. Lediglich ungeplante Abwesenheiten (z. B. durch Krankheit) oder Abwesenheiten aufgrund wichtiger privater Gründe, welche Urlaub oder Zeitausgleich erfordern, würden dann noch einen Stellvertreter erfordern.

Falls sowohl ein Vorarbeiter der Frühschicht, als auch derjenige der Spätschicht abwesend sind, wäre es eine Möglichkeit, den Schichtmeister der Schlosserei des TSM mit der Vertretung des Spätschichtvorarbeiters zu betrauen. Die Schlosserei hat, anders als die mechanische Bearbeitung, für jede Schicht einen eigenen Meister. Der Hauptgrund hierfür ist, dass die Schlosser oftmals im Werk vor Ort Reparaturen vornehmen müssen. Um den im Vergleich mit der mechanischen Bearbeitung höheren Koordinations- und Organisationsaufwand zu jeder Zeit reibungslos bewältigen zu können, ist für beide Schichten ein Meister vorgesehen. Da auch in der Schlosserei tendenziell eher in der Frühschicht mehr Arbeit für Meister und Vorarbeiter anfällt, wäre für den Schichtmeister der Spätschicht der Vertretungsaufwand möglicherweise zumindest in Ausnahmefällen bewältigbar.

Wenn es die auftretenden Umstände unbedingt erfordern, muss trotzdem auf die Vorarbeiterstellvertreter zurückgegriffen werden. Aber das sollte nicht standardmäßig, sondern erst in letzter Konsequenz geschehen, da Maschinenstillstände sowohl die OEE senken, als auch erhebliche Kosten verursachen.



Die Maßnahmen hinsichtlich Stellvertretung der Vorarbeiter noch einmal kurz zusammengefasst:

- Bezahlung einer Zulage für die wichtigsten Maschinen
- Darauf achten, dass zumindest zwei von den drei Vorarbeitern keine geplanten Abwesenheitszeiten gleichzeitig haben
- Bei Abwesenheit eines Vorarbeiters soll von den beiden verbleibenden einer seinen Dienst mit der Früh- und der andere mit der Spätschicht verrichten, wichtige Aufgaben des fehlenden Frühschichtvorarbeiters werden vorübergehend vom anderen übernommen
- Bei Abwesenheit von zwei Vorarbeitern ist zwischen zwei Fällen zu unterscheiden:
  - Vorarbeiter der Frühschicht anwesend: Während der Spätschicht ist der Schichtmeister der Schlosser der erste Ansprechpartner in den Vorarbeiter betreffenden Angelegenheiten
  - Vorarbeiter der Spätschicht anwesend: Während der Frühschicht übernimmt der Vorarbeiterstellvertreter dessen Aufgaben
- Sollte es aufgrund der auftretenden Umstände notwendig sein, muss natürlich der Vorarbeiterstellvertreter von der Maschine abgezogen werden und die Tätigkeiten des Vorarbeiters übernehmen

### 4.3 Personelle Maßnahmen

Wie schon in Kapitel 3.1 erwähnt, sind die Verfügbarkeitsverluste relativ hoch (im Schnitt etwa 51%; sämtliche Zahlenwerte in diesem Kapitel beziehen sich soweit nicht anders angegeben auf den Durchschnitt der fünf Anlagen mit BDE). Bei genauerer Betrachtung der Verfügbarkeitsverluste fällt vor allem der Punkt „kein Bediener“ auf. Darunter fallen Abwesenheitszeiten aufgrund von Urlaub/Zeitausgleich, Krankenstand, Vorarbeitervertretung und der Bedienung von anderen Maschinen. Etwa 21% der theoretisch möglichen Produktionszeit geht deswegen verloren.

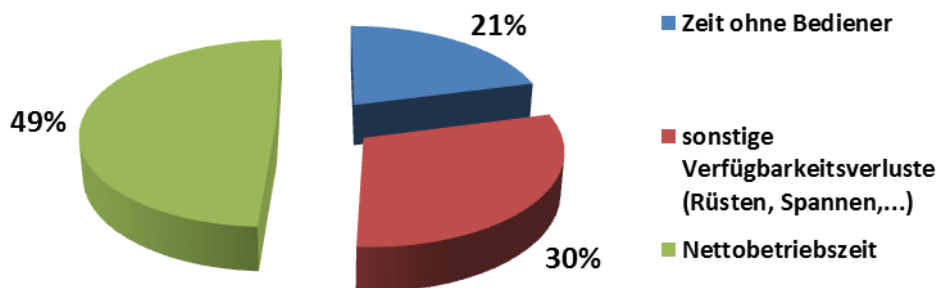


Abbildung 20: Verfügbarkeitsverluste

Das hat natürlich auch Auswirkungen auf die OEE: Diese wäre unter Beibehaltung des derzeit angenommenen Leistungs- bzw. Qualitätsfaktors (siehe Kapitel 3.1) um etwa 18% höher, wenn man es schaffen würde, alle Maschinen im geplanten Zeitraum immer zu besetzen. Auch wenn es aufgrund von unvermeidbaren und unplanbaren Abwesenheitszeiten praktisch nicht möglich ist, die Zeit ohne Bediener komplett zu eliminieren, ist doch deutlich zu erkennen, dass hier sehr viel Potenzial vorliegt. Der folgende Vergleich soll zeigen, wie stark nur dieser eine Verlustgrund die OEE beeinflusst.

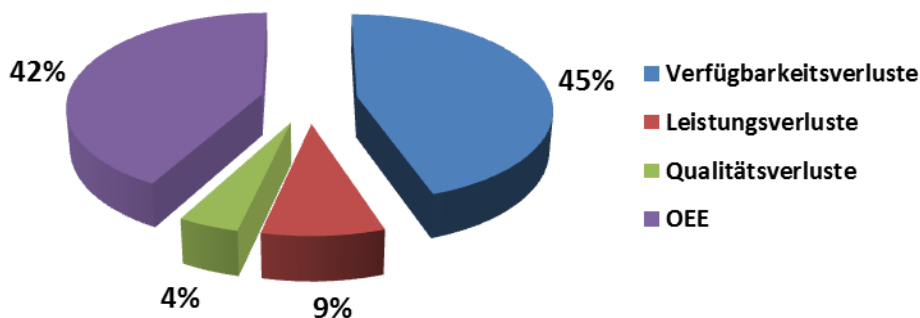


Abbildung 21: aktuelle OEE und Verluste

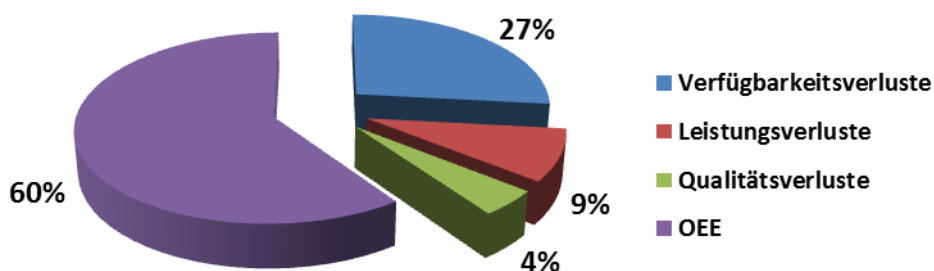


Abbildung 22: OEE ohne Verluste aufgrund keines Bedieners

### 4.3.1 Beschaffung von Zusatzpersonal

Der nächstliegende Ansatzpunkt zur Minimierung der Zeiten ohne Bediener wäre die Steigerung des Personalbestandes. Dadurch könnte ein Springersystem aufgebaut werden, um die Abwesenheitszeiten des Stammpersonals zu kompensieren. Dies verursacht allerdings natürlich auch zusätzliche Kosten, somit darf bei derartigen Maßnahmen zur Steigerung der OEE nicht die Wirtschaftlichkeit außer Acht gelassen werden. Die OEE ist schließlich eine Kennzahl für die Anlagenproduktivität (siehe Kapitel 2.4.1) und gibt keinen Aufschluss darüber zu welchem Preis eine Steigerung „erkauft“ wird. Um die Beschaffung von Zusatzpersonal wirtschaftlich zu analysieren, werden die Auswirkungen auf den Maschinenstundensatz betrachtet. Da das TSM hauptsächlich Instandhaltungstätigkeiten für die voestalpine Steel Division durchführt, wäre ein niedrigerer Stundensatz günstiger, da die Kosten für interne Auftraggeber ohne Gewinnzuschlag (lediglich ein Aufschlag für die AV kommt hinzu) weiterverrechnet werden. Somit würden im gesamten Unternehmen schlussendlich Kosten gespart werden. Auch für externe Aufträge wäre ein niedrigerer Stundensatz vorteilhaft, da man dann ohne den Gewinn zu schmälern Leistungen zu billigeren Preisen anbieten könnte, was die Konkurrenzfähigkeit erhöhen würde. In Ausnahmefällen könnten auch störungsbedingte Stillstandszeiten in der voestalpine gesenkt werden, da mit einer höheren Anzahl an Springern die Wahrscheinlichkeit sinkt, dass bei einem Störfall kein Mitarbeiter mit den zur Störungsbehebung notwendigen Kompetenzen zur Verfügung steht.

Als Grundlage für die Berechnungen dient ein Excel-Sheet vom Unternehmensbereich Kaufmännische und Technische Prozesse (TSK), welcher zur Kalkulation der Stundensätze auf Basis der geplanten jährlichen Kosten sowie der geplanten Produktivstunden dient. Die Produktivstunden sind jene Stunden, in denen produktive Arbeit verrichtet wird und welche dem Kunden für den jeweiligen Auftrag verrechnet werden können (also keine Verlustzeiten aufgrund von Maschinenstörungen, Warten auf Material bzw. Kran o. Ä.). Es wird allerdings nicht die tatsächlich benötigte Zeit verrechnet, sondern die durch die Stückzeitermittlung vorgegebene. Im Idealfall deckt sich natürlich die Vorgabezeit mit der zur Auftragsabarbeitung nötigen Arbeitszeit. Um zu berechnen, wie sich die Steigerung des Personalbestandes auswirkt, wurden folgende Annahmen getroffen:

- Ein zusätzlicher Mitarbeiter kostet jährlich je nach Kostenstelle zwischen **52.000€ und 58.000€**
- Ein zusätzlicher Mitarbeiter erhöht die maximal möglichen monatlichen Produktivstunden um **125 Stunden**
- Eine **zehnprozentige Erhöhung** der geplanten jährlichen Produktivstunden führt zu einer **siebenprozentigen Erhöhung** der Nebenkosten (im Folgenden näher erläutert)

Die Maschinen in den Kostenstellen 5533 und 5534 sind tendenziell die am schwierigsten zu bedienenden, somit sind für diese die Mitarbeiter mit den besten Fachkenntnissen notwendig. Deswegen wurden für diese Kostenstellen etwas höhere Lohnkosten veranschlagt.

Die maximal möglichen monatlichen Produktivstunden ergeben sich aus der durchschnittlichen monatlichen Anwesenheitszeit pro Mitarbeiter (etwa 140 Stunden)

abzüglich Verlustzeiten aufgrund unproduktiver Tätigkeiten bzw. Wartezeiten (Reinigen, Defekte, Warten auf Kran/Material etc.).

Unter die Nebenkosten fallen Aufwendungen für Wartung/Instandhaltung, Energie, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie zusätzliche Betriebskosten (z. B. für IT-Betreuung). Da keine klare Trennung zwischen fixen und variablen Kosten vorhanden ist, wurde angenommen, dass die Nebenkosten für die Stundensatzkalkulation linear mit den geplanten Produktivstunden, allerdings mit dem Faktor 0,7 steigen.

Um einfach darzustellen, ob die Beschaffung von zusätzlichem Personal für die Maschinen sinnvoll ist, wurde ein „Effektivitätsgrad“ festgelegt. Die Definition lautet folgendermaßen:

$$\text{Effektivitätsgrad} = \frac{\text{tatsächlich geplante Produktivstunden pro Mitarbeiter}}{\text{maximal mögliche Produktivstunden pro Mitarbeiter}}$$

Wie anfangs in diesem Kapitel erwähnt, ist die Steigerung des Personalbestandes dann sinnvoll, wenn durch das Mehr an geplanten Produktivstunden aufgrund der zusätzlichen Mitarbeiter der Stundensatz sinkt, trotz der zusätzlichen Personal- und Nebenkosten. Nun wurde mit der Excel-Zielwertsuche der Effektivitätsgrad ermittelt, den zusätzliche Mitarbeiter auf der jeweiligen Kostenstelle haben müssten, damit der Stundensatz gleich bleibt (= „Grenzeffektivitätsgrad“). Ein Grenzeffektivitätsgrad von 0,4 beispielsweise würde somit bedeuten, dass sich ein zusätzlicher Mitarbeiter (bei vollem Gehalt) im Hinblick auf den Stundensatz schon bezahlt macht, wenn für ihn nur 40% der maximal möglichen Produktivstunden pro Mitarbeiter (125 Stunden im Monat) eingeplant werden können, also in diesem Fall 50 Stunden pro Monat. Für eine Person weniger als 125 Produktivstunden im Monat einzuplanen, kann zum Beispiel sinnvoll sein, wenn man diese im Rahmen des Kompetenzmanagements (in Kapitel 4.3.2 näher erläutert) auch für andere Maschinen anlernen möchte. Außerdem kann ein Springer, da er nur eine begrenzte Anzahl an Maschinen bedienen kann, zu Zeiten, in denen das Stammpersonal anwesend ist, keine Produktivstunden leisten. In diesen Zeiträumen ist es naheliegend, Mitarbeiter, bei denen Bedarf besteht, weiterzubilden. Dadurch würden auch die Zeiträume, in denen Maschinen aufgrund von noch fehlenden Kompetenzen der Springer nicht betrieben werden können, allmählich abnehmen. Auch andere nötige, aber nicht unmittelbar produktive Tätigkeiten (Aufräumen, Reinigen,...) würden sich anbieten, falls alle bedienbaren Maschinen belegt sind.

Bei einem niedrigen Grenzeffektivitätsgrad könnte selbst bei wenigen zusätzlichen Produktivstunden (z. B. aufgrund von Ausbildungsmaßnahmen) pro weiteren Mitarbeiter eine Stundensatzsenkung erzielt und dabei die Flexibilität erhöht werden. Wichtig ist allerdings, dass man, falls man zusätzliche Maschinenbediener anstellt, mit einer realistischen Anzahl an geplanten Produktivstunden in die Berechnung der Stundensätze geht. Denn wenn die geplanten Produktivstunden höher sind als die Stunden, die vom Mitarbeiter tatsächlich geleistet werden können, würde das bedeuten, dass man immer einen zu niedrigen Stundensatz verrechnet.

Für die Grenzeffektivitätsgrade der jeweiligen Kostenstellen ergeben sich folgende Werte:

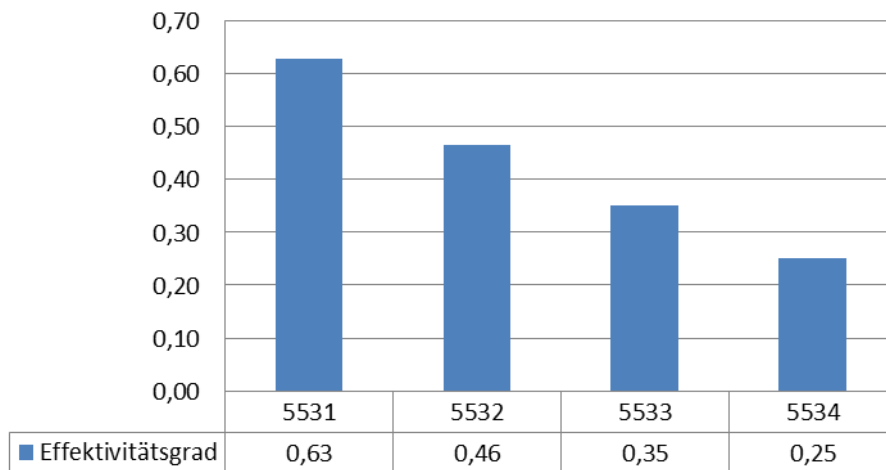


Abbildung 23: Grenzeffektivitätsgrade der einzelnen Kostenstellen

Wie in Abbildung 23 ersichtlich, sind die Grenzeffektivitätsgrade für 5534 und 5533 am niedrigsten. Das liegt an den hohen Abschreibungs- und Umlagekosten auf diesen Kostenstellen. 5531 hingegen umfasst hauptsächlich kleine, ältere Maschinen, welche schon fast vollständig abgeschrieben wurden. Auch die auf diese Kostenstelle entfallenden Umlagekosten sind im Vergleich zu den anderen gering.

Diese Ergebnisse sind allerdings etwas mit Vorsicht zu betrachten, da sie durch Umverteilung der Umlagen beeinflusst werden können. Die Umlagen werden nach einem Verteilungsschlüssel auf die einzelnen Kostenstellen aufgeteilt, allerdings wird dieser Schlüssel bei Bedarf auch angepasst um „marktübliche“ Stundensätze zu erzielen. Für die Berechnungen in diesem Kapitel wurde der derzeitige Verteilungsschlüssel nicht verändert. Grundsätzlich ist die aufgezeigte Tendenz vor allem aufgrund der Abschreibungskosten jedoch durchaus plausibel.

Um die Ergebnisse der Excel-Zielwertsuche zu verifizieren, wurde auch eine Formel zur analytischen Berechnung des Grenzeffektivitätsgrades hergeleitet:

$$EG_{\text{Grenz}} = \frac{\text{Kosten pro Zusatzmitarbeiter}}{\text{Planstunden pro Zusatzmitarbeiter}} * \frac{1}{\text{ursprünglicher Stundensatz} - \frac{\text{zusätzliche stundenproportionale Kosten}}{\text{Planstunden}}}$$

Beispielhaft mit einigen Werten für 5533:

$$EG_{\text{Grenz}} = \frac{56000}{12 * 125} * \frac{1}{\text{Stundensatz} - \frac{\text{Nebenkosten} * 0,7}{\text{Planstunden}}} = 0,35$$

→ somit würde sich ein zusätzlicher Mitarbeiter auf dieser Kostenstelle schon ab etwa 44 Planstunden pro Monat positiv auf den Stundensatz auswirken.

Da das Bedienen von mehreren unterschiedlichen Maschinen weitreichende Fach- und Anlagenkenntnisse erfordert, kommen nur wenige gute Mitarbeiter als Springer infrage. Neue Mitarbeiter weisen diese in der Regel noch nicht auf und eignen sich daher besser als Stammpersonal für eine bestimmte Maschine. Daher ist es wichtig, dem Personal für diese Tätigkeit eine entsprechende Springerzulage als Anreiz zu bieten, ansonsten wäre für die derzeitigen Mitarbeiter wenig Motivation vorhanden, als Springer zu arbeiten.



Aufgrund der in diesem Kapitel durchgeführten Überlegungen und Berechnungen kommt man zu folgenden Empfehlungen:

- **Bessere Auslastung** des bestehenden Maschinenparks durch **zusätzliches Personal**
- **Springersystem** zur Kompensierung von Abwesenheitszeiten des Stammpersonals
- Fokussierung auf **die Maschinen** der **teureren Kostenstellen**

### 4.3.2 Kompetenzmanagement

Da die Forderung nach neuen Mitarbeitern gerade in wirtschaftlich angespannten Zeiten bei Führungskräften in der Regel eher unpopulär ist, wäre auch die gezielte Weiterbildung von bereits bestehenden Mitarbeitern eine Möglichkeit um die derzeitige Situation zu verbessern. Dadurch soll erreicht werden, dass zumindest die wichtigsten bzw. teuersten Maschinen in der gesamten laut Betriebskalender vorgesehenen Zeit besetzt werden können. Vor allem die beiden modernsten Maschinen der Kostenstelle 5534 stehen diesbezüglich im Fokus. Hierbei handelt es sich um ein Bohrwerk der Firma Union Chemnitz und eine Karusselldrehmaschine von SIRMU-MT srl, welche in den Jahren 2018 bzw. 2015 in Betrieb genommen wurden.



Abbildung 24: Karusselldrehmaschine der Firma SIRMU-MT srl

Natürlich würde eine gesteigerte Auslastung dieser Anlagen bedeuten, dass andere, billigere Maschinen mangels Bediener in diesem Zeitraum nicht betrieben werden können. Das mag auf den ersten Blick kurios wirken, da speziell für diese billigen Maschinen die Auftragslage tendenziell am besten ist und daher Aufträge aus

Kapazitätsgründen auch momentan schon öfters fremdvergeben werden müssen. Wirtschaftlich gesehen ergibt es aber sehr wohl Sinn, da für die teuren Maschinen höhere Stundensätze verrechnet werden. Selbst wenn für die teuersten Maschinen der Kostenstelle 5534 keine Aufträge verfügbar wären, aber man zumindest Aufträge von 5533-Maschinen darauf abarbeiten könnte, wäre das in vielen Fällen immer noch sinnvoller, als stattdessen Aufträge auf den billigeren Maschinen zu bearbeiten, da man dann zumindest den 5533-Stundensatz verrechnen könnte. Wenn hingegen auf einer 5532- oder 5531- Maschine gearbeitet werden würde, könnten natürlich nur deren Stundensätze verrechnet werden, welche niedriger sind. Auf die Auftragslage wird in Kapitel 4.3.3 näher eingegangen.

Ideal wäre es, wenn man für die wichtigsten Anlagen abgesehen vom Stammpersonal zumindest zwei weitere potenzielle Bediener pro Anlage zur Verfügung hat. Damit sollte gewährleistet werden können, dass die jeweilige Maschine im vorgesehenen Zeitraum bei Abwesenheit des Stammpersonals praktisch so gut wie immer besetzt werden könnte. Um das zu erreichen, bietet sich die Einführung eines Kompetenzmanagementsystems an. Ein solches existiert bereits in manchen Bereichen der Steel Division und soll nun auch Anwendung in der mechanischen Bearbeitung finden. Ziel dieses Systems ist es, für jede Maschine die geforderten Kompetenzen des Bedieners zu definieren (SOLL-Profil) und die derzeitigen Kompetenzen jedes Mitarbeiters zu evaluieren (IST-Profil). Außerdem wird für jede Kompetenz festgelegt, wie diese zu erlangen ist und ob bzw. wann eine Auffrischung zu erfolgen hat (vor allem bei sicherheitsrelevanten Kompetenzen). Die Beurteilung der vorhandenen Kompetenzen der Mitarbeiter obliegt dem Werkstättenleiter. Für die Bewertung gibt es keine Ausprägungsstufen, sondern lediglich „nicht vorhanden/noch nicht eingeschätzt“ oder „vorhanden“. Durch dieses System lässt sich leicht beurteilen, welcher Mitarbeiter bei Bedarf am ehesten als Ersatzbesetzung für eine wichtige Anlage angelernt werden soll. Dafür muss zuerst nach den Maschinen gefiltert werden, bei welchen eine niedrigere Besetzung am ehesten verkräftbar ist und anschließend die Person, welche bereits die meisten erforderlichen Kompetenzen besitzt, zielgerichtet für die wichtigere Anlage zu schulen. Ein derartiges System ist auch vorteilhaft, wenn man ein Springersystem aufbauen möchte (wie in Kapitel 4.3.1 bereits erwähnt). Dadurch könnte einfach evaluiert werden, welche Weiterbildungen Mitarbeiter erfahren müssten, um mit geringem Ausbildungsaufwand eine möglichst hohe Maschinenanzahl abdecken zu können. Ein Springersystem wäre sowohl mit, als auch ohne zusätzliches Personal sinnvoll. Ohne Zusatzpersonal würden allerdings weniger wichtige Maschinen höhere Stillstandszeiten aufweisen, da die Springer auf diesen nur arbeiten würden, falls alle Bediener der wichtigen Anlagen anwesend sind oder gewisse Aufträge es erfordern. Zusätzlich müssten Mitarbeiter regelmäßig an den Maschinen, deren Bediener sie im Bedarfsfall ersetzen sollen, arbeiten, damit sie den Umgang mit diesen Maschinen nicht verlernen.

Die Maßnahmen noch einmal kurz im Überblick:

- **Evaluierung der bestehenden Kompetenzen** aller Mitarbeiter
- **Weiterbildungsmaßnahmen** so wählen, dass **Aufwand minimal** ist
- **Gezielte Ausbildung** der Mitarbeiter für die **wichtigsten Maschinen**
- **Springersystem** (analog zu Kapitel 4.3.1)



### 4.3.3 Abschätzung der Auftragslage

Bevor man eine Kapazitätssteigerung für gewisse Maschinen durchführt, ist es wichtig, abzuschätzen, ob die Anlagen, für die zusätzliche Mitarbeiter beschafft bzw. angelernt werden sollen, dann auch noch ausgelastet werden können. Deswegen soll auch dieses Thema im Kapitel der personellen Maßnahmen näher betrachtet werden. Zu diesem Zweck ist es sinnvoll, sich zuvor mit dem internen Ablauf von der Auftragsanfrage bis zur Fertigung vertraut zu machen.

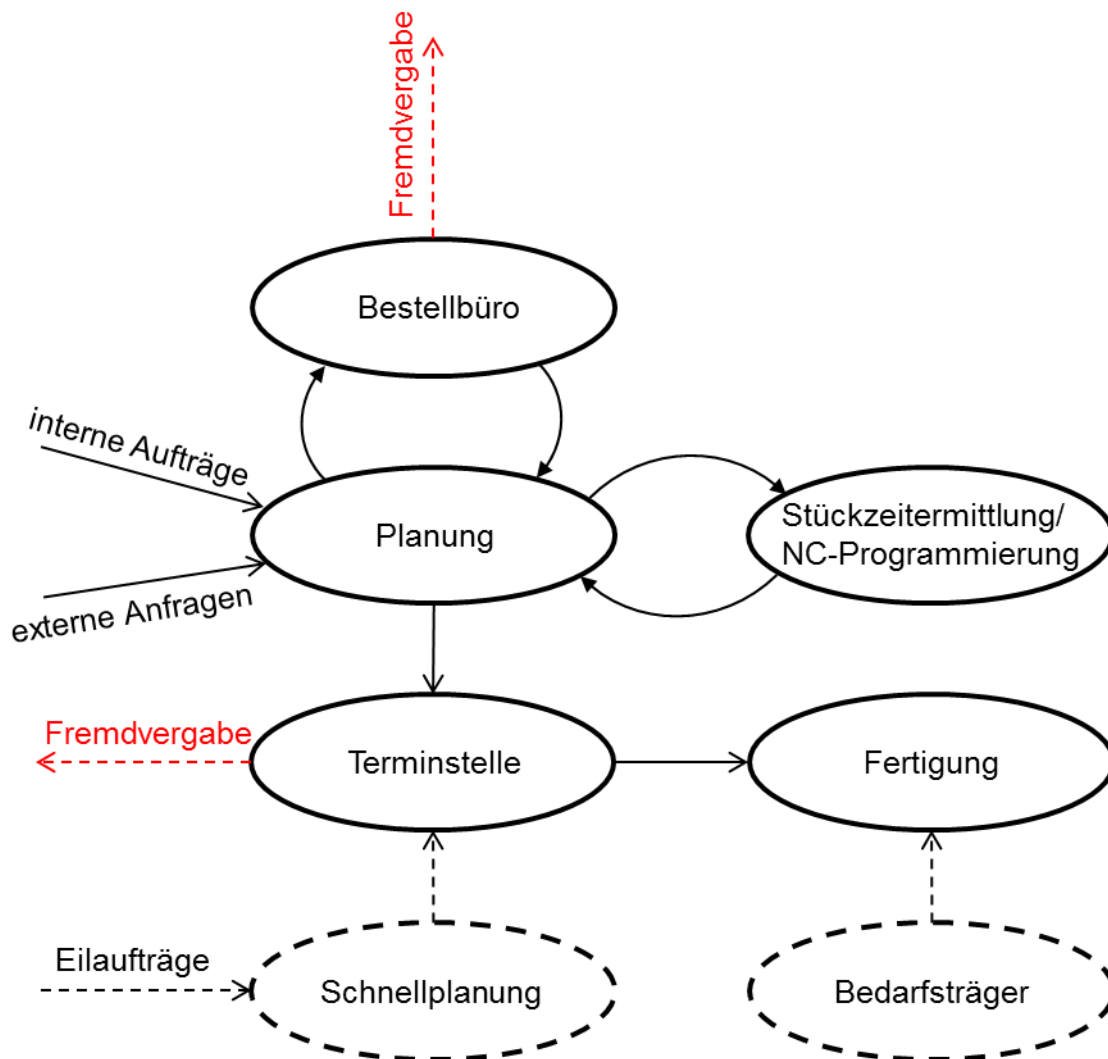


Abbildung 25: Auftragsablauf

Sowohl voestinterne Aufträge, als auch externe Anfragen schlagen zuerst in der Planung auf. Bei den externen Anfragen wird unter Einbindung der Terminstelle eruiert, ob Kapazitäten verfügbar sind und der gewünschte Liefertermin eingehalten kann. Dazu wird auch von der Stückzeitermittlung eine Vorgabezeit für die Durchführung sämtlicher Fertigungsschritte ermittelt, welche weiters noch als Basis für den Preis zur Angebotslegung dient.

Bei internen Aufträgen beurteilt der Planer zuerst, ob das Bestellbüro Angebote für eine Fremdvergabe einholen soll (Make or Buy-Entscheidung). Bei einer Eigenfertigung wird lediglich das Rohmaterial (eventuell schon vorbearbeitet) durch das Bestellbüro bestellt, außer das Rohmaterial ist standardmäßig auf Lager. Dieser

und sämtliche nachfolgenden Schritte erfolgen ebenso für angenommene externe Aufträge.

Anschließend erstellt der Planer einen Arbeitsplan zur Fertigung. Nach der Arbeitsplanerstellung kommt dieser in die Stückzeitermittlung, wo die Vorgabezeiten für den jeweiligen Arbeitsschritt errechnet und am Arbeitsplan vermerkt werden. Auch bei angenommenen externen Aufträgen, bei denen im Rahmen der Angebotslegung schon die Vorgabezeit ermittelt wurde, kommt der Arbeitsplan noch einmal zur Kontrolle in die Stückzeitermittlung. Außerdem empfiehlt der Stückzeitermittler manchmal einen Bearbeitungsschritt auf einer anderen Maschine durchzuführen, wenn er der Meinung ist, dass diese besser dafür geeignet ist. Danach wird der Arbeitsplan wieder an die Planung retourniert damit der zuständige Planer etwaige Änderungen sieht und die Vorgabezeiten im Zweifel noch beanstanden kann. Der Planer hat praktisch in allen Belangen die Entscheidungsgewalt, da er auch die Kostenverantwortung trägt.

Die nächste Station ist die Terminstelle, in der der Auftrag je nach Dringlichkeit in die Arbeitsvorratsliste für die jeweilige Maschine eingebucht wird. In der Terminstelle wird auch nochmals geprüft, ob einzelne Fertigungsschritte ausgelagert werden können (sowohl aus Kapazitäts- als auch aus Kostengründen).

Im Anschluss erfolgt die Fertigung. Nach Abschluss des Fertigungsprozesses ergeht eine Meldung an die Planung, welche die Produkte zur Abholung/Auslieferung freigibt.

Zusätzlich zu diesem Ablauf gibt es für Eilaufträge noch die Schnellplanung, welche dringende Aufträge ausplant und mit einer Schätzzeit versieht. Diese Aufträge werden anschließend von der Terminstelle priorisiert eingebucht. Für äußerst wichtige Fälle gibt es noch die Möglichkeit, dass der Bedarfsträger mit einer Zeichnung oder Skizze des gewünschten Bauteils direkt an den Vorarbeiter herantritt („Zettelarbeit“), welcher die Arbeit einer Maschine zuweist. In diesem Falle gibt es keine Vorgabezeit, es wird die zur Bearbeitung benötigte Zeit verrechnet.

Unter Zurateziehung der Terminstelle und des Bestellbüros wurde versucht, die Auftragslage zu eruieren. In der Terminstelle sind aufgrund der schon fertigen und bezeiteten Arbeitspläne sehr genaue Daten über das fremdvergebene Auftragsvolumen abrufbar. Die dort ausgelagerten Aufträge beliefen sich im Geschäftsjahr 2018/19 auf etwa drei Mannjahre, jedoch hauptsächlich für die niedrigeren Kostenstellen. Die im Bestellbüro fremdvergebenen Aufträge, bzw. die externen Aufträge zu quantifizieren, ist jedoch praktisch nicht möglich, da bei diesem Schritt noch keine Arbeitspläne und Vorgabezeiten vorhanden sind. Außerdem ist es unmöglich zu sagen, wie viele von den externen Aufträgen man tatsächlich bekommen hätte, falls man ein Angebot abgegeben hätte. Deswegen wurde die Auftragslage vom Leiter des Bestellbüros abgeschätzt. Laut seiner Einschätzung wären grundsätzlich genügend Aufträge akquirierbar um die meisten Maschinen auch bei erhöhter Besetzung auszulasten, jedoch sind **folgende Punkte** zu beachten:

- Für die Karusselldrehmaschine sind momentan wenige Anfragen vorhanden, diese vollständig auszulasten wird daher problematisch sein.

- Für Bohrwerksarbeiten fallen in vielen Fällen zuvor Stahlbauarbeiten an, um diese auch durchzuführen fehlen im TSM die Kapazitäten. Stahlbau- und Bohrwerksarbeiten getrennt an verschiedene Auftragsnehmer zu vergeben ist für die meisten Unternehmen jedoch zu umständlich und in Summe in der Regel teurer. Deswegen ist die Situation an den Bohrwerken (im Speziellen an den Großbohrwerken) ebenfalls prekär, allerdings bewältigbar, wenn man nachfolgende Punkte berücksichtigt.
- Um Aufträge akquirieren zu können, sind kurze Lieferzeiten und eine hohe Termintreue eine Grundvoraussetzung. Diesen Forderungen steht natürlich die Bereitschaft zu kurzfristigen, schnellen Störungsbehebungen entgegen. Daraus resultiert, dass vorab bei Auftragsanfragen die Lieferzeit nur unzureichend genau ermittelt werden kann und daher vorsichtshalber etwas mehr Zeit eingeplant wird. Das hat zur Folge, dass Aufträge an andere Unternehmen verloren gehen, da diese oftmals früher lieferbereit sind. Daher müsste notfalls in Ausnahmefällen die Bereitschaft zu Nacht- oder Wochenendarbeit gegeben sein, um Auftragsspitzen rechtzeitig abfedern zu können. Auf diese Weise könnten trotz gelegentlich auftretender Eilaufträge aufgrund von Störungen kurze Lieferzeiten erreicht werden. Derzeit gibt es im TSM (bzw. generell in der gesamten voestalpine) aber eher eine Tendenz in die andere Richtung; aus Kostengründen sollen Überstunden eingespart werden.
- Ein niedrigerer Maschinenstundensatz würde sich auch positiv auf die Wettbewerbsfähigkeit auswirken, allerdings sind kurze Lieferzeiten und Termintreue entscheidendere Faktoren. Gerade wenn es um Anlagenstillstände geht, ist der Preis in der Regel eher sekundär.

Ein zentrales Thema bei der Steigerung der OEE durch eine höhere Auslastung der Maschinen ist, wie in vorangehender Aufzählung bereits angeführt, die Lieferzeit, da diese in den meisten Fällen das wichtigste Kriterium für die Beschaffung von externen Aufträgen ist. Aber auch für interne Aufträge ist die Lieferzeit von Bedeutung. Zu diesem Zwecke ist während der Entstehung dieser Arbeit eine weitere Diplomarbeit in Bearbeitung. Durch diese soll erreicht werden, dass schon bei der Auftragsanfrage die erwartbare Lieferzeit grob vorhergesagt werden kann. Momentan wird die voraussichtlich benötigte Zeit unter Absprache zwischen allen beteiligten Abteilungen geschätzt, was ungenaue Ergebnisse liefert. Daher wird meist kein Risiko eingegangen und ein Auftrag nur angenommen, wenn kein allzu großer Termindruck besteht.

Wenn ein Auftrag planmäßig so schnell abgearbeitet werden soll, dass Wochenendarbeit erforderlich ist, werden die Zuschläge dem Auftraggeber in Rechnung gestellt. Außerdem gibt es für wichtige Aufträge, welche kurzfristig eingeschoben werden, einen Dringendzuschlag. Wenn ein Auftrag außerplanmäßig Mehrarbeit erfordert, kann das jedoch natürlich dem Kunden nicht verrechnet werden. Deswegen wäre es gut, zu wissen, ob die zusätzlichen Kosten aufgrund der Zuschläge noch gedeckt werden könnten, wenn dem Auftraggeber nur der normale Maschinenstundensatz verrechnet wird. Dazu wurden die tatsächlichen Kosten pro

Überstunde mit dem Stundensatz verglichen, welcher dem Auftraggeber in Rechnung gestellt wird. Die Berechnung wurde ohne Gewinnzuschlag durchgeführt. Auch die AV-Rate wurde nicht berücksichtigt, da diese sowieso unabhängig davon, ob es eine Überstunde oder Normalarbeitszeit ist, in gleicher Höhe anfällt und dem Kunden weiterverrechnet wird. Gehälter wurden dieselben wie in Kapitel 4.3.1 angenommen und die Basis für die Personalkosten pro Überstunde ist wie im Kollektivvertrag festgelegt 1/143 des Monatsbezuges. (GPA-djp, 2018)

Die Nebenkosten pro Stunde wurden ebenfalls wie in Kapitel 4.3.1 berechnet. Es wurde angenommen, dass 90% der geleisteten Stunden produktiv sind, also dem Kunden verrechnet werden können. Die restlichen 10% gehen durch unproduktive Tätigkeiten wie z. B. Störungen oder Wartezeiten verloren. Die Überstundenwirtschaftlichkeit (ÜS-Wirtschaftlichkeit) wurde für die vier Kostenstellen der mechanischen Bearbeitung jeweils mit Zuschlägen von 50%, 100% und 150% anhand einer im Zuge dieser Arbeit erstellten Formel berechnet:

$$\text{ÜS-Wirtschaftlichkeit} = \frac{\text{Maschinenstundensatz}}{\text{Personalkosten pro Überstunde} + \text{Nebenkosten pro Stunde}}$$

## ÜS-Wirtschaftlichkeit (ZS: 50%)

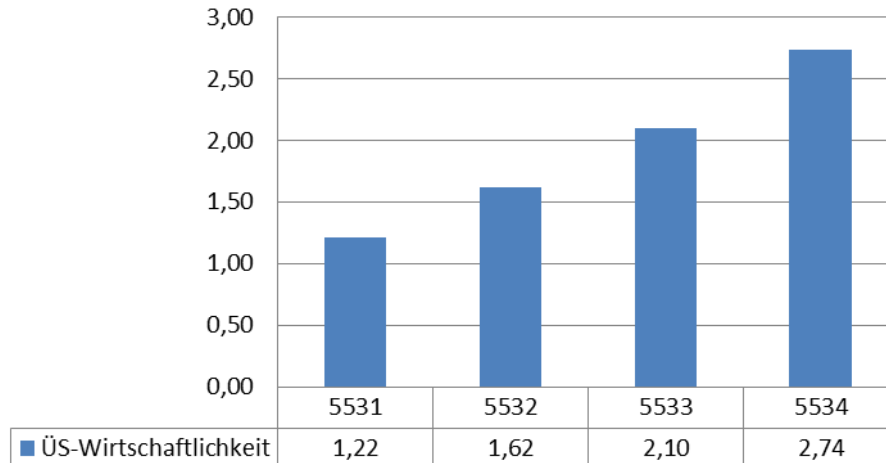


Abbildung 26: ÜS-Wirtschaftlichkeit (50% Zuschlag)

## ÜS-Wirtschaftlichkeit (ZS: 100%)

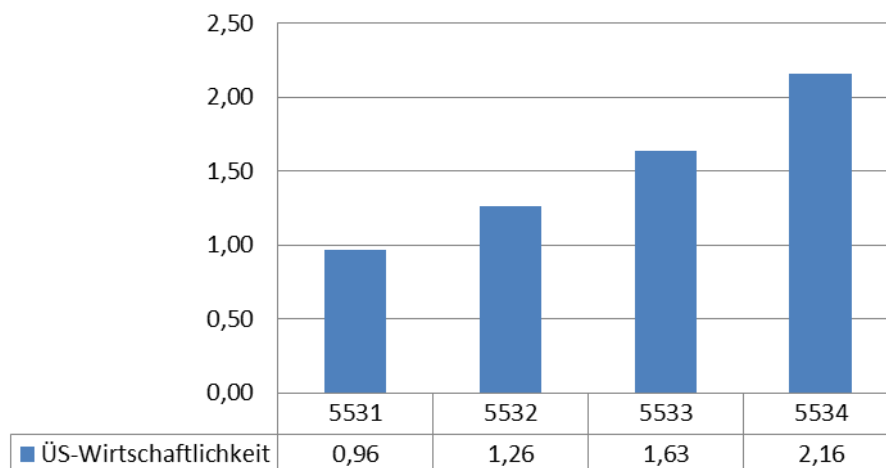


Abbildung 27: ÜS-Wirtschaftlichkeit (100% Zuschlag)

## ÜS-Wirtschaftlichkeit (ZS: 150%)

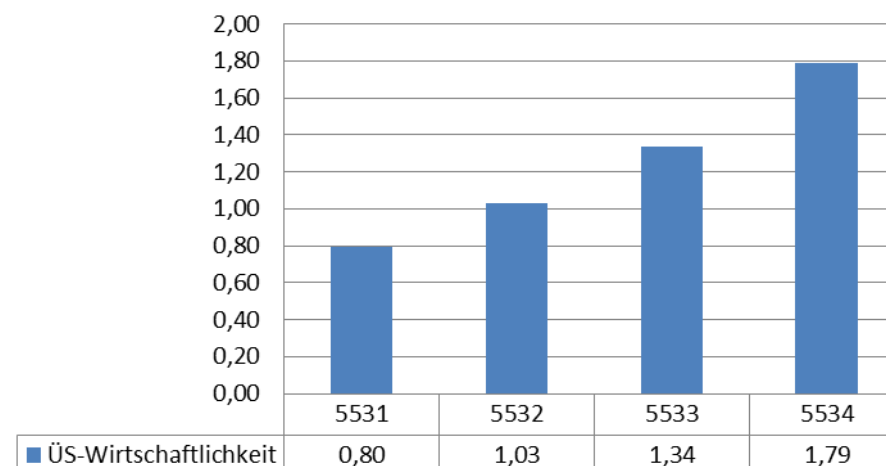


Abbildung 28: ÜS-Wirtschaftlichkeit (150% Zuschlag)

Durch obige Berechnung soll verdeutlicht werden, dass es unter den angenommenen Voraussetzungen durchaus wirtschaftlich sein kann, Überstunden bzw. Wochenendarbeit zur Bewältigung von Auftragsspitzen anzuordnen. Speziell bei den höheren Kostenstellen (5533 und 5534) ist der errechnete ÜS-Wirtschaftlichkeitsfaktor verglichen mit den anderen Kostenstellen relativ hoch. Dies liegt vor allem am vergleichsweise niedrigen Anteil der Personalkosten für die Arbeiter an den gesamten Kosten. Auf den niedrigeren Kostenstellen (5531 und 5532) ist der ÜS-Wirtschaftlichkeitsfaktor speziell bei hohen Zuschlägen niedriger bzw. geringer als eins. Die Maschinen auf diesen Kostenstellen haben allerdings sowieso keine Probleme hinsichtlich der Auslastung, da für diese genügend Aufträge vorhanden wären. Daher müssen auf diesen auch keine Maßnahmen getroffen werden, um mehr Aufträge zu akquirieren. Wie in Kapitel 4.3.2 bereits erwähnt, sollen hauptsächlich die teuersten Maschinen (Kostenstelle 5534) bezüglich der Auslastung priorisiert werden, um deren OEE zu steigern. Für diese wären Überstunden oder Wochenendarbeiten im Vergleich mit den anderen Kostenstellen, wie in den vorangehenden Abbildungen ersichtlich, auch am wirtschaftlichsten.



# 5 Umgesetzte Verbesserungen

Da der Zeitraum, in dem diese Arbeit erstellt wurde, nur etwa ein halbes Jahr betrug, waren zum Zeitpunkt des Abschlusses noch keine großen Änderungen umgesetzt. Die sich in Umsetzung befindlichen Verbesserungsvorschläge befassen sich hauptsächlich mit der Datenerfassungs- und auswertungsmethodik.

## 5.1 Änderungen am BDE-System

Die meisten sich in Umsetzung befindlichen Änderungen beziehen sich auf die Verbesserung des BDE-Systems, welche in Kapitel 4.1.1 thematisiert wurde. Folgende Themen wurden in Auftrag gegeben:

- Bildschirme mit Touchscreens
- Farbliche Unterscheidung der einzelnen Befehlsgruppen; Hervorhebung des aktiven Betriebszustandes
- Häufigste Befehle in erste Ebene
- Individuelle Anpassungsmöglichkeiten der Benutzeroberfläche
- Kommentarfeld

Durch die farbliche Unterscheidung der verschiedenen Befehlsgruppen sowie der Hervorhebung des aktiven Buttons ist der Betriebszustand, auch wenn man sich nicht in Lesedistanz zum Bildschirm befindet, auf den ersten Blick ersichtlich. Dadurch können Mitarbeiter einfach erkennen, wenn irrtümlich ein falscher Betriebszustand erfasst wird. Auch die Übersichtlichkeit der Benutzeroberfläche ist aufgrund der farblichen Unterscheidung trotz der zusätzlichen Buttons in der ersten Ebene besser als vor den Änderungen. Die Mitarbeiter werden nun auch die Möglichkeit haben, die wichtigsten Befehle individuell auf jeder Maschine in der ersten Ebene zu positionieren.

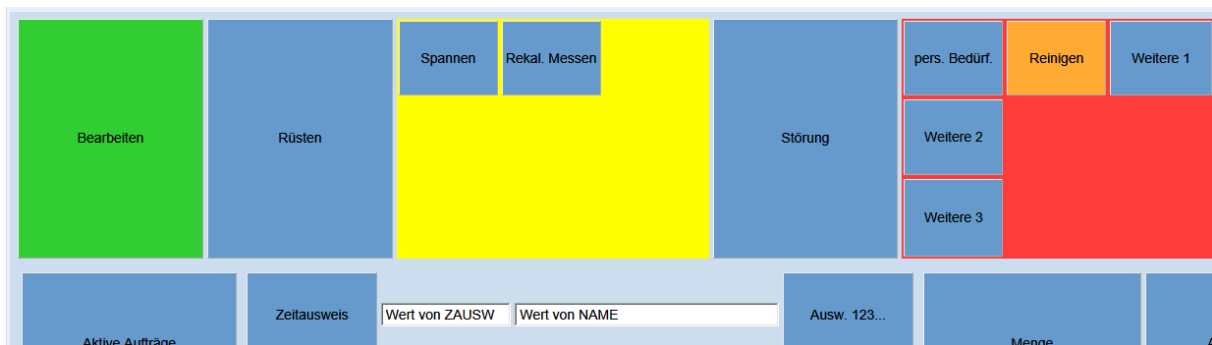


Abbildung 29: Neues Interface (Reinigen aktiv)

Abbildung 29 zeigt das neue Interface. Auf der gelb bzw. rot hinterlegten Fläche können jeweils 9 Rüst- und Störgründe (im 3x3-Format), welche sich bisher in einem Untermenü befanden, individuell angeordnet werden. Es besteht auch die Möglichkeit, nur jeweils 4 Gründe im 2x2 Format anzuordnen, falls jemand größere Symbole bevorzugt. Hierfür gibt es ebenfalls für jeden Arbeitsplatz die Möglichkeit, diese Einstellung individuell vorzunehmen.

Mit der bei Abschluss dieser Arbeit erfolgenden Ausweitung des BDE-Systems auf fünf weitere Maschinen (siehe Kapitel 3.1) werden auch Touchscreen-Bildschirme für alle Anlagen angeschafft. Für die Großbohrwerke sind allerdings 2in1-Notebooks

vorgesehen, da die Geräte für diese Maschinen mobil sein sollen. Der Grund hierfür ist, dass die Computer nicht nur zur Betriebsdatenerfassung, sondern in weiterer Folge auch zur Eingabe von Wissensdatenblättern dienen sollen. Da der Bediener aber im Regelfall die meiste Zeit nicht an der Werkbank verbringt, ist ein mobiles Gerät sinnvoll. Diese 2in1-Notebooks haben allerdings erheblich kleinere Displays, weswegen die 2x2-Anordnung der Symbole hier ebenfalls sinnvoll ist.

## ***5.2 Änderungen an der Auswertungsmethodik***

Da man den Leistungsfaktor nicht wie in Kapitel 3.1 beschrieben dauerhaft konstant annehmen will, aber die derzeitige Berechnungsmethodik unzureichend für die Anwendung in diesem Betrieb ist, wurde auch der Vorschlag bezüglich der Definition des Leistungsfaktors (siehe Kapitel 4.1.2) bereits aufgegriffen und dem Hersteller des BDE-Systems und OEE-Analysetools übermittelt. Ergebnisse waren bei Abschluss dieser Arbeit aber noch nicht absehbar.

Das ebenfalls in Kapitel 3.1 beschriebene Problem, dass über das BDE-System rückgemeldete Aufträge unter gewissen Umständen falschen Auswertungsperioden zugerechnet werden, soll mittels täglichen Teilrückmeldungen verhindert werden. Das ist nicht nur wegen der Richtigkeit der OEE wünschenswert, sondern auch, da so der (geschätzte) Auftragsfortschritt jeden Tag ersichtlich ist. So ist auch eine tägliche OEE möglich, wie es vom Management gewünscht wird.

Der Qualitätsfaktor soll derweil auch weiter pauschal mit 95% angenommen werden, dies soll auch im Auswertungsprogramm einstellbar sein, damit die Auswertung automatisch erfolgen kann.

# 6 Ausblick

In diesem Kapitel soll abschließend kurz beschrieben werden, welche Maßnahmen in naher Zukunft umgesetzt werden sollen. Jedoch sind hier noch keine vollständigen Konzepte ausgearbeitet und auch der Umsetzungszeitraum wurde noch nicht konkret festgelegt.

## 6.1 Springersystem

Da speziell die teuersten Maschinen in der gesamten laut Betriebskalender vorgesehenen Zeit besetzt sein sollen, wird auch die Schaffung eines Springersystems (wie in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 beschrieben) in Zukunft ein wichtiges Thema sein. Aufgrund der wirtschaftlichen Situation der voestalpine bei Abschluss dieser Arbeit ist die Beschaffung von zusätzlichem Personal allerdings kein Thema. Daher soll in Zukunft das bestehende Personal derart geschult werden, dass Ausfälle vor allem an den wichtigen Maschinen kompensiert werden können. Um den Weiterbildungsaufwand minimal zu halten, soll ein Kompetenzmanagementsystem (wie bereits in Kapitel 4.3.2 beschrieben) zum Einsatz kommen. Aus diesem Grund wurde vom Werkstättenmeister bereits mit der Formulierung aller relevanten Kompetenzen für sämtliche Aufgabengebiete der mechanischen Bearbeitung begonnen. In weiterer Folge sollen die bestehenden Kompetenzen der Mitarbeiter evaluiert werden, um diese bei Bedarf zielgerichtet für eine bestimmte Tätigkeit anlernen zu können. Langfristiges Ziel ist, dass für jede Maschine zwei weitere Mitarbeiter zur Verfügung stehen, welche im Bedarfsfall Ausfälle des Stammpersonals kompensieren können. Da viele der vorhandenen Maschinen schwierig zu bedienen sind, ist zu erwarten, dass der Prozess bis zur vollständigen Etablierung eines derartigen Systems einiges an Zeit in Anspruch nehmen wird.

## 6.2 Werkzeugvorbereitung

Auch hinsichtlich der Werkzeugvorbereitung sind in näherer Zukunft Maßnahmen geplant, um derartige Tätigkeiten extern von Werkzeugeinstellern durchführen lassen zu können. Da ein Werkzeugverwaltungssystem eine Grundvoraussetzung dafür ist, war bei Abschluss dieser Arbeit die Erstellung eines Pflichtenheftes für ein Werkzeugmanagementsystem im Gange. Langfristig soll es so sein, dass jeder Maschinenbediener die für den jeweiligen Auftrag benötigten Werkzeuge automatisch zeitgerecht bereitgestellt bekommt. Unter Umständen sollen auch autonom fahrenden Transportfahrzeuge zur Auslieferung der Werkzeuge angeschafft werden. Allerdings wird es auch hier noch einige Zeit dauern, bis diese Maßnahmen umgesetzt sind. Die Gründe hierfür sind einerseits die schon im vorigen Kapitel erwähnte angespannte wirtschaftliche Situation, welche zur Hinauszögerung von Investitionen führt, andererseits auch der Aufwand, welcher notwendig ist, um alle Werkzeuge zu erfassen sowie den Aufträgen zuzuordnen. Auch wird die Implementierung des Werkzeugmanagementsystems in prozess- und softwaretechnischer Hinsicht einiges an Zeit erfordern.

## **6.3 Vertretung der Vorarbeiter**

Da der Stillstand wichtiger Maschinen bei Abwesenheit der Vorarbeiter mit hohen Kosten verbunden ist, ist auch das Management der Meinung, dass hier Maßnahmen in die Wege geleitet werden müssen, um diese Verluste zu minimieren. Bei Abschluss dieser Arbeit war noch keine konkrete Vorgehensweise diesbezüglich bekannt, ein wesentlicher Lösungsaspekt soll allerdings die Schaffung von finanziellen Anreizen zur Bedienung der wichtigsten Maschinen sein. Dadurch soll erreicht werden, dass Vorarbeiterstellvertreter auch bei Abwesenheit des Vorarbeiters an der Maschine bleiben und nur im Notfall Vorarbeitertätigkeiten übernehmen. Weiters sollen auch Bediener von weniger wichtigen Maschinen auf diese Weise motiviert werden, nötige Ausbildungsmaßnahmen, welche zur Bedienung der wichtigsten Maschinen notwendig sind, zu absolvieren und im Bedarfsfall ihren Dienst an diesen zu verrichten.

# 7 Literaturverzeichnis

**Datafox GmbH. o. D..** mdefox. [Online] o. D. <https://www.mdefox.de/was-ist-mde.html>.

**Focke, Markus und Steinböck, Jörg. 2018.** *Steigerung der Anlagenproduktivität durch OEE-Management.* 2018.

**GPA-djp. 2018.** Kollektivvertrag für Angestellte der Industrie in der für die Angestellten der Bergwerke und Eisen erzeugenden Industrie geltenden Fassung. [Online] 2018. [https://www.gpa-djp.at/cms/A03/A03\\_2.3.201.2/kollektivvertrag/alle-branchen/metall/bergbau-stahl/bergbau-stahl?d=Touch](https://www.gpa-djp.at/cms/A03/A03_2.3.201.2/kollektivvertrag/alle-branchen/metall/bergbau-stahl/bergbau-stahl?d=Touch).

**IndustryArena GmbH. o. D..** IndustryArena. [Online] o. D. [https://www.industryarena.com/cnc-praxis/praxis\\_infothek\\_4-1.html](https://www.industryarena.com/cnc-praxis/praxis_infothek_4-1.html).

**Kiener, Stefan, et al. 2017.** *Produktionsmanagement: Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung.* 2017.

**Lödning, Hermann. 2016.** *Verfahren der Fertigungssteuerung: Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration.* 2016.

**Luger, Adolf E., Geisbüsch, Hans-Georg und Neumann, Jürgen. 1999.** *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Funktionsbereiche des betrieblichen Ablaufs.* 1999.

**Nakajima, Seiichi. 1995.** *Management der Produktionseinrichtungen.* 1995.

**Pichler, Thorsten. 2005.** *Overall Equipment Effectiveness eines Walzbetriebes.* 2005.

**REFA. 1978.** *Methodenlehre des Arbeitsstudiums: Teil 2 Datenermittlung.* 1978.

—. 2011. *REFA-Lexikon.* 2011.

**Roschmann, Karlheinz. 1979.** *Betriebsdatenerfassung in Industrieunternehmen.* 1979.

**Schnurr, Roland. 2017.** sixsigmablackbelt. [Online] 2017. <https://www.sixsigmablackbelt.de/oee-gesamtanlageneffektivitaet/>.

**Sihn, Wilfried, et al. 2016.** *Produktion und Qualität: Organisation, Management, Prozesse.* 2016.

**Stöger, Franz. 2018.** Bereichsvorstellung TSM. 2018.

**Teeuwen, Bert und Grombach, Alexander. 2012.** *SMED - Die Erfolgsmethode für schnelles Rüsten und Umstellen.* 2012.

**Wiendahl, Hans-Peter. 2014.** *Betriebsorganisation für Ingenieure.* 2014.

# 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lage TSM .....	9
Abbildung 2: Struktur TSM.....	10
Abbildung 3: Fräsmaschine in der mechanischen Bearbeitung .....	10
Abbildung 4: OEE-Zeitgerüst (Nakajima, 1995); Darstellung nach (Pichler, 2005) ...	12
Abbildung 5: SMED-Phasen (eigene Darstellung) .....	18
Abbildung 6: Beispiel für grafische ABC-Analyse .....	20
Abbildung 7: Layout der mechanischen Bearbeitung (eigene Darstellung) .....	23
Abbildung 8: Strichliste zur Zeiterfassung.....	24
Abbildung 9: Benutzeroberfläche des BDE-Systems.....	25
Abbildung 10: BDE-System im Einsatz an einer Maschine.....	26
Abbildung 11: Datenauswertung an einer Drehmaschine .....	27
Abbildung 12: OEE-Monatsauswertung für eine Maschine.....	28
Abbildung 13: Vorschlag für Benutzeroberfläche (Rüsten aktiv) .....	33
Abbildung 14: Zeichnungs- und Programmnummer im Arbeitsplan.....	40
Abbildung 15: Wissensdatenblatt .....	45
Abbildung 16: Programmblatt .....	48
Abbildung 17: Beispiel für optimale Behaltdauer einer Maschine .....	57
Abbildung 18: optimale Behaltdauer Großbohrwerk .....	58
Abbildung 19: optimale Behaltdauer Mitteldrehmaschine .....	58
Abbildung 20: Verfügbarkeitsverluste .....	63
Abbildung 21: aktuelle OEE und Verluste .....	63
Abbildung 22: OEE ohne Verluste aufgrund keines Bedieners.....	63
Abbildung 23: Grenzeffektivitätsgrade der einzelnen Kostenstellen .....	66
Abbildung 24: Karusselldrehmaschine der Firma SIRMU-MT srl.....	67
Abbildung 25: Auftragsablauf .....	69
Abbildung 26: ÜS-Wirtschaftlichkeit (50% Zuschlag).....	73
Abbildung 27: ÜS-Wirtschaftlichkeit (100% Zuschlag).....	73
Abbildung 28: ÜS-Wirtschaftlichkeit (150% Zuschlag).....	73
Abbildung 29: Neues Interface (Reinigen aktiv).....	75