



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

## **Bachelorarbeit**

Marten Salow

# **Entwicklung und Implementierung von Total Productive Maintenance im Lernort Digitale Umformtechnik**

*Fakultät Technik und Informatik  
Department Maschinenbau und Produktion*

*Faculty of Engineering and Computer Science  
Department of Mechanical Engineering and  
Production Management*

**Marten Salow**

**Entwicklung und Implementierung von  
Total Productive Maintenance im Lernort  
Digitale Umformtechnik**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Produktionsmanagement  
am Department Maschinenbau und Produktion  
der Fakultät Technik und Informatik  
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Enno Stöver  
Zweitprüfer: Dipl.-Ing. Benjamin Remmers

Abgabedatum: 06.05.2019

# **Zusammenfassung**

**Marten Salow**

## **Thema der Bachelorthesis**

Entwicklung und Implementierung von Total Productive Maintenance im Lernort  
Digitale Umformtechnik

## **Stichworte**

Lean-Management, Lean, TPM, Total Productive Maintenance, Digitalisierung,  
Umformtechnik, KMU

## **Kurzzusammenfassung**

Diese Bachelorarbeit umfasst die Entwicklung und Implementierung von Total Productive Maintenance (TPM) im Lernort Digitale Umformtechnik. Der Entwicklung geht eine Einführung in die Themen Lean Management und Total Productive Maintenance voraus. Verschiedene Methoden des TPM werden verwendet, um ein für den Lernort individuelles Konzept zu erstellen und dieses an einer ersten Maschine zu implementieren. Die Ergebnisse der durchgeführten Recherche, sowie die zur Entwicklung und Implementierung verwendeten Methoden und Konzepte werden detailliert erläutert.

**Marten Salow**

## **Title of the paper**

Development and implementation of Total Productive Maintenance in the learning site  
of digital forming technology

## **Keywords**

Lean-Management, Lean, TPM, Total Productive Maintenance, digitization, forming  
technology, KMU

## **Abstract**

This paper contains the development and implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in the learning site of digital forming technology. Before developing the concept, an introduction into the subjects Lean Management and Total Productive Maintenance is given. In order to obtain an individual concept for the learning site and implementation on one machine, different methods of TPM are used. The results of the carried-out research and the used methods for development and implementation are described in detail within this paper.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Einführung</b> .....	<b>3</b>
3.1	Lean Management .....	3
3.2	Total Productive Maintenance .....	4
<b>4</b>	<b>Übertragung von TPM auf den Lernort Digitale Umformtechnik</b> .....	<b>8</b>
4.1	Einführung von TPM in KMU .....	8
4.2	Darstellung des TPM Konzepts .....	9
<b>5</b>	<b>Analyse der im Lernort vorhandenen Maschinen</b> .....	<b>10</b>
5.1	Kurzbeschreibung & Technische Daten .....	10
5.1.1	Reibspindelpresse EUMUCO RSPP 160/250.....	10
5.1.2	Hydraulikpresse HYMAG HDP 7.1-100 .....	13
5.1.3	Funkenerosionsmaschine GF Agie Charmilles FORM 20.....	15
5.1.4	Vakuumgießanlage MCP-Vacuum-Casting-System .....	17
5.1.5	Schlagschere Hommel .....	18
5.2	IST-Zustand bzgl. Wartung & Instandhaltung .....	19
5.3	SOLL-Zustand.....	21
<b>6</b>	<b>Implementierung des TPM Bausteins auf eine Pilot-Werkzeugmaschine</b> .....	<b>23</b>
6.1	Auswahl der Werkzeugmaschine .....	23
6.2	Risikoanalyse der Werkzeugmaschine.....	24
6.3	Einführung von TPM .....	25
6.3.1	5S Programm an der Reibspindelpresse .....	31
6.3.2	Reinigung der Reibspindelpresse und Überprüfung des Wartungs- und Inspektionsplans .....	33
6.4	TPM Board im Lernort.....	34
6.5	Digitalisierung des TPM Konzepts.....	35
<b>7</b>	<b>Vorschlag einer TPM Laborübung für das Vertiefungsstudium Produktionstechnik</b> .....	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>41</b>
<b>Anhang</b>	.....	<b>42</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Der Begriff "Total" bei TPM - Quelle: (Brunner, 2017 S. 80) .....	5
Abbildung 2 - Reibspindelpresse EUMUCO RSPP .....	10
Abbildung 4 - Reibspindelpresse - Ölrückstände.....	12
Abbildung 3 - Reibspindelpresse - Ölrückstände.....	12
Abbildung 5 - Reibspindelpresse - Ölrückstände.....	12
Abbildung 6 - Reibspindelpresse - Ölrückstände.....	12
Abbildung 7 - Hydraulikpresse HYMAG .....	13
Abbildung 9 - Zustand Hydraulikpresse .....	14
Abbildung 8 - Zustand Hydraulikpresse .....	14
Abbildung 10 - Funkenerosionsmaschine FORM 20 .....	15
Abbildung 11 - Zustand Funkenerosionsanlage .....	16
Abbildung 12 - Zustand Funkenerosionsanlage .....	16
Abbildung 13 - Vakuumgießanlage .....	17
Abbildung 14 - Schlagschere HOMMEL.....	18
Abbildung 15 - Unterteilung Instandhaltung – Quelle (DIN 31051:2018-09 S. 4 ff.): .....	21
Abbildung 16 - Ermittlung Gesamtanlageneffizienz .....	28
Abbildung 17 - 5S Programm - Sortieren .....	31
Abbildung 18 - 5S Programm - Sortieren .....	31
Abbildung 19 - 5S Programm - Signieren.....	32
Abbildung 20 - 5S Programm - Signieren.....	32
Abbildung 21 - TPM Listen am Schaltschrank der RSPP .....	33
Abbildung 22 - Entwurf TPM Board.....	34

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Reibspindelpresse EUMUCO RSPP 160/250 - Technische Daten - Quelle: Maschinenhandbuch .....	11
Tabelle 2 - Hydraulikpresse HYMAG HDP 7.1-100 - Technische Daten - Quelle: Maschinenhandbuch .....	13
Tabelle 3 - Funkenerosionsmaschine GF Agie Charmilles FORM 20 - Technische Daten - Quelle: Maschinenhandbuch .....	15
Tabelle 4 - Vakuumgießanlage - Technische Daten - Quelle: Typenschild.....	17
Tabelle 5 - Schlagschere HOMMEL - Technische Daten - Quelle: Typenschild .....	18
Tabelle 6 - Auflistung der Maschinen im Lernort Digitale Umformtechnik.....	20
Tabelle 7 - Übersicht TPM Dokumente .....	36

# 1 Einleitung

Die ersten Grundbegriffe des Lean Managements wurden bereits Mitte des 20. Jahrhunderts bei Toyota entwickelt. Dennoch hat das Lean Management bis heute keinesfalls an Bedeutung verloren. Im Gegenteil, die heutige Bedeutung für Unternehmen aus vielen Bereichen ist sogar gestiegen und es wird aktiv in verschiedenste Unternehmensprozesse eingebunden. Der Lean-Baustein Total Productive Maintenance (TPM) ist ein wichtiger Bestandteil der produktionsnahen Wertschöpfungskette und liefert einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Gesamtproduktivität.

Viele große Unternehmen haben TPM bereits erfolgreich implementiert und entwickeln diese Konzepte für ihre Unternehmen kontinuierlich weiter. Allerdings scheuen viele kleine und mittlere Unternehmen immer noch die Einführung, da die Themenbereiche Lean Management und TPM sehr umfangreich sind. Es fehlt meist an Kapazitäten und dem Willen sie umzusetzen.

Bereits seit einigen Jahren wird durch verschiedene Projekte im Lernort Digitale Umformtechnik an der HAW erfolgreich versucht, die digitale Transformation und speziell die Industrie 4.0 erlebbar zu machen und den Studierenden nahe zu bringen. Da auch das Lean Management zur Industrie 4.0 gehört, ist es naheliegend, dies ebenfalls im Lernort zu implementieren. Absicht einer Einführung von TPM ist zum einen mit einer präventiven Instandhaltung die Maschineneffizienz zu erhöhen und zum anderen das Thema den Studierenden näher zu bringen.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist ein grundlegendes TPM Konzept für die Umsetzung und Implementierung im Lernort zu erarbeiten und damit die genannten Ziele zu erreichen. Außerdem soll diese Arbeit als Vorlage für die Weiterentwicklung des Lean Managements im Lernort genutzt werden.

Die Bachelorarbeit gliedert sich in folgende Bereiche. Zuerst wird dem Leser ein kurzer Einblick in die Thematik des Lean Management und speziell des TPM gegeben. Danach erfolgt ein kurzer Überblick, wie TPM in kleinen und mittleren Unternehmen umgesetzt wird, sowie die zusammengefasste Darstellung des erdachten TPM Konzepts für den Lernort. Anschließend wird der IST-Zustand im Lernort erfasst und ein SOLL-Zustand definiert, bevor es dann um die konkrete Einführung des TPM Konzepts geht. Zum Schluss wird die Überlegung angestellt, wie TPM auch den Studierenden im Rahmen der Lehre nähergebracht werden kann.

## 2 Aufgabenstellung

Industrie 4.0 als Teil der digitalen Transformation ist einer der Oberbegriffe der digitalen Vernetzung von Maschinen und Produktionssystemen untereinander. Es gilt die Aspekte der digitalen Transformation erlebbar zu machen, aber auch die Ingenieurausbildung zu digitalisieren, die neuen technischen Möglichkeiten von Weiterentwicklungen von Lehr-Lern-Konzepten und Curricula zu nutzen. Der „Lernort Digitale Umformtechnik“ stellt in der Vision eine reale und virtuelle Plattform für die Lehrenden und die Studierenden der HAW Hamburg, sowie Unternehmen der Metropolregion Hamburg zum Themenbereich Industrie 4.0 und Digitalisierung dar. Das bedeutet auch, dass praxisrelevante Themenstellungen im Lernort umgesetzt und ggf. im Rahmen von Laborversuchen den Studierenden nahegebracht werden. Ein Baustein ist die Instandhaltung der Maschinen unter dem Aspekt Total Productive Maintenance.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, ein TPM-Konzept für den Lernort Digitale Umformtechnik zu entwickeln und eine erste Implementierung vorzunehmen. Dabei ist zu überlegen, wie dieses auch im Rahmen der Laborversuche des Vertiefungsstudiums den Studierenden nahegebracht werden kann.

### **Schwerpunkte:**

- Darstellung des Konzepts Total Productive Maintenance
- Analyse der im Lernort Digitale Umformtechnik vorhandenen Maschinen (Erodiermaschine, Reibradspindelpresse, Hydraulikpresse, Schlagschere, Vakuumgießanlage)
- Definition von Wartungsplänen und Instandhaltungsmaßnahmen
- Übertragung des TPM-Bausteins aus dem Lean-Konzept auf den Lernort Digitale Umformtechnik und Implementierung an einer Pilot-Werkzeugmaschine
- Vorschlag für eine Laborübung TPM für das Vertiefungsstudium Produktionstechnik



## **3 Einführung**

In diesem Kapitel erfolgt eine Einführung in das für diese Bachelorarbeit benötigte Wissensgebiet. Zunächst wird eine kurze Einführung in den Bereich des Lean Managements gegeben. Als zweiter Teil folgt eine Darstellung des Total Productive Maintenance, welches einen Baustein des Lean Managements darstellt. Diese Einführung soll dem Leser helfen, zum einen ein grundsätzliches Verständnis für dieses Wissensgebiet zu erlangen und zum anderen die Entwicklung und die Implementierung in den Lernort Digitale Umformtechnik besser zu verstehen.

### **3.1 Lean Management**

Unter Lean Management (auch Schlankes Management genannt) versteht man im Grunde die Gesamtheit von Methoden und Denkprinzipien, um eine effiziente Gestaltung der gesamten produzierenden Wertschöpfungskette zu erreichen.

Der japanische Automobilhersteller Toyota begann Mitte des 20. Jahrhunderts, die Methoden des Lean Managements zu entwickeln. Dem Unternehmen ist es auf diese Weise gelungen die eigenen Produktionsabläufe stabiler und besser zu gestalten und dadurch ein höheres Qualitätsniveau zu erreichen. Geprägt wurde der Begriff „Lean“ zuerst von James P. Womack und Daniel T. Jones mit ihrem Buch „The Machine That Changed The World“, in welchem die Methoden am Beispiel von Toyota und anderen Unternehmen beschrieben wurden.

Grundsätzliches Ziel des Lean Management ist es Verschwendung (japanisch „muda“) zu vermeiden. Hierzu werden alle Aktivitäten, welche für die Wertschöpfung notwendig sind, optimal aufeinander abgestimmt und überflüssige Aktivitäten vermieden. Um dies zu erreichen, muss das bestehende System aus zwei verschiedenen Sichtweisen betrachtet und optimiert werden. Die erste Sichtweise ist die des Kunden, der vorrangig an Verfügbarkeit, Qualität und Preis interessiert ist. Die Zweite ist die aus Sicht des Unternehmens selbst. Hier besteht die Hauptaufgabe darin, zum einen profitabel zu arbeiten und zu wirtschaften, sowie die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern.

Mittlerweile wird das Lean Management nicht nur in Japan, sondern weltweit in vielen verschiedenen Branchen angewendet und bezieht viele verschiedene Geschäftsbereiche mit ein. Ein Geschäftsbereich ist zum Beispiel die Wartung und Instandhaltung. Dieser Bereich nennt sich im Allgemeinen Total Productive Maintenance und wird im nachfolgenden Kapitel ausführlicher erläutert. ("Lean Management", 2019)

### **3.2 Total Productive Maintenance**

Wie im vorangegangenen Kapitel kurz erwähnt bezieht sich das Total Productive Maintenance (TPM) auf die Wartung und Instandhaltung von Produktionsanlagen. Es stellt ein Konzept dar, das zur optimalen Verfügbarkeit und Nutzung von Produktionsanlagen entwickelt wurde. Dies wird mit Hilfe von vorbeugender Ausfallvermeidung und ständiger Verbesserung der Anlagenverfügbarkeit erreicht. (Brunner, 2017 S. 79)

Im Gegensatz zum TPM ist bei der klassischen Instandhaltung nur der entsprechende Techniker für die Reparatur, Wartung und Verfügbarkeit der Produktionsanlagen verantwortlich. Der Kern des modernen TPM besteht jedoch darin, dass alles (!), und zwar sämtliche Ressourcen, Kompetenzen, Manager und Mitarbeiter, für die Instandhaltung eingesetzt wird. (Heller, et al., 2018 S. 1). Das heißt, dass alle im Unternehmen vorhandenen Bereiche, wie z.B. das Ingenieurwesen, Anlagenbetreiber und die Instandhaltung, und zwar vom Manager bis hin zum „kleinen“ Mitarbeiter, an den TPM-Aktivitäten beteiligt werden. (Brunner, 2017 S. 79)

Hieraus ergibt sich unter anderem, dass der Maschinenbediener nicht nur für die Routineinstandhaltung verantwortlich ist, sondern auch die Verantwortung für den einwandfreien Zustand der kompletten Produktionsanlage hat. Er wird dadurch zum Experten für die Bedienung, Instandhaltung und die Fertigung, also für den gesamten Produktionsprozess an seiner Anlage. Das finale Ziel des TPM ist somit eine Maximierung der Anlageneffizienz, welche über die gesamte Lebensdauer der Produktionsanlage erreicht werden soll. (Brunner, 2017 S. 79). Die Aufgabe des Managements soll hierbei sein, den Einsatz und die Motivation der Mitarbeiter zum Beispiel durch die Vorgabe von konkreten Zielen zu fördern. Diese Ziele müssen aber immer in Zahlen ausdrückbar sein. Es muss außerdem eine Umgebung geschaffen werden, in der Änderungen akzeptiert und somit eine ständige Verbesserung stattfinden kann. (Brunner, 2017 S. 84 f.)

TPM beinhaltet im Grunde die drei folgenden Maßnahmen, welche in Abb. 1 und nachfolgend näher erläutert werden:

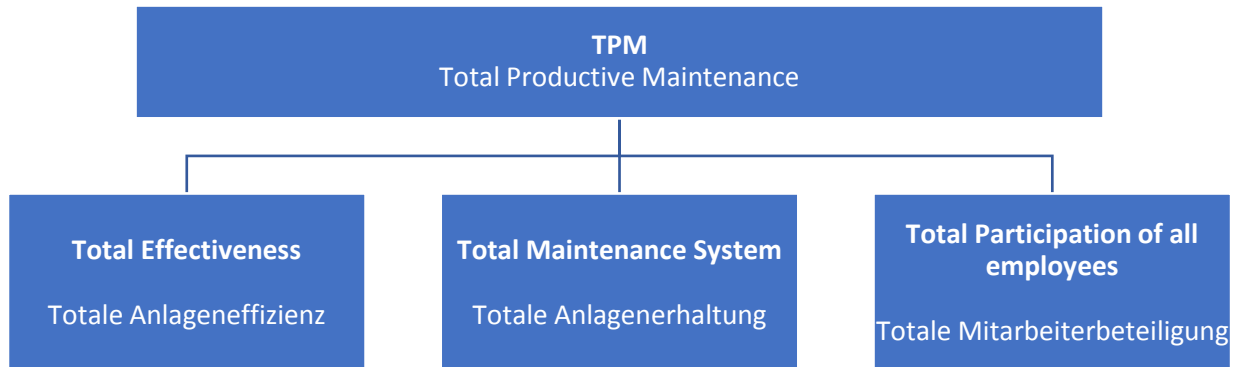


Abbildung 1 - Der Begriff "Total" bei TPM - Quelle: (Brunner, 2017 S. 80)

- 1. Total Effectiveness (Totale Anlageneffizienz):** Dieses Kennzeichen von TPM zeigt das Streben nach wirtschaftlicher Effizienz. Der Begriff Total beschreibt hier die Maximierung der Anlageneffizienz.
- 2. Total Maintenance System (Totale Anlagenerhaltung):** Die Totale Anlagenerhaltung beinhaltet die Vorbeugung und die Verbesserung der Instandhaltung der Anlage. Dies wird durch Einrichtung eines Systems der präventiven Instandhaltung über den gesamten Lebenszyklus der Anlage erreicht.
- 3. Total Participation of all employees (Totale Mitarbeiterbeteiligung):** Mit der Totalen Mitarbeiterbeteiligung ist gemeint, dass TPM in den verschiedenen Abteilungen des Unternehmens eingeführt wird und alle Mitarbeiter mit einbezieht. (Brunner, 2017 S. 80)

Durch Einführung von TPM in einem Unternehmen und der Übertragung von Routinearbeiten wie Reinigen, Einstellen, Schmieren, etc. auf den Maschinenbediener, wird die

Instandhaltungsabteilung in keinem Fall überflüssig. Im Gegenteil, sie gewinnt sogar noch an Bedeutung, da sie weiterhin für das gesamte Instandhaltungsmanagement verantwortlich ist.

Wie bereits erwähnt, soll mit Hilfe von TPM die Gesamtanlageneffizienz maximiert werden. Dafür stützt sich TPM auf die drei folgenden Eckpfeiler:

1. Einhaltung normaler Betriebsbedingungen
2. Frühzeitiges Entdecken von normwidrigen Bedingungen
3. Entwicklung und Durchführung von Gegenmaßnahmen zur Wiederherstellung von normalen Betriebsbedingungen.

Um eine Maximierung des Outputs einer Anlage und gleichzeitig eine Minimierung des Inputs, wie z.B. Mensch, Maschine und Material, zu erreichen, beschäftigt sich TPM damit, die folgenden sechs allgemeingültigen Hauptverlustquellen (Fachliteratur einigt sich auf diese sechs, ggfs. werden auch noch weitere erwähnt) zu beseitigen.

1. Anlagen- und Maschinenausfall
2. Rüstzeiten und Justierung
3. Leerlauf und Kurzzeitstillstände
4. Geschwindigkeitsverluste und geringe Taktgeschwindigkeit
5. Ausschussteile und Nacharbeit wegen Qualitätsmängeln
6. Anlaufverluste

(Heller, et al., 2018 S. 5 ff.) und (Brunner, 2017 S. 82)

Um zu erkennen, wie sich diese sechs Verluste auf die Gesamtanlageneffizienz auswirken bedarf es im TPM lediglich dreier Kennzahlen, aus deren Produkt sich die Gesamtanlageneffizienz oder auch **Overall Equipment Effectiveness (O.E.E.)** ergibt. Bei den Kennzahlen handelt es sich um die **Verfügbarkeitsrate**, den **Leistungsindex** und die **Qualitätsrate**. (Brunner, 2017 S. 82). Wie sich dieses Kennzahlensystem auf den Lernort Digitale Umformtechnik umsetzen lässt, wird in Kap. 6 erläutert.

Abschließend lässt sich zu diesem Kapitel sagen, dass TPM keinesfalls ein streng sequenzieller Prozess ist, sondern als Werkzeugkasten gesehen werden kann. Da nicht jedes Unternehmen gleich ist, kann auch TPM nicht starr für jedes Unternehmen gleich eingeführt werden. Man muss prüfen, welche der zur Verfügung stehenden Werkzeuge passen und sich

für das eigene Unternehmen verwenden lassen. Folgendes Zitat verdeutlicht dies sehr gut:  
„Es sehen nicht alle Häuser gleich aus! Dasselbe gilt für TPM.“ (Heller, et al., 2018 S. 11)

Für die Implementierung von TPM im Lernort Digitale Umformtechnik reichen diese grundlegenden Informationen. Die Theorie hinter TPM lässt sich natürlich noch sehr viel umfassender darstellen, daher empfehle ich dem interessierten Leser die folgenden zwei Bücher für eine weitere Vertiefung der Thematik:

**Brunner, Franz J. 2017.** *Japanische Erfolgskonzepte*. München : Carl Hanser Verlag, 2017. ISBN 978-3-446-45394-4.

**Heller, Thomas und Prasse, Christian. 2018.** *Total Productive Management - ganzheitlich: Einführung in der Praxis*. Berlin : Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2018. ISBN 978-3-662-53257-7.

## **4 Übertragung von TPM auf den Lernort Digitale Umformtechnik**

Dieses Kapitel bezieht sich auf die Übertragung des TPM Bausteins aus dem Lean-Management auf den Lernort Digitale Umformtechnik. Da in der Literatur meist nur eine Einführung von TPM für große Unternehmen vorgestellt und umgesetzt wird, beschäftigt sich der erste Teil dieses Kapitels gezielt mit der Frage, wie eine Übertragung und Einführung von TPM in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) erfolgen kann.

### **4.1 Einführung von TPM in KMU**

TPM als Konzept zur Verbesserung der innerbetrieblichen Instandhaltung und der daraus resultierenden Verbesserung der Anlagenproduktivität wird bereits in vielen großen Unternehmen erfolgreich umgesetzt und „gelebt“. Dahingegen ist über die Einführung und Umsetzung in KMU sehr wenig zu erfahren. Die gängige Literatur und Internetrecherche hat für die Umsetzung und Einführung von TPM viele Vorschläge, doch auf eine gezielte Einführung in KMU wird in der Regel nicht eingegangen.

Nach Aussage des FIR e.V. an der RWTH Aachen scheitern viele KMU oft schon bei dem Versuch TPM einzuführen. Dies liegt zum einen an den umfangreichen Eigenschaften und der hohen Komplexität von TPM und zum anderen an den Unternehmen selbst. Zudem ist die Vielzahl von verschiedenen Konzepten in der Literatur und die unterschiedlichen Begriffsverständnisse, sowie eine fehlende standardisierte und unternehmensangepasste Vorgehensweise zur Umsetzung für eine Einführung in KMU hinderlich. Ferner reichen in KMU oft die Ressourcen nicht aus, um TPM als Gesamtkonzept umzusetzen oder anzupassen. Weiterhin ist die Freistellung einzelner Mitarbeiter für eine TPM-Einführung oder die Hilfe von externen Experten oft nicht realisierbar. ("TPM-Navi" S. 8)

Wie auch im Fall der Einführung und Implementierung von TPM am Lernort der Digitalen Umformtechnik an der HAW Hamburg, müssten sich KMU mit Hilfe der vorhandenen TPM-Werkzeuge ein individuelles Konzept, das eigens auf sie angepasst ist, entwickeln.

Das FIR e.V. der RWTH Aachen hat dieses Problem ebenfalls erkannt und 2006 ein Forschungsprojekt mit dem Ziel ins Leben gerufen, eine „TPM-Navi“ Software zu entwickeln, welche Probleme umgeht, die KMU bisher mit TPM haben und es ihnen so ermöglicht die Potenziale zu nutzen.

Im Rahmen dieser Bachelorarbeit erfolgte der Versuch einer Kontaktaufnahme mit dem Ansprechpartner für das Forschungsprojekt Dr. Gerhard Gudergan. Bisher ist es allerdings auch nach mehrmaligem Nachfragen nicht zu einer Kontaktaufnahme und einem Wissensaustausches gekommen. Es konnte nicht in Erfahrung gebracht werden, ob die „TPM-Navi“ Software bereits entwickelt wurde oder wird.

## 4.2 Darstellung des TPM Konzepts

Zur besseren Veranschaulichung erfolgt hier eine kurze Darstellung des erarbeiteten TPM Konzepts für den Lernort Digitale Umformtechnik an der HAW.

Zunächst erfolgt eine **TPM Analyse** im Lernort. Diese beinhaltet eine kurze Beschreibung und Analyse der im Lernort vorhandenen Maschinen. Danach wird der momentane IST-Zustand hinsichtlich Instandhaltung und Wartung im Lernort analysiert, beschrieben und bewertet. Sobald dies geschehen ist, kann ein genereller SOLL-Zustand für den Lernort definiert werden. Dieser beschreibt wie in Zukunft mit Wartung und Instandhaltung im Lernort verfahren werden soll.

Danach kommt die **Einführung und Implementierung des TPM Bausteins** im Lernort. Dies wird zunächst an einer ausgewählten Maschine durchgeführt. Nach Auswahl der Maschine wird auf Grund der vorhandenen Informationen eine Risikoanalyse erstellt. Anschließend wird konkret die Einführung von TPM für diese Maschine beschrieben und umgesetzt. Dies beinhaltet auch die Erstellung von Wartungs- und Inspektionsplänen, sowie die Einführung eines Kennzahlensystems.

Zusätzlich werden ein Vorschlag für ein TPM-Board, ein Ausblick über Digitalisierung von TPM im Lernort und verschiedene Vorschläge für TPM Laborveranstaltungen gegeben.

Für die Fortführung von TPM im Lernort und der Einführung auf den anderen Maschinen, empfehle ich, dass dieses Konzept genutzt, überprüft und immer wieder im Sinne von Lean angepasst und weiter verbessert wird.

## 5 Analyse der im Lernort vorhandenen Maschinen

Im Weiteren erfolgt eine Analyse der im Lernort Digitale Umformtechnik vorhandenen Maschinen, für die sich gegebenenfalls eine Einführung von TPM lohnen könnte. Zuerst werden die Maschinen kurz vorgestellt. Danach erfolgt eine Analyse des IST-Zustands bzgl. des bisherigen Wartungs- und Instandhaltungsverfahrens. Zuletzt wird ein SOLL-Zustand für die zukünftige Wartung und Instandhaltung definiert und beschrieben.

### 5.1 Kurzbeschreibung & Technische Daten

Im Folgenden findet man eine Kurzbeschreibung und die technischen Daten der im Lernort vorhandenen Maschinen. Zusätzlich wird der augenscheinliche Zustand der Maschine und des Maschinenhandbuches beschrieben.

#### 5.1.1 Reibspindelpresse EUMUCO RSPP 160/250

##### Kurzbeschreibung:

Die Reibspindelpresse (Baujahr 1986) ist eine Presse der Firma EUMUCO, welche an der HAW im Lernort Digitale Umformtechnik in der Lehre eingesetzt wird. Hauptsächlich finden zusammen mit den Studierenden im Labor Stauchversuche statt. Als zusätzliche Einrichtung ist eine rechnergestützte Messkette zur Ermittlung der Stößelposition und Presskraft vorhanden. Die Reibspindelpresse besitzt am Maschinenkopf zwei über eine axial verschiebbare Welle verbundene Antriebsscheiben. Zwischen den beiden Scheiben befindet sich ein Schwungrad, das über eine Gewindespindel mit der Werkzeugaufnahme und dem Werkzeug verbunden ist.



Abbildung 2 - Reibspindelpresse EUMUCO RSPP



## Technische Daten:

Tabelle 1 - Reibspindelpresse EUMUCO RSPP 160/250 - Technische Daten - Quelle: Maschinenhandbuch

Spindeldurchmesser	160 mm
Nennkraft	2500 kN
max. Presskraft	4000 kN
Stößelhub	180 mm
Hubzahl	71 min <sup>-1</sup>
geschlossene Werkzeughöhe	400 mm
lichte Weite zwischen den Ständern	450 mm
Tischfläche (Breite x Tiefe)	450 x 560 mm
Stößelfläche (Breite x Tiefe)	450 x 400 mm
erf. Antriebsleistung	11 kW
Bauhöhe über Flur, ca.	3350 mm
Gewicht, ca.	9000 kg

## Allgemeiner Zustand:

Für die Reibspindelpresse ist ein umfangreiches Maschinenhandbuch vorhanden. Das Handbuch beinhaltet eine ausführliche Beschreibung, technische Daten und Pläne. Außerdem findet man grundsätzliche Hinweise, wie die Maschine gewartet werden muss, in welchen Intervallen und welche Schmiermittel einzusetzen sind. Zusätzlich liegt eine umfangreiche Ersatzteilliste bei. Allerdings muss man an dieser Stelle anmerken, dass das Handbuch entsprechend dem Alter der Maschine ebenfalls ziemlich alt ist.

Grundsätzlich betrachtet, macht die Reibspindelpresse einen befriedigenden Gesamteindruck. An mehreren Stellen sind Ölrückstände zu sehen, die eventuell auf eine Undichtigkeit oder Leckage hindeuten könnten (vgl. folgende Fotos). Nach Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Remmers arbeitet die Maschine im Betrieb jedoch einwandfrei.



Abbildung 4 - Reibspindelpresse - Ölrückstände



Abbildung 3 - Reibspindelpresse - Ölrückstände



Abbildung 5 - Reibspindelpresse - Ölrückstände



Abbildung 6 - Reibspindelpresse - Ölrückstände

## 5.1.2 Hydraulikpresse HYMAG HDP 7.1-100

### Kurzbeschreibung:

Bei der Hydraulikpresse handelt es sich um eine Presse der Firma HYMAG aus dem Jahre 1973, welche im Jahr 2017 an der HAW umgerüstet und mit einer neuen Steuerung versehen wurde. In der Lehre wird die Maschine zum Sintern, Tiefziehen und für Lernprojekte eingesetzt.



Abbildung 7 - Hydraulikpresse HYMAG

### Technische Daten:

Tabelle 2 - Hydraulikpresse HYMAG HDP 7.1-100 - Technische Daten - Quelle: Maschinenhandbuch

Antriebsleistung Hydraulik	37,5 kW
Presskraft	1000 kN
Hub	400 mm
Arbeitsraum	800 x 800 x 600 mm
Baujahr / umgerüstet	1973 / 2017

### Allgemeiner Zustand:

Auch für die Hydraulikpresse ist ein umfangreiches Maschinenhandbuch vorhanden. Das Handbuch beinhaltet eine ausführliche Beschreibung der Hydraulikpresse, inklusive Bedienungs- und Wartungsanleitung, alle relevanten technischen Daten und Pläne, sowie eine Übersicht und Beschreibung der gesamten Sicherheitseinrichtungen. Zusätzlich ist auch ein Prüfbuch für Pressen vorhanden.

Generell befindet sich die Hydraulikpresse augenscheinlich in einem guten Zustand, sie ist sauber und es lassen sich auch bei genauerem Hinsehen keinerlei Ölrückstände finden, die auf Leckagen oder ähnliches hinweisen könnten. Nach Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Remmers arbeitet die Maschine im Betrieb einwandfrei und es gab in der letzten Zeit keinerlei Störungen.



Abbildung 9 - Zustand Hydraulikpresse



Abbildung 8 - Zustand Hydraulikpresse

### 5.1.3 Funkerosionsmaschine GF Agie Charmilles FORM 20

#### Kurzbeschreibung:

Hierbei handelt es sich um die Funkerosionsmaschine GF Agie Charmilles FORM 20, welche ebenfalls im Lernort Digitale Umformtechnik der HAW Hamburg steht. Auch diese Maschine wird regelmäßig in der Lehre mit Studierenden eingesetzt. Die Nutzung im Labor umfasst unter anderem die Ermittlung von funkerosiven Kennwerten, das funkerosive Polieren und das Herstellen eines Gesenkes.



Abbildung 10 - Funkerosionsmaschine FORM 20

#### Technische Daten:

Tabelle 3 - Funkerosionsmaschine GF Agie Charmilles FORM 20 - Technische Daten -  
Quelle: Maschinenhandbuch

Verfahrwege (X x Y x Z)	350 x 250 x 250 mm
Messauflösung	0,1 $\mu\text{m}$
Standard-Arbeitsstrom	80 A
beste Rauheit	Ra 0,1
C-Achse im Werkzeughalter	

#### Allgemeiner Zustand:

Die Funkerosionsmaschine befindet sich ebenfalls in einem guten Zustand. Auch hier sind keinerlei Ölrückstände oder offensichtliche Mängel festzustellen. Der Arbeitsraum ist sauber. Nach Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Remmers arbeitet die Maschine im Betrieb einwandfrei und es gab in der letzten Zeit keinerlei Störungen.

Für die Funkerosionsanlage ist ein sehr umfangreiches Maschinenhandbuch vorhanden, welches alle relevanten Daten, Informationen, Pläne und Wartungslisten enthält.





Abbildung 11 - Zustand Funkerosionsanlage



Abbildung 12 - Zustand Funkerosionsanlage

## 5.1.4 Vakuumgießanlage MCP-Vacuum-Casting-System

### Kurzbeschreibung:

Im Lernort ist ebenfalls eine Vakuumgießanlage vorhanden, welche in der Lehre den Studierenden das Vakuumgießen nahebringen soll. Als zusätzliche Einrichtungen sind geregelte Öfen zum Vorheizen der Formen und Rohstoffe, sowie ein Arbeitsplatz mit Absaugung vorhanden.



Abbildung 13 - Vakuumgießanlage

### Technische Daten:

Tabelle 4 - Vakuumgießanlage - Technische Daten - Quelle: Typenschild

Steuerspannung	24 V DC
Nenntemperatur	20 °C
Phasen	1 Phase
Baujahr	2005

### Allgemeiner Zustand:

Die Vakuumgießanlage und die zugehörigen Einrichtungen, wie Öfen und der Arbeitsplatz mit Absauganlage befinden sich augenscheinlich in einem guten Zustand. Die Arbeitsplätze sind aufgeräumt und sauber.

Leider ist für diese Maschine kein Handbuch vorhanden bzw. konnte mir bei meinen Recherchen nicht vorgelegt werden. Daher kann über das Handbuch und eventuell vorhandene Wartungspläne keine Aussage getroffen werden.

## 5.1.5 Schlagschere Hommel

### Kurzbeschreibung:

Zusätzlich zu oben genannten Maschinen, befindet sich auch eine Schlagschere im Lernort. Diese Maschine ist nicht direkt in die Lehre einbezogen, sondern wird vorwiegend genutzt, um Probenstücke für die Pressen zurecht zu schneiden.



Abbildung 14 - Schlagschere HOMMEL

### Technische Daten:

Tabelle 5 - Schlagschere HOMMEL - Technische Daten - Quelle: Typenschild

Größte Blechleistung bei max. 40 kp/mm <sup>2</sup>	1030 x 2,5 mm
Max Blechstärken für:	
Chrom-Nickelblech	1,0 mm
Stahlblech Rm 400 N/mm	2,0 mm
Aluminiumblech	3,0 mm
Betriebsspannung	380 V
Steuerspannung	220 V

### Allgemeiner Zustand:

Die Schlagschere ist augenscheinlich in einem guten Zustand. Es sind äußerlich keinerlei größere Verunreinigungen oder Ölrückstände sichtbar, welche auf eine Leckage deuten könnten. Nach Aussage von Herrn Dipl.-Ing. Benjamin Remmers arbeitet die Maschine im Betrieb einwandfrei und es gab in der letzten Zeit keinerlei Störungen.

Leider ist auch für diese Maschine kein Handbuch vorhanden bzw. konnte mir bei meinen Recherchen nicht vorgelegt werden. Daher kann über das Handbuch und eventuell vorhandene Wartungspläne keine Aussage getroffen werden.



## 5.2 IST-Zustand bzgl. Wartung & Instandhaltung

Nun folgen Darstellung und Analyse des IST-Zustandes bzgl. Wartung und Instandhaltung der in Kap. 5.1 beschriebenen Maschinen.

Nach eingehender Befragung aller im Lernort an den Maschinen tätigen Personen, lässt sich der allgemeine IST-Zustand hinsichtlich Wartung wie folgt zusammenfassen.

Die Wartung und Instandhaltung der erwähnten Maschinen werden zum Teil gar nicht oder nur sehr sporadisch durchgeführt. Es erfolgt vielmehr ein Reagieren als ein aktives Agieren wie es eigentlich bei TPM, aber auch der klassischen Instandhaltung der Fall sein sollte. Die Maschinen werden zwar in gewissen Abständen und je nach Bedarf einer Sichtprüfung unterzogen und geschmiert, jedoch in keinem erkennbaren Intervall. Einmal im Jahr findet an den Maschinen eine vorgeschriebene TÜV-Prüfung statt. Eine Dokumentation von Reparaturen und baulichen Veränderungen an den Maschinen erfolgt nur, wenn diese einen größeren Umfang haben und von einer Fachfirma durchgeführt werden.

Zum Thema des Ersatzteilmanagements lässt sich sagen, dass keinerlei Ersatzteile auf Lager liegen. Im Falle eines Defekts muss das benötigte Ersatzteil angefragt und bestellt werden. Bei kritischen Bauteilen, die eine lange Lieferzeit haben und/oder in der Anschaffung sehr teuer sind und/oder gar nicht mehr hergestellt und so extra angefertigt werden müssen, führt dies unweigerlich zu einer längeren Stillstandzeit der Maschine und einer daraus resultierenden Verzögerung der Lehre im Lernort.

Zum Bestellprozess von Ersatzteilen an der HAW im Lernort kann gesagt werden, dass bis zu einem Bestellwert von EUR 1000,- netto nur ein Angebot eingeholt und nach dessen Vorlage und Prüfung bestellt werden kann. Bei einem Bestellwert ab EUR 1000,- netto muss eine Leistungsbeschreibung erfolgen. Mit dieser Leistungsbeschreibung sind mindestens drei Angebote einzuholen bevor bestellt werden kann.

Daraus lässt sich schließen, dass der IST-Zustand im Lernort hinsichtlich Wartung und Instandhaltung als kritisch zu betrachten ist. Ein solcher Zustand in einem produzierenden Unternehmen wäre als fahrlässig zu erachten, da selbst ein kleiner Defekt eine riesige Auswirkung auf die Produktion haben kann, da diese im schlimmsten Falle längere Zeit stillsteht. Solch eine Gefahr lässt sich jedoch mit relativ geringem Aufwand minimieren. Daher wird im folgenden Kapitel ein SOLL-Zustand definiert.

Abgeleitet aus Kap. 6.1 sind alle für die Wartung relevanten Informationen zu den Maschinen in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 6 - Auflistung der Maschinen im Lernort Digitale Umformtechnik

<b>Maschine</b>	<b>Baujahr</b>	<b>Augenscheinl. Zustand</b>	<b>Störungen</b>	<b>Handbuch</b>	<b>Wartungshinweise</b>
Reibspindelpresse	1986	befriedigend	keine	ja	ja
Hydraulikpresse	1973 / 2017	gut	keine	ja	ja
Funkenerosionsanlage	n.a.	gut	keine	ja	ja
Vakuumgießanlage	n.a.	gut	keine	nein	nein
Schlagschere	n.a.	gut	keine	nein	nein

### 5.3 SOLL-Zustand

In diesem Abschnitt wird ein genereller SOLL-Zustand hinsichtlich der Instandhaltung und Wartung der vorhandenen Maschinen im Lernort Digitale Umformtechnik definiert.

Gemäß DIN 31051 lässt sich die Instandhaltung wie folgt unterteilen:

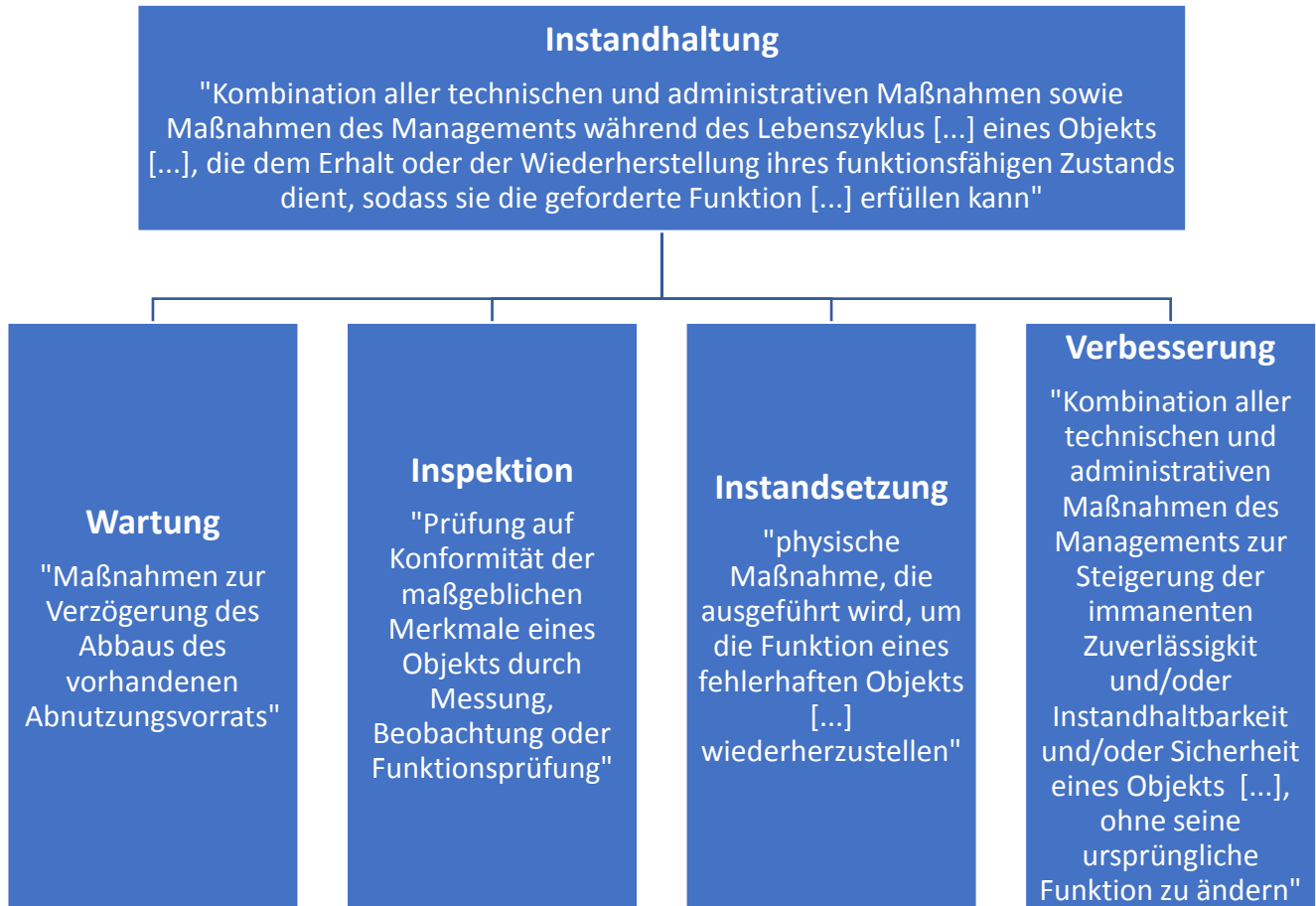


Abbildung 15 - Unterteilung Instandhaltung – Quelle (DIN 31051:2018-09 S. 4 ff.):

Im Folgenden wird mit Hilfe der VDI-Richtlinie 2890 „Planmäßige Instandhaltung“ festgelegt, wie eine allgemeine Wartung im Lernort Digitale Umformtechnik für die Maschinen zu erfolgen hat. Die Umsetzung erfolgt dann im Kap. 7 hinsichtlich der Implementierung von TPM auf eine ausgesuchte Maschine.

Wie in der DIN 31051 beschrieben, zählen zur Wartung Maßnahmen, welche zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats führen. Nach der VDI 2890 können solche Maßnahmen beinhalten:

- „Erstellen eines Wartungsplans, der auf die speziellen Belange des jeweiligen Betriebs oder der Betrachtungseinheit abgestellt ist und hierfür verbindlich gilt. (Dieser Plan soll unter anderem Angaben über Ort, Termin, Maßnahmen und zu beachtende Merkmalswerte enthalten.)
- Vorbereitung der Durchführung
- Vorwegmaßnahmen wie Arbeitsplatzausrüstung, Schutz- und Sicherheitseinrichtungen usw.
- Überprüfung der Vorbereitung und der Vorwegmaßnahmen einschließlich der Freigabe zur Durchführung“ (VDI 2890:2017-03 S. 10)

Die Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen im Lernort Digitale Umformtechnik sollen zum Ziel haben, dass das Ausfallrisiko der Maschinen reduziert wird, da ein Ausfall eine Verzögerung bzw. Verschlechterung der laufenden Lehre im Lernort zur Folge hat. Diese Reduzierung wird durch eine präventive Wartung und Instandhaltung erreicht. Da die Maschinen nicht im Schichtbetrieb, sondern nur selektiv im Betrieb sind, ist genügend Zeit für die präventive Wartung vorhanden.

Nachdem im vorherigen Kapitel der IST-Zustand im Lernort ermittelt wurde und unter Anwendung der VDI 2890, erscheint eine Festlegung hinsichtlich Instandhaltung und Wartung wie folgt als sinnvoll.

1. Die jährliche TÜV-Prüfung wird wie gewohnt fortgesetzt, da dies eine sinnvolle und versicherungstechnische Maßnahme ist.
2. Zusätzlich wird auf Basis der für die jeweiligen Maschinen zugehörigen Handbücher und Erfahrungen der Maschinenbediener ein Wartungsplan erstellt, der regelmäßig wiederkehrende Maßnahmen vorsieht.
3. Als zusätzliche Maßnahme soll eine jährlich wiederkehrende Prüfung (Inspektion) vom Maschinenbedienpersonal durchgeführt werden.

Diese Festlegung kann und soll während der Nutzung weiterhin kontinuierlich angepasst und verbessert werden.

Da alle im Lernort vorhandenen Maschinen sich grundlegend unterscheiden, müssen die Punkte 2 und 3 für jede Maschine gesondert erstellt werden. Punkt 1 kann nicht beeinflusst werden, da die TÜV-Prüfung vorgeschrieben ist. Die Einführung für eine erste Maschine im Lernort erfolgt in Kap. 7.

## **6 Implementierung des TPM Bausteins auf eine Pilot-Werkzeugmaschine**

Nachdem die vorhandenen Maschinen im vorangegangenen Kapitel analysiert wurden, erfolgt nun die Auswahl der Maschine, für welche die Implementierung von TPM erfolgen soll. Zunächst werden mit Hilfe einer Risikoanalyse die Ausfallwahrscheinlichkeit, die damit verbundenen Risiken und die möglichen Ursachen ermittelt. Danach folgt die konkrete Einführung des TPM Bausteins für die ausgesuchte Maschine. Zusätzlich erfolgt ein Vorschlag für ein TPM Board im Lernort, welches eine Übersicht über Maßnahmen, Aktionen und Kennzahlenauswertung in Verbindung mit TPM ermöglichen soll. Zuletzt wird darauf eingegangen wie die Digitalisierung des TPM Konzepts erfolgen soll.

### **6.1 Auswahl der Werkzeugmaschine**

Das TPM Konzept wird zunächst an der Reibspindelpresse im Lernort Digitale Umformtechnik eingeführt. Da diese die älteste im Lernort vorhandene Maschine ist und sie regelmäßig in der Lehre eingesetzt wird, hat diese Maschine die optimalen Voraussetzungen, um das TPM Konzept umzusetzen. Aufgrund des Alters besitzt diese Maschine einen relativ hohen Wartungs- und Instandhaltungsaufwand. Außerdem befindet sich die Maschine augenscheinlich in einem nur befriedigenden Zustand und die Durchführung einer Grundreinigung und eines 5S Programms bringen einen ersten schnellen und sichtbaren Erfolg. Zusätzlich ist das Maschinenhandbuch umfangreich und es gibt eine gute Übersicht über die Ersatzteile. Daraus lässt sich die Risikoanalyse ableiten. Auch das Maschinenbedienpersonal kennt sich gut mit der Maschine aus und kann so tatkräftig bei der Einführung und Implementierung unterstützen. Ich gehe davon aus, dass die Einführung von TPM bei dieser Maschine eine hohe Wirkung erzielt und exemplarisch für den weiteren Lernort dienen kann.

## 6.2 Risikoanalyse der Werkzeugmaschine

Auf Basis der im Maschinenhandbuch vorhandenen Ersatzteilliste erfolgt in diesem Kapitel eine Risikoanalyse der Reibspindelpresse.

Durch Parameter wie Verfügbarkeit, Preis, Kosten, Reparaturaufwand für die Ersatzteile soll mit Hilfe einer Risikomatrix ermittelt werden, wie kritisch der Ausfall einzelner Elemente für die Presse ist. Um diese Daten zu erhalten erfolgte der Versuch einer Kontaktaufnahme mit den folgenden zwei Firmen:

Firma: SMS Group GmbH

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Martin Michael Klein

Position: Manager of Spare Parts

Anschrift: Ohlerkirchweg 66, 41069 Mönchengladbach

Telefon: +49 (0)2161 3502517

Email: [martinmichael.klein@sms-group.com](mailto:martinmichael.klein@sms-group.com)

Firma: Maschinenteile24

Ansprechpartner: Friedhelm Rothe

Position: Inhaber

Anschrift: Am Mühlenberg 1a, 58509 Lüdenscheid

Telefon: +49 (0)2351 65390

Email: [info@maschinenteile24.de](mailto:info@maschinenteile24.de)

Mit Maschinenteile24 kam leider kein Kontakt zustande, auch nach mehrmaligem Nachfragen. Herr Klein von der SMS Group GmbH zeigte sich sehr hilfsbereit, hatte aber leider aufgrund mangelnder Dokumente, Stücklisten und Zeit keine Möglichkeit mir ein Angebot zu unterbreiten.

Dennoch kann ich nach Gesprächen mit Herrn Remmers von der HAW und Herrn Klein von der SMS Group GmbH folgende Aussage hinsichtlich kritischer Ersatzteile treffen.

Speziell die Spindel und die Spindelmutter, sowie alle Ersatzteile, die aus Bronze bestehen müssen im Falle eines Defekts ausgetauscht werden, da diese für den Betrieb der Maschine unerlässlich sind. Es sind sehr kritische Bauteile, da sie speziell für diese Maschine angefertigt und angepasst werden müssen. Dies ist mit hohen Kosten und einer langen Lieferzeit verbunden.

Ebenfalls für den Betrieb wichtig sind alle elektronischen Bauteile, welche nach Aussage von Herrn Remmers (HAW) allerdings schnell und relativ kostengünstig über lokale Händler bezogen werden können. Diese Teile sind daher nicht als kritisch zu betrachten.

Um das Risiko eines längerfristigen Ausfalls zu vermeiden gibt es die Möglichkeit, sich kritische Ersatzteile auf Lager zu legen, was aber im Falle des Lernorts und der Tatsache, dass die kritischen Teile extra angefertigt und angepasst werden müssen und dadurch hohe Kosten verursachen würden, keine Option ist. Jedoch ist es ratsam einen direkten Kontakt zu einem verlässlichen Ersatzteillieferanten aufrecht zu erhalten, damit im Falle eines Ausfalls zeitnah die Ersatzteile bestellt werden können und nicht noch zusätzliche Zeit für die Suche nach einem Lieferanten verloren geht.

Am wichtigsten und sinnvollsten, um einem Ausfall vorzubeugen, sind präventive Maßnahmen. Hiermit ist die Einführung und Implementierung von TPM im Lernort und damit verbunden die regelmäßige Durchführung einer geplanten Wartung gemeint. Die Einführung von TPM wird im nächsten Kapitel näher erläutert.

Die bereits erwähnte und aus dem Handbuch in einer Tabelle zusammengefasste Ersatzteilliste befindet sich im Anhang 1.

### **6.3 Einführung von TPM**

Nach eingehender Literatur- und Internetrecherche habe ich festgestellt, dass es verschiedene Ansätze gibt, nach denen TPM in einem Unternehmen eingeführt werden kann. Nennen möchte ich hier die Einführung von TPM in sieben Schritten wie folgt:

#### **1. Schritt: Grundreinigung**

Beseitigung von Staub und Verunreinigungen, Festziehen von Schrauben und Muttern, Entdecken und Beseitigung von Problemen.

#### **2. Schritt: Gegenmaßnahmen bei der Quelle der Probleme**

Ursachenforschung und Ergreifung von entsprechenden Maßnahmen.

#### **3. Schritt: Festschreiben von Reinigungs- und Schmierstandards**

Festlegung von Standards für tägliche und periodische Basisinstandhaltungsaufgaben.

#### **4. Schritt: Einführung einer allgemeinen Inspektion**

Feststellung des Zustands der Produktionsanlage durch Inspektion und Schulung der Mitarbeiter.

#### **5. Schritt: Autonome Inspektion**

Entwicklung von Prüfformularen für die selbstständige Inspektion und Einsetzung dieser. Übernahme der in den ersten vier Schritten gewonnenen Erkenntnissen.

#### **6. Schritt: Organisation und Ordnung**

Die ersten fünf Schritte beschränken sich zunächst auf Aktivitäten der Maschinenarbeiter mit den Produktionsanlagen. Nun erfolgt eine Ausweitung der Aktivitäten auf das gesamte Arbeitsumfeld und es werden Gesichtspunkte festgelegt, wie das Arbeitsumfeld zu führen ist.

#### **7. Schritt: Vollkommen autonome Bedienerinstandhaltung**

Weiterentwicklung der Unternehmensziele und -politik, sowie Start des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses, Bildung von Verbesserungsteams und Versuch, vorhandene Potentiale optimal zu nutzen.

(Brunner, 2017 S. 86 - 91)

Diese und auch andere aber ähnliche Vorschläge zur Einführung von TPM eignen sich hervorragend für mittlere bis große Unternehmen, welche entsprechend große und viele Produktionsanlagen, Mitarbeiter und Ressourcen besitzen. Allerdings eignen sie sich weniger zur Einführung in kleinen Unternehmen oder wie in unserem Fall zur Einführung im Lernort Digitale Umformtechnik, bzw. zunächst nur auf einer Maschine. Daher möchte ich nun auf eine von der MFA (Maintenance and Facility Management Society of Austria) vorgeschlagene „TPM-Einführung“ eingehen. Diese ist der zuvor beschriebenen 7-Schritt-Methode ähnlich und wurde entsprechend für den Lernort von mir angepasst. (Dr. Korb, 2012).

#### **1. Schritt: TPM Bestandsaufnahme**

Die TPM Bestandsaufnahme wird im Fall des Lernorts in Form der Aufnahme des IST-Zustands bzgl. Wartung und Instandhaltung gemacht. Dies ist in Kap. 5.2 erfolgt und hat ergeben, dass im Lernort bisher wenig bis keine aktive Wartung und Instandhaltung erfolgt.



## **2. Schritt: Grundreinigung und 5S Programm**

Wie schon in der 7-Schritt-Methode erwähnt, erfolgt an der Maschine eine Grundreinigung, welche die Beseitigung von Staub und Verunreinigungen an und um die Maschine, das Festziehen von Schrauben und Muttern sowie die Entdeckung und Beseitigung von Problemen beinhaltet. Die Durchführung von der Grundreinigung und 5S an der Reibspindelpresse wird detailliert unter Kap. 6.3.1 und 6.3.2 beschrieben.

## **3. Schritt: Etablierung eines Messsystems**

In diesem Schritt erfolgt die Einführung eines Kennzahlensystems nach TPM. Dieses System hat die Ausgabe der Gesamtanlageneffizienz (OEE) zur Aufgabe, welche sich aus dem Produkt der Verfügbarkeitsrate x Leistungsindex x Qualitätsrate ergibt.

Die Verfügbarkeitsrate ergibt sich aus der Anlagenhauptzeit (Schichtzeit minus geplanter Stillstandzeit) und der Betriebszeit (Anlagenhauptzeit minus ungeplante Stillstände) und wird in % angegeben.

Der Leistungsindex berücksichtigt Geschwindigkeitsverluste der Maschine wie Leerlaufzeiten, geringfügige Unterbrechungen und/oder eine verringerte Bearbeitungsgeschwindigkeit.

Die Qualitätsrate berücksichtigt Prozessfehler, welche zu Ausschuss, Nacharbeit und Qualitätsminderung führen sowie Anlaufverluste.

(Brunner, 2017 S. 84)

Da die Reibspindelpresse im Lernort nicht im Schichtbetrieb und nicht im herkömmlichen Sinne eines produzierenden Unternehmens sondern in der Lehre betrieben wird, lässt sich dieses Kennzahlensystem so nicht komplett übernehmen, sondern muss wie folgt angepasst werden.

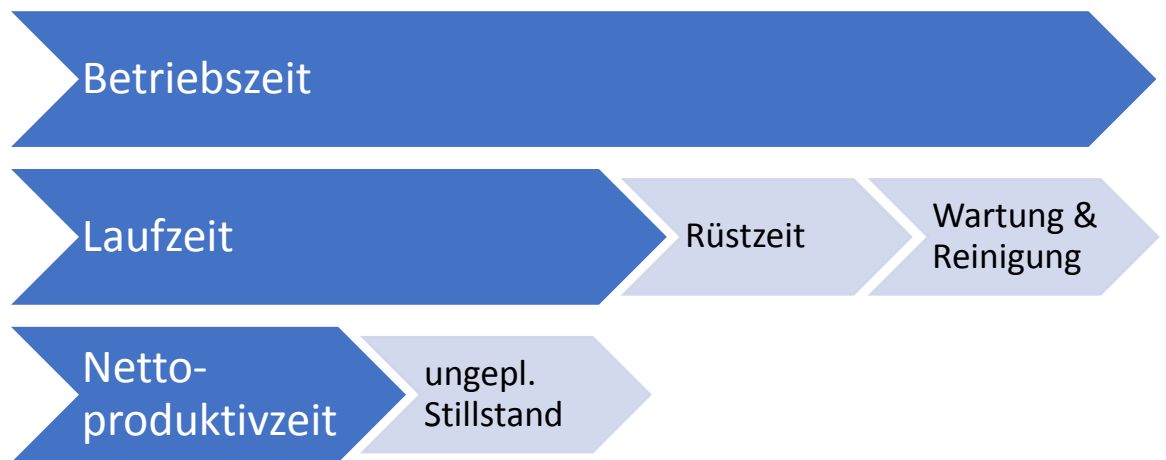


Abbildung 16 - Ermittlung Gesamtanlageneffizienz

Die Betriebszeit entspricht der gesamten Zeit, in der mit und an der Maschine gearbeitet wird.

Die Laufzeit ist die Betriebszeit abzüglich Rüstzeiten, Wartungs- und Reinigungsarbeiten oder sonstiger geplanter Stillstandzeiten.

Die Nettoproduktivzeit ergibt sich aus der Laufzeit abzüglich aller ungeplanten Stillstandzeiten.

Die Gesamtanlageneffizienz (OEE) lässt sich nun wie folgt berechnen:

$$OEE = \frac{\text{Nettoproduktivzeit}}{\text{Betriebszeit}} \times 100\%$$

Im Anhang 4 befindet sich der Entwurf einer Excel-Tabelle, welche im Lernort an der Reibspindelpresse bereitgestellt wird. Diese Tabelle muss während des Betriebs der Reibspindelpresse vom Maschinenbediener ausgefüllt werden. Wöchentlich sollen die Daten in eine zentral bereitgestellte digitale Version der Excel-Tabelle übertragen und ausgewertet werden.

#### **4. Beseitigung von Schwerpunktproblemen**

Dieser Baustein beinhaltet die Beseitigung von Schwerpunktproblemen an der Maschine, welche eventuell schon bekannt sind oder erst beim 2. Schritt, der Grundreinigung und des 5S Programms, bzw. später gefunden wurden.

Um diese Probleme zu beheben bietet sich die 8D-Methode (8D-Report) an. Der 8D-Report wird ursprünglich beim Qualitätsmanagement im Rahmen einer Reklamation angewendet. Die 8D-Methode kann aber auch intern eingesetzt werden. Im Report wird die Art des Problems, Verantwortlichkeiten und Maßnahmen zum Beheben des Problems festgeschrieben. 8D steht hierbei für die acht Disziplinen (Prozessschritte), die durchlaufen werden. ("8D-Report", 2018)

Die Vorlage für den 8D-Report, welcher im Lernort zur Beseitigung von Problemen eingesetzt werden soll, wurde freundlicherweise von Prof. Dr.-Ing. Enno Stöver bereitgestellt. Folgende Prozessschritte sind enthalten:

1. Kurzbeschreibung des Problems
2. Cross-funktionales Team etablieren
3. Erste Analyse
4. Sofortmaßnahmen – Problem fixiert
5. Ursachen-Analyse
6. Langfristige Aktionen
7. Prävention
8. Bestätigung der Lösung

Die 8D-Report Vorlage befindet sich im Anhang 5.

#### **5. Geplante Instandhaltung und Instandhaltungsprävention**

Unter diesen Punkt fällt die Planung und Abarbeitung von regelmäßigen Wartungs- und Instandhaltungsplänen. Wie schon in Kap. 5.3 erwähnt findet jährlich eine wiederkehrende TÜV-Prüfung der Maschine statt. Zusätzlich soll eine regelmäßige Wartung nach einem definierten Wartungsplan erfolgen. Die Wartungsintervalle sind in dem Wartungsplan vermerkt. Weiterhin soll eine umfangreiche jährliche Prüfung

(Inspektion) der Maschine erfolgen und in einem Prüfprotokoll festgehalten werden. Dieses Protokoll orientiert sich an der Vorlage des „Prüfprotokolls (UVV und EN....) für Kaltumformmaschinen“ der Firma SMS Eumuco GmbH.

Der Wartungsplan und das jährliche Prüfprotokoll befinden sich im Anhang 2 und 3 dieser Bachelorarbeit.

## **6. Aufgabenübertragung an den Anlagenbediener**

Mit der Aufgabenübertragung an den Anlagenbediener ist gemeint, dass dieser (vgl. Kap. 3.2) routinemäßig bestimmte Instandhaltungsaufgaben, wie z.B. Schmierung, kleinere Reparaturen und etc. selbst an der Maschine durchführt und dadurch die Ausfallwahrscheinlichkeit gesenkt und die Anlagenproduktivität erhöht werden. Damit der Anlagenbediener dies auch in einem sicheren und vernünftigen Rahmen leisten kann, ist es sinnvoll, ihn von fachkundigem Instandhaltungs- und Wartungspersonal schulen zu lassen.

In der Bachelorarbeit wird dieser Punkt aufgrund des zu großen Umfangs leider nicht umgesetzt werden können. Allerdings bietet sich hier die Möglichkeit, dies zum Beispiel im Rahmen eines Lern- und/oder Bachelorprojekts an der HAW durchführen zu lassen. Eine Überlegung ist, dass als Anlagenbediener nicht nur die Labormitarbeiter sondern auch die Studierenden gesehen werden, da diese in der Lehre praktisch an den Maschinen arbeiten. Diese Aufgabenübertragung bzw. Schulung der Studierenden kann während eines Labors erfolgen (vgl. Kap. 7).

### 6.3.1 5S Programm an der Reibspindelpresse

Beim 5S Programm handelt es sich um eine Methodik, die aus dem Toyota-Produktionssystem stammt. Sie dient dazu, Arbeitsplätze und ihr Umfeld sauber, sicher und übersichtlich zu gestalten. Dies wird als die Grundvoraussetzung für eine Verbesserung der Arbeitsprozesse gesehen. Ziel des 5S Programms ist es, möglichst verschwendungsfrei zu arbeiten, lange Transportwege, Wartezeiten und z. B. das Suchen von Werkzeug zu vermeiden. ("5S", 2018)

Die 5S werden wie folgt aufgeschlüsselt und als einzelne Arbeitsschritte während der Durchführung des Programms gesehen. Dies ist im Arbeitsumfeld der Reibspindelpresse entsprechend am 14.01.2019 erfolgt:

#### 1. Sortieren und Wegwerfen:

Hierbei geht es um das Entfernen von nicht benötigten Dingen am Arbeitsplatz. Am Arbeitsplatz wurden alle vorhandenen Gegenstände in drei Kategorien sortiert, zum einen die Sachen, die für die am Arbeitsplatz durchgeführten Tätigkeiten notwendig sind und jene, welche nicht notwendig sind. Die nicht notwendigen Sachen wurden dann nochmals getrennt nach den Dingen, die an anderer Stelle im Lernort benötigt oder nicht mehr benötigt werden.



Abbildung 17 - 5S Programm - Sortieren

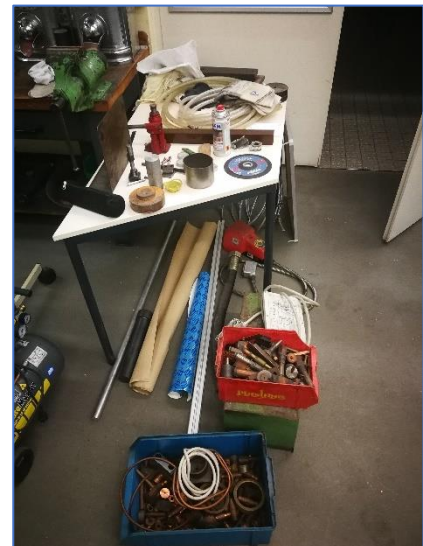


Abbildung 18 - 5S Programm - Sortieren

## 2. Säubern

Das gesamte Maschinenumfeld wurde gründlich gesäubert und verschmutzte Arbeitsmaterialien wurden gereinigt.

## 3. Signieren und Platzieren

Alle benötigten Sachen wurden bestimmten Plätzen zugeordnet und mit einer Beschriftung versehen, damit sofort ersichtlich ist, wenn etwas fehlt oder nicht an seinem Platz ist.



Abbildung 19 - 5S Programm - Signieren



Abbildung 20 - 5S Programm - Signieren

## 4. Simplifizieren und Standardisieren

Hierbei wurden die Sachen nach ergonomischen Prinzipien angeordnet, um Arbeitsabläufe einfacher und sinnvoller zu gestalten. Dieser Schritt erfolgte gemeinsam mit Schritt 3.

## 5. Selbstdisziplin und ständige Verbesserung

Die Verbesserung, die sich eingestellt hat, soll erhalten werden. Dazu ist Selbstdisziplin erforderlich. Es sollen regelmäßige Kontrollen durchgeführt und festgestellte Abweichungen beseitigt werden. Mögliche Verbesserungen sollen schnell und unkompliziert umgesetzt werden. Eine Möglichkeit dies zu besprechen ist die wöchentlich im Lernort stattfindende Lean-Runde.

### 6.3.2 Reinigung der Reibspindelpresse und Überprüfung des Wartungs- und Inspektionsplans

Zusätzlich zum 5S Programm, welches das Arbeitsumfeld der Reibspindelpresse betrifft, wurde angedacht an der Maschine eine Grundreinigung durchzuführen wie schon in Kap. 6.3 beschrieben.

Zusammen mit Herrn Remmers ist am 19.03.2019 zunächst der erstellte Wartungsplan auf seine Durchführbarkeit überprüft worden und die einzelnen Punkte sind, soweit im zeitlichen Rahmen möglich durchgeführt worden. Danach erfolgten eine detaillierte Überprüfung und Anpassung des jährlichen Inspektionsplans. Auch die Liste für das Kennzahlensystem wurde überprüft. Die Listen (Wartungsplan inkl. Wartungsnachweise, Inspektionsplan und die Kennzahlenliste) wurden nach der Anpassung am Schaltschrank gut sichtbar angebracht. Später sollen diese dann auf dem in Kap. 6.4 erläuterten TPM Board bereitgestellt werden.

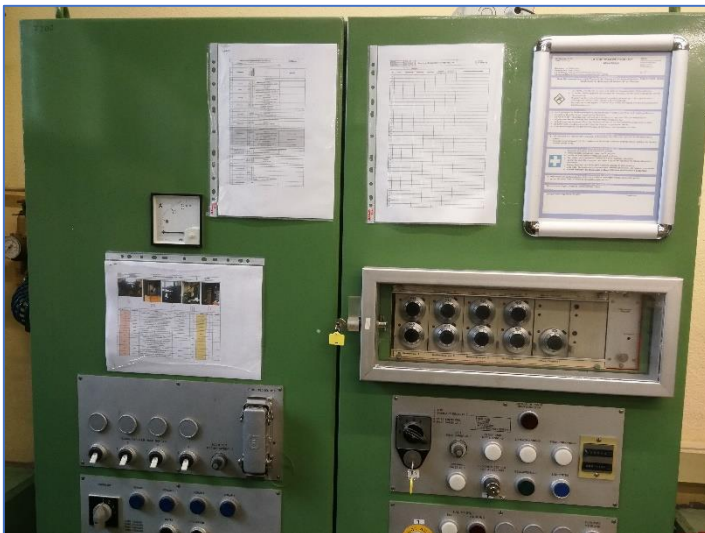


Abbildung 21 - TPM Listen am Schaltschrank der RSPP

## 6.4 TPM Board im Lernort

Zur Einführung von TPM im Lernort gehört auch, dass TPM „sichtbar“ gemacht wird. Hierzu ist die Installation eines TPM Boards im Lernort sinnvoll. Zunächst kann dies durch ein einfaches Whiteboard realisiert werden. Auf diesem werden dann alle entsprechenden Informationen zusammengetragen und visualisiert. Das analoge TPM Board kann auch als Vorlage für eine spätere digitale Version dienen.

Nach jetzigem Stand ist es sinnvoll das Board wie folgt aufzubauen. Bei Einführung von TPM auf die anderen Maschinen sind die Spalten entsprechend zu erweitern.

TPM	Maschine 1		Maschine 2		Maschine 3	
Wartung	Wartungsplan	Inspektionsplan	Wartungsplan	Inspektionsplan	Wartungsplan	Inspektionsplan
OEE	Kennzahlenliste	OEE - Auswertung	Kennzahlenliste	OEE - Auswertung	Kennzahlenliste	OEE - Auswertung
Infos	z.B. 8D – Methode oder 5S - Programm	z.B. Allgemeine Infos, ZBV, ToDo, etc.	z.B. 8D – Methode oder 5S - Programm	z.B. Allgemeine Infos, ZBV, ToDo, etc.	z.B. 8D – Methode oder 5S - Programm	z.B. Allgemeine Infos, ZBV, ToDo, etc.

Abbildung 22 - Entwurf TPM Board

Die Spalten sind den im Lernort vorhandenen Maschinen vorbehalten. In der Zeile Wartung werden der Wartungsplan (inkl. Wartungsnachweise) und der jährliche Inspektionsplan zur Verfügung gestellt. Die Zeile OEE beinhaltet die Kennzahlenliste sowie die aktuelle Auswertung der Kennzahlen (Darstellung OEE). In der letzten Zeile können alle weiteren für die Maschine relevanten Infos benannt werden.



Dies könnten zum Beispiel die Beschreibung der 8D Methode oder des 5S Programms sein, allgemeine Infos, die für alle Maschinenbediener von Interesse sind oder ToDo-Listen für noch zu erledigende Arbeiten an der jeweiligen Maschine.

Bei einer Digitalisierung des TPM Boards (z.B. auf einem Smart-Board) kann die analoge Lösung zu Grunde gelegt werden. Unterschiede könnten sein, dass die Dateneingabe nicht mehr analog sondern über ein Tablet oder einen Laptop erfolgt und auf dem TPM Board nur noch die Auswertung des OEE und die Fälligkeiten des Wartungsplans angezeigt werden. Auch weitere Lösungen sind denkbar und die Ausführung nicht auf obige Ideen begrenzt. Die Digitalisierung von TPM wird im nächsten Kapitel eingehender betrachtet.

## **6.5 Digitalisierung des TPM Konzepts**

Da mit dieser Bachelorarbeit das Thema der Einführung von TPM im Lernort noch lange nicht abgeschlossen ist sondern gerade erst beginnt, möchte ich in diesem Kapitel auf die Digitalisierung des TPM Konzepts eingehen. Zusätzlich erfolgt eine Beschreibung und Übersicht über die im Rahmen dieser Arbeit erstellten Templates und wo und wie diese zur Verfügung stehen.

Die Digitalisierung des TPM Konzepts soll zum Ziel haben, dass Maschinenkennzahlen (z.B. die Gesamtanlageneffizienz OEE) automatisiert und unmittelbar aufgenommen, ausgewertet und visualisiert werden. Die Dokumentation der Wartung soll nicht händisch auf Papier erfolgen sondern während der Wartung direkt in ein Formular/Datenbank (beispielsweise über ein Tablet/Laptop) eingegeben und im Netzwerk des Lernorts bereitgestellt werden. Dies hat eine verzögerungsfreie und lückenlose Dokumentation zur Folge. Gleiches gilt auch für die 8D-Methode.

Zusätzlich soll eine digitale Form des TPM Boards wie unter Kap. 6.4 beschrieben eingeführt und über einen Bildschirm direkt im Lernort zur Verfügung gestellt werden. Alle eingegebenen oder von der Maschine bereitgestellten Daten sollen über diesen Bildschirm abrufbar und visualisierbar sein.

Folgende Templates sind bereits erstellt und stehen zur Verfügung:

Tabelle 7 - Übersicht TPM Dokumente

<b>Nr.</b>	<b>Formular / Dokument</b>	<b>Dateiname</b>	<b>Verfügbarkeit</b>
1	Wartungsplan RSPP	Wartungsplan_RSPP.xlsx Wartungsplan_RSPP_Ausdruck.pdf	in EMIL
2	Inspektionsplan RSPP	Inspektion_RSPP.xlsx Inspektion_RSPP_Ausdruck.pdf	in EMIL
3	HAW 8D Methode	HAW_8D.doc HAW_8D.pdf	in EMIL
4	Kennzahlensystem	Kennzahlensystem_RSPP.xlsx Kennzahlensystem_RSPP_Ausdruck.pdf	in EMIL
5	Ersatzteilliste RSPP	EUMUCO_RSPP_160_250_Ersatzteile.xlsx EUMUCO_RSPP_160_250_Ersatzteile_Ausdruck.pdf	in EMIL

Die Dokumente sind im EMIL Lernraum „(MP/UMF) Umformtechnik (Svr, Rmrs) IPT / LEAN im LDU / Alle Dokumente / TPM“ zu finden.

## **7 Vorschlag einer TPM Laborübung für das Vertiefungsstudium Produktionstechnik**

Die Verbesserung von Produktionsprozessen und die Steigerung von Effizienz und Wirtschaftlichkeit sind ein wesentlicher Wettbewerbsfaktor und in der Industrie eine ständige Herausforderung. Lean Management und damit verbunden das Total Productive Maintenance (TPM) sind wichtige Faktoren, die zur Erreichung dieser Ziele in Unternehmen eingesetzt werden können. Die Aufgabe Lean Management und TPM in den Unternehmen einzusetzen und sich damit eingehend zu beschäftigen kann mit zu der Verantwortung von Produktionstechnikern\*innen gehören. Deshalb ist es sehr sinnvoll, sich bereits während des Studiums mit diesen Themen zu beschäftigen.

Es erfolgen nun Vorschläge für eine TPM Laborübung im Lernort Digitale Umformtechnik für das Vertiefungsstudium Produktionstechnik. Diese Vorschläge beschreiben jeweils eine Grundidee, auf der die Laborübung aufbauen soll. Die exakte Ausarbeitung der Laborübung könnte dann z.B. in Form eines Lern- und/oder Bachelorprojekts erfolgen.

Das Labor gliedert sich in drei verschiedene Phasen: die Laborvorbereitung, in welcher die Studierenden sich selbstständig mit dem Thema vorab auseinandersetzen, die Laborübung selber, welche im Lernort Digitale Umformtechnik durchgeführt wird und in der eine konkrete Problem- oder Fragestellung bearbeitet wird und schließlich die Nacharbeit, welche meist in Form eines Laborprotokolls erfolgt.

Zur Laborvorbereitung sollte ein kurzes Abstract über die Themen Lean Management und TPM gegeben werden, um eine Einführung in das Thema zu gewährleisten. Zusätzlich sollte auch eine kleine Recherche in Eigenregie zu diesem Thema erfolgen.

Während der Laborübung selber könnte zunächst das vorab angeeignete Wissen der Studierenden in kurzer Zeit durch gezielte Fragen abgeprüft werden. Danach erfolgt die eigentliche Laborübung. Hierzu gibt es drei Ideen, die im Folgenden näher erläutert werden:

### **1. Anlagenschulung für die Studierenden**

Ein Schwerpunkt der Einführung von TPM beinhaltet die Übertragung von Routineinstandhaltungsaufgaben vom Wartungspersonal an den Anlagenbediener (vgl. Kap. 6.3 Schritt 6). Diese Idee würde vorsehen, dass das im Lernort zuständige Maschinenbedienpersonal eine spezielle Schulung für eine oder mehrere der im

Lernort vorhandenen Maschinen erhält. Das Personal würde dann zum Multiplikator werden und die Laborübung würde darin bestehen, dass dieses spezielle Wissen an die Studierenden weitergegeben wird.

Ziel dieser Laborübung soll sein, dass die Studierenden einen tieferen und praktischen Einblick in die Funktionalität der Maschine erhalten. Zwar werden die Maschinen in bisherigen Laboren für verschiedene Versuche in Betrieb genommen, jedoch haben die Studierenden meist nur eine sehr theoretische Vorstellung davon, wie die Maschinen funktionieren.

Die Studierenden sollen nach dieser Schulung in der Lage sein die verschiedenen Bauteile der Maschine besser zu verstehen und beschreiben zu können.

## **2. Durchführung einer Wartung gemäß Wartungsplan an einer der im Lernort vorhandenen Maschinen**

Diese Idee beinhaltet, dass die Studierenden eine eigenständige Wartung an einer der im Lernort vorhandenen Maschinen nach Vorlage der vorhandenen Wartungspläne durchführen.

Vorteil dieser Laborübung wäre zum einen, dass die Studierenden praktisches Wissen über die Durchführung einer Maschinenwartung erhalten und zum anderen wäre die regelmäßige Wartung der Maschinen sichergestellt und würde keine zusätzliche Zeit des Laborpersonals in Anspruch nehmen.

## **3. Fortsetzung der Implementierung des TPM Konzepts im Lernort durch die Studierenden**

Der TPM Baustein soll im Lernort weiterentwickelt und auch für die anderen Maschinen implementiert werden. Daher ist eine weitere Idee, dass pro Laborveranstaltung eine kleine Gruppe von Studierenden gemeinsam einen weiteren Teilaspekt von TPM aufgreift und versucht diesen weiter zu entwickeln und zu überlegen, wie dieser im Lernort umgesetzt werden kann.

Natürlich lassen sich alle Vorschläge kombinieren und ergänzen sich meiner Meinung nach hervorragend. Die Nacharbeit der vorgeschlagenen Laborübungen sollte beinhalten, dass die Studierenden im Laborprotokoll die Durchführung des Labors beschreiben. Zusätzlich sollte erläutert werden, welches Wissen gewonnen wurde und wie dieses im Kontext zu TPM steht.

Da ein wesentlicher Punkt im Lean Management und TPM die ständige Verbesserung ist, sollte im Laborprotokoll ebenfalls ein eigener konkreter Verbesserungspunkt beschrieben und begründet werden.

## 8 Fazit

Diese Bachelorarbeit hat sich mit der Entwicklung und Implementierung eines TPM Konzepts für den Lernort Digitale Umformtechnik an der HAW Hamburg beschäftigt.

Nach einer umfangreichen Recherche und Einführung in das Thema Lean Management und Total Productive Maintenance (TPM), sowie der Betrachtung von speziell kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und deren Implementierung von TPM, bin ich zu dem Schluss gekommen, dass es kein einheitliches Schema gibt, mit dessen Hilfe TPM in KMU eingeführt werden könnte. Dies liegt zumeist daran, dass jedes Unternehmen unterschiedlich ist. Daher ist es sinnvoll sich vor der Einführung von TPM eingehend mit dem Thema zu beschäftigen.

TPM lässt sich mit einem Werkzeugkasten vergleichen, der viele verschiedene Werkzeuge bereithält. Nur nach einer eingehenden Analyse der eigenen Situation kann entschieden werden, welche Werkzeuge benötigt werden.

Das in dieser Bachelorarbeit beschriebene TPM Konzept ist speziell auf den Lernort Digitale Umformtechnik abgestimmt. Es kann und soll kontinuierlich weiterentwickelt und implementiert werden, um einen maximalen Nutzen für den Lernort und die Studierenden zu erzielen.

Leider konnte die Risikoanalyse mit Bezug auf die Ersatzteile für die Reibspindelpresse nicht wie geplant durchgeführt werden. Dies liegt hauptsächlich daran, dass die kontaktierten Unternehmen keine Angebote für die angefragten Ersatzteile liefern konnten oder wollten.

Bei der Ausarbeitung dieses komplexen Themas stößt man immer wieder auf sehr interessante und weiterführende Themen. Natürlich können nicht alle erarbeiteten Ideen im Rahmen einer solchen Arbeit umgesetzt werden. Daher könnten folgende Themengebiete im Rahmen weiterer Arbeiten untersucht und im Lernort umgesetzt werden:

- Digitalisierung des TPM Konzepts und Einführung des digitalen TPM Boards (vgl. Kap. 6.4 und 6.5)
- Ausarbeitung einer oder mehrerer Laborübungen für die Studierenden im Lernort Digitale Umformtechnik
- Auf- und Ausbau des Kontaktes zu verschiedenen Firmen, um die Risikoanalyse nachträglich durchzuführen und zum anderen, um eine Instandhaltungsschulung für die im Lernort vorhandenen Maschinen durchzuführen (vgl. Kap. 6.3 Schritt 6 und Kap. 7)

## 9 Literaturverzeichnis

**"5S". 2018.** Wikipedia. [Online] 19. 12 2018. [Zitat vom: 14. 03 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/5S>.

**"8D-Report". 2018.** Wikipedia. [Online] 13. 06 2018. [Zitat vom: 20. 03 2019.] <https://de.wikipedia.org/wiki/8D-Report>.

**"Lean Management". 2019.** Wikipedia. [Online] 15. 01 2019. [Zitat vom: 01. 03 2019.] [https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lean\\_Management&oldid=184751069](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lean_Management&oldid=184751069).

**"TPM-Navi".** FIR e.V. der RWTH Aachen. [Online] [Zitat vom: 14. 03 2019.] <https://www.fir.rwth-aachen.de/forschung/forschungsprojekte/tpm-navi-14913n-n0426105>.

**Brunner, Franz J. 2017.** *Japanische Erfolgskonzepte*. München : Carl Hanser Verlag, 2017. ISBN 978-3-446-45394-4.

**DIN 31051:2018-09.** Grundlagen der Instandhaltung.

**Dr. Korb, Reinhard. 2012.** Tipps für die praxisorientierte TPM-Einführung. [Online] 2012. [Zitat vom: 12. 03 2019.] [https://www.easyfairs.com/uploads/tx\\_ef/Korb\\_Praxisorientierte\\_TPM-Einfuehrung.pdf](https://www.easyfairs.com/uploads/tx_ef/Korb_Praxisorientierte_TPM-Einfuehrung.pdf).

**Heller, Thomas und Prasse, Christian. 2018.** *Total Productive Management - ganzheitlich: Einführung in der Praxis*. Berlin : Springer-Verlag GmbH Deutschland, 2018. ISBN 978-3-662-53257-7.

**VDI 2890:2017-03.** Planmäßige Instandhaltung.

# Anhang

Anhang 1 – Eumuco RSPP 160/250 Ersatzteilliste .....	I
Anhang 2 – Wartungsplan und -nachweis RSPP 160/250 .....	IV
Anhang 3 – Inspektionsplan RSPP 160/250 .....	VII
Anhang 4 – Kennzahlenliste & -auswertung .....	X
Anhang 5 – 8D Methode .....	XI



## Anhang 1 – Eumuco RSP 160/250 Ersatzteilliste

Kennziffer od. Ersatzteile-Nr.	Zeichnungs-Nr. / Pos. Type	Menge	Benennung / Bestelltext	Werkstoff	Hersteller / Lieferant
6	346-25889	1	Spindelmutter (Baugr. Körper)	GZ-CuZn35Al1	
7	448-24805	1	Bundbuchse (Baugr. Körper)	G-SnBz12	
11	141-25725A	4	Verschleißleiste (Baugr. Körper)	GG - 25	
22	145-25692	1	Stößelleiste (Baugr. Stößel)	GG - 25	
36	145-26387	1	Stößelleiste (Baugr. Stößel)	GG - 25	
29	444-24797	1	Zwischenlage (Baugr. Stößel)	Alu	Martin
zu 32		1	Lederbandage Ø 725 x 675 x 65 (Baugr. Stößel)	Chromleder	Kuhne
zu 28		1	Axial-Rillenkugellager Nr. 51130 (Baugr. Stößel)		FAG od. SKF
	448-25013	2	Buchse	Sint-bronze	Krebsöge Radevormwald
25	441-24793	1	Spurpfanne (Baugr. Stößel)	CuAl10NiF65	
30	341-24799	1	Bundbuchse (Baugr. Stößel)	G-NiAlBzF60	
26	241-24800	1	Spindel (Baugr. Stößel)	36CrNiMo4	
		1	Flachriemen, Extremultus Typ L 28, endlose Länge 3273 Breite 60, Vorspannung 1,5° (Baugr. Antrieb)		Siegling
zu 52		2	Axial-Pendelrollenlager Nr. 29412 Ø 60/130 x 42 (Baugr. Vorgelege)		SKF
zu 52		2	Pendelrollenlager Nr. 21312 Ø 60/130 x 31 (Baugr. Vorgelege)		SKF
zu 65		2	Nutring Ø 50/35 x 10 Best.-Nr. N 35-106 (Baugr. Vorgelege)	90NBR 108 Simrit	Freudenberg
zu 64		2	Nutring Ø 80/100 x 12 Sn Best.-Nr. N 80-101 (Baugr. Vorgelege)	90NBR 108 Simrit	Freudenberg

zu 57		2	Nutring Ø 8160/180 x 15 Sn Best.-Nr. N 160-105 (Baugr. Vorgelege)	90NBR 108 Simrit	Freudenberg
zu 56		2	Packung Euraflon PTFE Nr. 30 Tö S 12,5 (Baugr. Vorgelege)		Hecker
zu 56		2	Rundschnurring Ø 184 x 3 aus Rundschnur Ø 3; ca. 600 lg. (Baugr. Vorgelege)	37PAB/769 Simrit	Freudenberg
zu 64		2	Rundschnurring Ø 77 x 3 aus Rundschnur Ø 3; ca. 280 lg. (Baugr. Vorgelege)	37PAB/769 Simrit	Freudenberg
zu 0109		2	Nutring 180-160-15 Sn Best.-Nr. N 160-105 (baugr. Bremse)	Simrit	Freudenberg
zu 0109		2	Kolbenführungsring S 50704-0950-A-47 (Baugr. Bremse)		Busak+Luyken
zu 0108		2	Nutring 95-110-12 Best.-Nr. AUN 95-104 (Baugr. Bremse)	Simrit	Freudenberg
zu 0108		2	Standgenführungsring S 50704-0950-C-47 (Baugr. Bremse)		Busak+Luyken
zu 0108		2	O-Ring 172-4 (Baugr. Bremse)	70NBR/769	Freudenberg
zu 0110		2	Danly-Feder Ø 63/ Ø 38 x 305 9-4048-21 (Baugr. Bremse)		Danly
	441-30311	4	Buchse (Baugr. Bremse)	Sinter-bronze	Alpo-Calcar
	4-153-25-33-0101	2	Buchse (Baugr. Bremse)	GZ- CuSn7ZnPb	
	4-153-25-33-0102	2	Buchse (Baugr. Bremse)	GZ- CuSn7ZnPb	
	4-153-25-33-0112	4	Lagerbuchse (Baugr. Bremse)	Sint B 50	Maschinenlager Düsseldorf
		4	Urelast-Feder Ø 63/17 x 50 (Baugr. Puffer)		Efbe-Brumme
		48	Teller Feder Ø 70/40,5 x 4 (Baugr. Puffer)		Schnorr

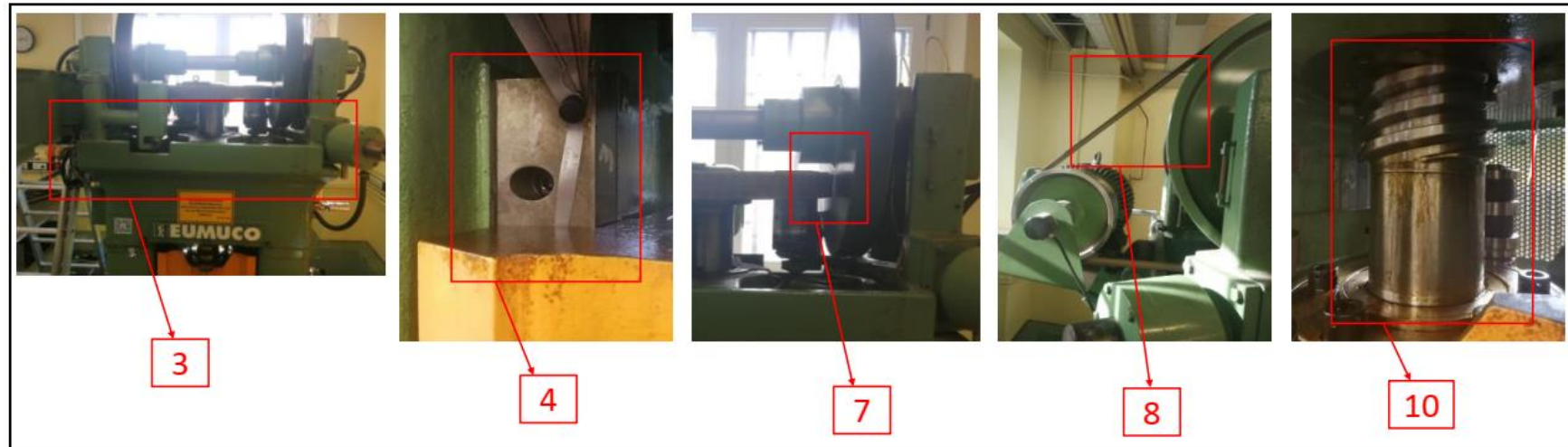
	448-25014	2	Buchse (Baugr. Puffer)	Sinter-bronze	Krebsöge Radevormwal d
		2	3/2-Wegeventil R 1/2"; D 2773 B 4001 (Baugr. Pneumatik)		Ross
		1	5/2-Wegeventil R 1/2"; D 7076 A 4381 (Baugr. Pneumatik)		Ross
		1	Dichtungssatz RG2AHL171 (Baugr. Unterer Auswerfer)		Parker- Hannifin
		1	Dichtungssatz PK 6002 A 001 (Baugr. Unterer Auswerfer)		Parker- Hannifin
	4-153-25-63- 0104		Führungsbuchse (Baugr. Unterer Auswerfer)	GZ- CuSn7ZnPb	

## **Anhang 2 – Wartungsplan und -nachweis RSPP 160/250**

Es sind der Wartungsplan und exemplarisch ein Wartungsnachweis beigefügt.

Datum:	19.03.2019
Ersteller:	Marten Salow
Maschine:	RSPP 160/250

### Wartungsplan Reibspindelpresse RSPP 160/250




Nr.	Masch. Zustand	Komponente	Tätigkeit	Hilfsmittel	Verantw.	Turnus	Zeit [min]	Fälligkeit
1	AUS	RSPP	Schrauben und Schraubverbindungen sind regelmäßig auf ihren festen Sitz zu überprüfen	Schraubenschlüssel, Schraubenzieher, Inbusschlüssel	BR	6-monatlich	15	
2	AUS	RSPP	Die Maschine ist regelmäßig auf Mögliche Öllachen, -flecken, etc. zu kontrollieren und diese sind zu entfernen.	Putzmittel	BR	wöchentlich	10	
3	AUS	Traverse	Die Traverse (oberer Teil der RSPP) ist regelmäßig zu säubern	Putzmittel	BR	6-monatlich	15	
4	AUS	Führungen	Das Führungsspiel ist regelmäßig zu kontrollieren. Das Führungsspiel darf .... nicht über/unterschreiten (Nachfrage an Eumuco ist gestellt)	Fächermaßstab	BR	monatlich	15	
5	AUS	RSPP	Die Maschine ist regelmäßig zu säubern	Putzmittel	BR	6-monatlich	60	
6	AUS / AN	RSPP	Die Maschine ist regelmäßig einer kompletten Sichtprüfung (Maschine AN/AUS) und Hörprüfung (Maschine AN) zu unterziehen	Inspektionsplan	BR	jährlich	60	
7	AUS	Seitenscheiben	Seitenscheiben bei Bandagenverschleiß regelmäßig nachstellen. Seitenscheiben sind auf der Kontaktseite zu säubern.	Inbusschlüssel, Putzmittel,	BR	6-monatlich	10 - 30	
8	AUS	Flachriemen	Die Spannung des Flachriemens ist regelmäßig zu kontrollieren. Die Spannung des Flachriemens wird geprüft, indem... Die Spannung des Flachriemens darf nicht ... (Nachfrage an Eumuco ist gestellt)	??	BR	6-monatlich	5	
9	AUS	RSPP	Schmierung der RSPP erfolgt nach Schmierplan aus dem Maschinenhandbuch Aus dem Schmierplan sind Punkt 5 & 6 zu beachten. Der Rest erfolgt automatisch über die Zentralschmierung.	Schmierplan	BR	monatlich	15	
10	AUS	Spindel	Spindel und Spindelmutter sind von verhärtetem Öl und Schmutz zu säubern. Danach Spindel und Spindelmutter sorgfältig schmieren	Schmierplan	BR	monatlich	30	

Datum:	19.03.2019	<b>Wartungsnachweis Reibspindelpresse RSPP 160/250</b>	
Ersteller:	Marten Salow		
Maschine:	RSPP 160/250		

Nr.	Masch. Zustand	Komponente	Tätigkeit	Hilfsmittel	Verantw.	Turnus	Zeit [min]
1	AUS	RSPP	Schauben und Schraubverbindungen sind regelmäßig auf ihren festen Sitz zu überprüfen	Schraubenschlüssel, Schraubenzieher, Inbusschlüssel	BR	6-monatlich	15

Nr.	Nächste Fälligkeit am	Durchführung am	Name	Unterschrift	Bemerkungen
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

## Anhang 3 – Inspektionsplan RSPP 160/250

Inspektionsplan Reibspindelpresse RSPP 160/250						
Prüfdatum:						
Prüfer:						
Nr.	Prüfgegenstand	i.O.	nicht i.O. vorhanden	nicht vorhanden	Hinweis	Bemerkung
<b>1. Allgemeinzustand</b>						
1.1	Mechanik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Sichtprüfung: <b>Auffällige Geräusche</b> , unruhiger Lauf, lose Teile, fehlende Schrauben, Schwungradsicherung, Befestigung Stößel - Spindel	
1.2	Elektrik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Sichtprüfung: Beschädigte Kabel, fehlende Erdung, beschädigte Schalt- und Klemmenkästen, beschädigte Bedienung- und Überwachungselemente, Befestigung der Steuertafel	
1.3	Pneumatik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Lose Verschraubungen, beschädigte und geknickte Schlauchleitungen Wartungseinheit: Öl vorhanden, nicht zusetzende Schalldämpfer Wasserabscheider leer (Manometer OK?)	
1.4	Schmiersysteme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Fehlende oder beschädigte Anschlußleitungen, trockene Schmierstellen, Fettaustritt an Druckbegrenzungsventilen	
<b>2. Schilder</b>						
2.1	Warnhinweise			<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Vorhanden, Wahrnehmbarkeit und lesbar, Schilder in Augenhöhe, TÜV-Siegel, Nachlaufmessung	
<b>3. Feste Schutzhauben und feste Abdeckungen</b>						
3.1	Schutzhauben und Abdeckungen an allen Seiten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Vorhanden, beschädigt?, lose, defekt, Gefahrenbereichssicherung, Funktion, Befestigungen	
<b>4. Verriegelnde trennende Schutzeinrichtung</b>						
4.1	Verriegelnde trennende Schutzeinrichtung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Vorhanden, Gefahrenbereichssicherung prüfen, lose, defekt, beschädigt, Befestigung, Vorständigkeit	noch nicht vorhanden
4.2	Pressenhubauslösung gesperrt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Funktionsprüfung: <b>***bei nicht geschlossener Schutzeinrichtung***</b> Bei allen Programmstellungen (außer Einrichten und Werkzeugwechsel)	noch nicht vorhanden
4.3	Schutz des Umfeldes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Funktionsprüfung: Gefahrenbereichssicherung im Umfeld der Schutzeinrichtung prüfen	noch nicht vorhanden
<b>5. Befestigung der Komponenten auf der Maschinenvorder- und Maschinenoberseite</b>						
5.1	Befestigung der Komponenten auf der Maschinenvorder- und Maschinenoberseite	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Sichtprüfung: Insbesondere oberhalb des Maschinenbedienpersonals	
<b>6. Werkzeug</b>						
6.1	Werkzeughalter und Befestigung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Vollständig, lose Teile	
<b>7. Schwungradbremse</b>						
7.1	Schwungradbremse			<input type="checkbox"/>		
7.2	Funktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
7.3	Belag (messbar?)				> als mm 11.3 nicht messbar: bei nächster Wartung muss der Belag gemessen und notiert werden, Messmöglichkeit schaffen	
7.4	Auslaufzeit gebremst:			sek.		

Nr.	Prüfgegenstand					Hinweis	Bemerkung
		i.O.	nicht i.O.	vorhanden	nicht vorhanden		
<b>8. Elektrik</b>							
8.1	Datum der letzten elektrischen Wiederholungsprüfung					Durchgeführt von: Prüfbericht Nr.: - Elektrische Wiederholungsprüfung mindestens alle 4 Jahre	
<b>9. Antrieb</b>							
9.1	Antrieb nur Vorlauf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung:	
9.2	Verriegelung Vorlauf / Rücklauf ohne Stillstandsüberwachung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung:	
9.3	Antriebseinheit und Riementrieb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Sichtprüfung:	
<b>10. Hubauslösung (WA = Wahlschalterstellung)</b>							
10.1	Hubansteuerung gesperrt bei Störmeldung <b>**nicht beim Einrichten**</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung:	
10.2	Ansteuerung nur im o.T. WA Einzelhub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung: Stößel nur aus o.T. fahren	
10.3	Ansteuerung nur im o.T. WA Dauerhub	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Funktionsprüfung: Stößel nur aus o.T. fahren	
<b>11. Zweihandschaltung</b>							
11.1	Kategorie 4 - Typ: IIIC	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung:	
11.2	Sicherheitsbausteine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Fabrikat: Typ:	
11.3	Schützsicherung <b>**Testen / Prüfen**</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung:	
11.4	Sicherheitsabstand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Sichtprüfung:	
11.5	Umgehungsschutz der Taster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung:	
11.6	Hubauslösung 2 Taster synchrone Betätigung (0,5s) mit Umgehungsschutz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Einrichten, Einzelhübe	
<b>12. Betriebsartenschalter</b>							
12.1	Betriebsartenschalter					Pos. Funktion	
						0 AUS	
						1 Zweihand Einzelhub	
						2 nicht belegt	
						3 Fuß Einzelhub	
						4 Fuß Dauerlauf	
12.2	25.2 Umstellschutz des Betriebsartenschalters Maschine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung: Schlüssel nur abgeschlossen abziehbar	
12.3	25.3 Betriebsarten der Maschine untereinander verriegelt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Einrichten nur mit Handtaster Handbetrieb nur mit Handtaster Automatikbetrieb nur mit Automatiktaster	
<b>13. Nachlaufmessung</b>							
<b>14. Not-Aus</b>							
14.1	Not-Aus Funktion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Funktionsprüfung: Alle gefährlichen Bewegungen schnellst möglich still setzen ! (Antriebe aus, Schwungradbremse ein)	
14.2	Not-Aus Taster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			Sichtprüfung: Not-Aus-Taster - rot, Hintergrund - gelb Not-Aus-Schalter -, Griff - rot, Hintergrund - gelb	
14.3	Not-Aus-Taster mit Schlüssel			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Empfehlung: Not-Aus-Taster ohne Schlüssel (Schnelles Entriegeln ist nicht immer möglich)	
14.4	Not-Aus-Taster quittieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung:	
14.5	Nach Hauptschalter ein, oder nach Not-Aus rücksetzen darf keine Bewegung einsetzen!	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung:	



Nr.	Prüfgegenstand					Hinweis	Bemerkung
		i.O.	nicht i.O.	vorhanden	nicht vorhanden		

15.						Signallampen / Anzeigen	
15.1	27.1 Alle Signallampen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Lampentest (Empfehlung: alle Signallampen als LED)	
15.2	27.2 Signallampen Steuerung ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Lampe Stromrelais überwacht (Empfehlung: wenn nicht als LED)	
15.3	27.3 Signallampe Schwungradbremse ein	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Lampe Stromrelais überwacht (Empfehlung: wenn nicht als LED)	
15.4	27.4 Anzeigen, Bildschirm, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sichtprüfung: Lesbar, verkrazt, beschädigt	

16.						Steuerung / Sensoren	
16.1	28.2 Hub ausschaltende (steuernde) Elemente (Endschalter, Schaltwerk, Resolver, etc.) 2 kanalig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Sichtprüfung: 2 Endschalter (keine 2 Näherungsschalter) oder 1 Endschalter und 1 elektronischer Schalter	
16.2	28.3 Befestigung Hub ausschaltende Elemente (Endschalter, Schaltwerk, Resolver, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Sichtprüfung:	
16.3	Sensoren: 3x Weggeber 1x Rollentaster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Funktionsprüfung: Sichtprüfung:	

## Anhang 4 – Kennzahlenliste & -auswertung

Datum:	19.03.2019	<b>Kennzahlen Reibspindelpresse RSPP 160/250</b>
Ersteller:	Marten Salow	
Maschine:	RSPP 160/250	



Nr.	Datum	Arbeitszeit		Rüstzeit [min]	Wartung & Reinigung [min]	ungeplanter Stillstand [min]	Beschreibung ungeplanter Stillstand
		Beginn [Uhrzeit]	Ende [Uhrzeit]				
1	22.03.2019	12:00	16:30	10	15	5	Stromausfall
2							
3							
4							
5							
6							

Betriebszeit [hh:mm]	Betriebszeit [min]	Laufzeit [min]	Nettoproduktionszeit [min]	OEE	OEE gesamt
4:30	270	245	240	88,89%	88,89%
0:00	0	0	0	0,00%	
0:00	0	0	0	0,00%	
0:00	0	0	0	0,00%	
0:00	0	0	0	0,00%	
0:00	0	0	0	0,00%	

## Anhang 5 – 8D Methode

### ***TPM im Lernort Digitale Umformtechnik – 8D Report***





<b>Prozessverantwortlicher</b>			
<b>Maschine</b>			
<b>Bauteil</b>			
<b>Datum</b>			
<b>Aktueller Status</b>			
 <p>Problem registriert und kurzfristige Gegenmaßnahmen eingeleitet.</p>	 <p>Langfristige Gegenmaßnahme erarbeitet, aber noch nicht implementiert.</p>	 <p>Langfristige Gegenmaßnahme implementiert. Erfolg wird evaluiert.</p>	 <p>Langfristige Gegenmaßnahme erfolgreich evaluiert. Problem gelöst.</p>
<b>1.</b>	<b>Kurzbeschreibung des Problems</b>		
Ist das Problem zuvor schon einmal aufgetreten?			
<b>Was sind die Schwierigkeiten (Daten, Auftretenshäufigkeit)?</b>		<b>Warum ist eine Aktion notwendig?</b>	
<b>Wann ist das Problem aufgetreten?</b>		<b>Wer ist von dem Problem betroffen?</b>	
<b>Wo tritt das Problem auf?</b>		<b>Wie haben wir von dem Problem Kenntnis erlangt?</b>	

Foto / Diagramm

**2.**

## **Cross-funktionales Team etablieren**

Ein cross-funktionales Team ist wichtig, um alle Aspekte zu berücksichtigen und das Problem wirklich fixieren zu können.

Name:	Verantwortlichkeit:	Kontaktdaten

**3.**

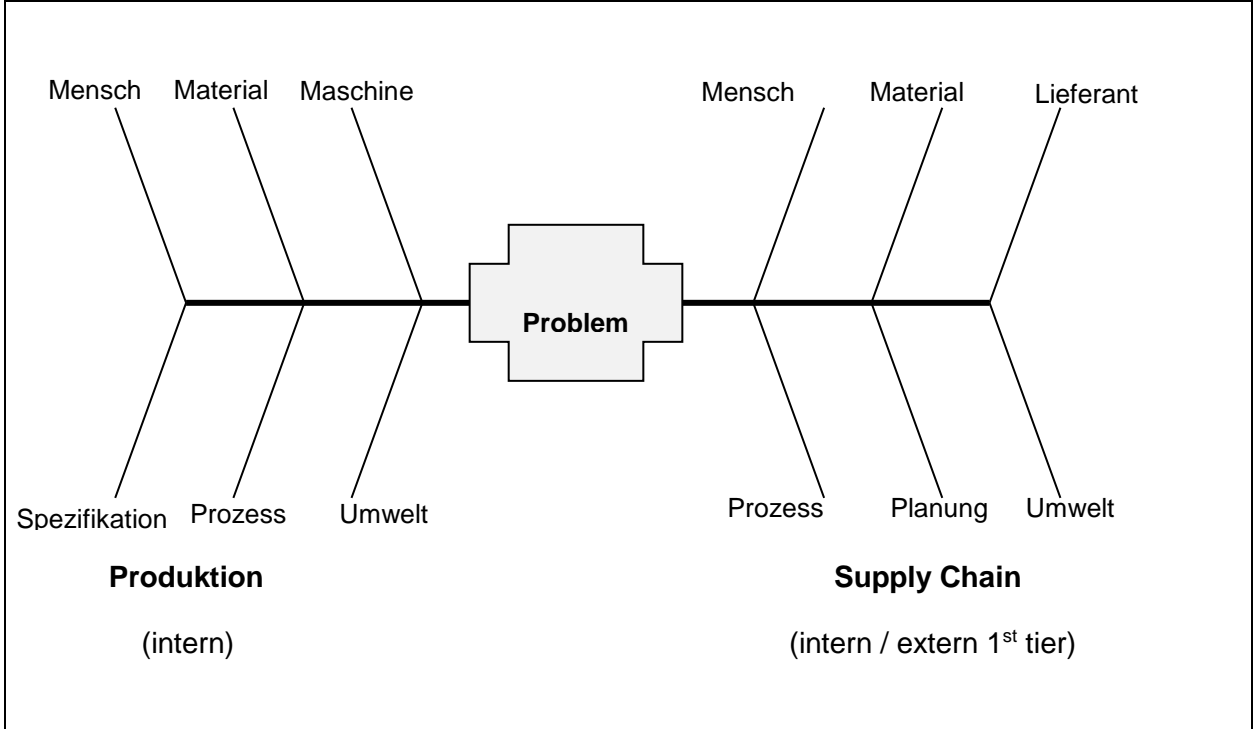
## **Erste Analyse**

Wo hätte das Problem als Erstes erkannt werden müssen?

Was war der Grund, dass es dort nicht erkannt wurde?

4. Sofortmaßnahmen – Problem fixiert				
Nr.	Aktion	Aktionshalter	Zieldatum	Status
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

**5. Ursachen-Analyse (Root Cause) –**  
**Detaillierte Analyse aller möglichen Faktoren intern / extern:**  
**Was, Wer, Wo, Wann, Warum, Wie?**



	<b>Wahrscheinliche Ursache 1</b>	<b>Wahrscheinliche Ursache 2</b>	<b>wahrscheinliche Ursache 3</b>
Warum?			
Warum?			
Warum?			
Warum?			
Warum?			

<b>6. Langfristige Aktionen:</b>				
<b>Nr.</b>	<b>Aktion</b>	<b>Aktionshalter</b>	<b>Zieldatum</b>	<b>Status</b>
1				
2				
3				
4				
6				
7				
8				
9				
<b>7. Prävention – Beschreiben Sie die Aktionen, die ein erneutes Auftreten verhindern.</b>				
<b>8. Bestätigung der Lösung &amp; dauerhafte Kennzahlen / Kontrollmechanismen – wie ist die Lösung evaluiert worden?</b>				