

# **Bachelorarbeit**

Konstantin Schiller

## **Durchlaufzeitreduzierung in der Wälzfräser- Produktion nach Prinzipien des Quick-Response- Manufacturing in einem Unternehmen für industrielle Präzisionswerkzeuge**

**Konstantin Schiller**

**Durchlaufzeitreduzierung in der Wälzfräser-  
Produktion nach Prinzipien des Quick-Response-  
Manufacturing in einem Unternehmen für  
industrielle Präzisionswerkzeuge**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

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

in Zusammenarbeit mit:  
LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG  
Abteilung Change Management  
Grabauer Straße 24  
21493 Schwarzenbek

Erstprüfer: Prof. Dr. Markus Stallkamp  
Zweitprüfer: Dipl. – Ing. (FH) Malte Johannsen

Abgabedatum: 29.09.2017

## **Zusammenfassung**

**Konstantin Schiller**

### **Durchlaufzeitreduzierung in der Wälzfräser-Produktion nach Prinzipien des Quick-Response-Manufacturing in einem Unternehmen für industrielle Präzisionswerkzeuge**

**Stichworte:** Durchlaufzeit, QRM, Fertigungssteuerung, Wertstromdesign, Wälzfräser

#### **Kurzzusammenfassung**

Das Ziel der Bachelorarbeit ist es, die Durchlaufzeit bei der Herstellung von industriellen Präzisionswerkzeugen in den Produktionsbereichen der Hartbearbeitung nachhaltig zu reduzieren. Die Schwerpunkte liegen zunächst in der Aufzählung und Erklärung der wichtigsten Produktionsbegriffe, die im Zusammenhang mit dem Thema Durchlaufzeit stehen. Des Weiteren folgen eine Vorstellung und die Kernaussagen der Produktionsstrategie des Quick-Response-Manufacturing. Bei der Umsetzung im Unternehmen wird um Transparenz in den Abläufen zu erhalten, zunächst eine Analyse des Ist-Zustandes, der Produktion in der Hartbearbeitung, aufgenommen und bewertet. Auf Grundlage dieser Ist-Analyse folgt, unter Berücksichtigung von Prinzipien des Quick-Response-Manufacturing, die Entwicklung von Sollkonzepten zur Reduzierung der Durchlaufzeit und die Implementierung der daraus entstandenen Maßnahmen. Abschließend findet eine Wirksamkeitsprüfung der eingeführten Maßnahmen statt.

### **Reducing lead time in the hob manufacturing by principles of the Quick-Response-Manufacturing in an enterprise for industrial precision tools**

**Keywords:** Lead time, QRM, Manufacturing control, Value Stream, Hobs

#### **Abstract**

The aim of this bachelor thesis is to reduce the lead time in the production areas of the hard treatment with lasting effect. The main focuses lie first in the enumeration and explanation of the most important production concepts which stand relating to the subject lead time. Besides follow an image and the core statements of the production strategy of the Quick-Response-Manufacturing. With the conversion in the enterprise becomes around transparency in the expiries to receive, first an analysis of the current state, the production in the hard treatment taken up and valued. The development of the target state follows the basis of the current state analysis for the reduction of the lead time and the implementing of the measures resulted from it. Finally, an effectiveness check of the introduced measures takes place.

# I Inhaltsverzeichnis

<b>Angaben zur Arbeit</b> .....	<b>I</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>II</b>
<b>II Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>III Bild- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>3</b>
2.1 Verzahntechnik.....	3
2.2 Gegenstand und Ziele der Produktion.....	4
2.3 Fertigungssteuerung.....	5
2.3.1 Auftragszeugung.....	5
2.3.2 Auftragsfreigabe.....	6
2.3.3 Reihenfolgebildung.....	6
2.3.4 Kapazitätssteuerung.....	7
2.4 Quick Response Manufacturing.....	7
2.4.1 Dreifachstrategie zur Reduzierung der Durchlaufzeit.....	8
2.4.2 Abgrenzung von anderen Produktionsmanagementstrategien.....	9
<b>3 Ist-Analyse und Soll-Konzept</b> .....	<b>11</b>
3.1 Ist-Analyse.....	11
3.1.1 Produktionsbereich Spanflächenschleifen.....	14
3.1.2 Produktionsbereich Hinterschleifen.....	18
3.1.3 Produktionsbereich Finish.....	21
3.1.3.1 Durchlaufzeitauswertung der Nacharbeit.....	24
3.1.3.2 Durchlaufzeitauswertung auf Arbeitsgangebene.....	26
3.1.4 Fazit der Ist-Analyse.....	29
3.2 Soll-Konzept.....	30
3.2.1 Konzeptplanung.....	31
3.2.2 Konzeptentwicklung.....	36

---

<b>4 Implementierung</b> .....	<b>41</b>
4.1 Minimierte Variabilität der Durchlaufzeit .....	41
4.2 Verringerung der Durchlaufzeit pro Auftrag .....	43
4.3 Verringerung der Auslastung .....	43
4.4 Wirksamkeits- und Erfolgsanalyse.....	44
<b>5 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>49</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>IX</b>
<b>Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung</b>	

## II Abkürzungsverzeichnis

ALP	Auftragsfreigabe mit linearer Programmierung
AS	Auftragssteuerung
AV	Arbeitsvorbereitung
AVG	Arbeitsvorgang
BM	Bestellmenge
ConWiP	Constant Work in Process
DLZ	Durchlaufzeit Produktionsauftrag
ERP	Enterprise-Resource-Planning
FA	Fertigungsauftrag
FIFO	First in – First out
FIN	Produktionsbereich Finish
HSLF	Produktionsbereich Hinterschleifen
HSS	High-Speed-Steel
KA	Kundenauftrag
KW	Kalenderwoche (n)
LG	Losgröße
PPS	Produktionsplanung und -steuerung
QP	Qualitätsprüfung
QP END	Produktionsbereich Endgültige Qualitätsprüfung und Montage
QS	Qualitätssicherung
SPFL	Produktionsbereich Spanflächenschleifen
TBE	Bearbeitungsende
TBEV	Bearbeitungsende Vorgänger
TRA	Rüstanfang
VHM	Vollhartmetall
WZ	Werkzeug (e)
ZDF	Durchführungszeit
ZDL	Durchlaufzeit

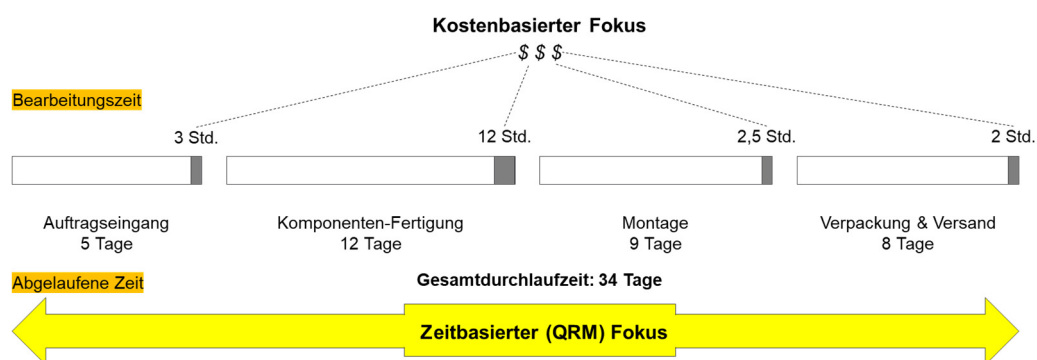
### III Bild- und Tabellenverzeichnis

<b>Bild 1.01:</b> Unterschied zwischen kostenbasiertem und QRM-Ansatz.....	1
<b>Bild 1.02:</b> Unternehmen LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG.....	2
<b>Bild 2.01:</b> Allgemeine Verfahren zur Zahnradherstellung links, Wälzverfahren rechts..	3
<b>Bild 2.02:</b> Grundfunktionen eines Industrieunternehmens.....	4
<b>Bild 2.03:</b> Durchlaufzeitanteile in der Produktion.....	4
<b>Bild 2.04:</b> Modell der Fertigungssteuerung.....	5
<b>Bild 2.05:</b> Auslösungsarten in der Auftragserzeugung.....	5
<b>Bild 2.06:</b> Hebel zur Reduktion der Durchlaufzeit.....	9
<b>Bild 2.07:</b> Prozess-Produkt-Matrix.....	10
<b>Bild 3.01:</b> Durchlaufzeit Verzahnung HSS links und VHM rechts, 2017 KW 1 - 18.....	12
<b>Bild 3.02:</b> Wertstromdesign Hartbearbeitung Linie 1 Halle 05.....	13
<b>Bild 3.03:</b> Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Spanflächeschleifen.....	15
<b>Bild 3.04:</b> Wertstromdesign Arbeitsgangebene Produktionsbereich SPFL.....	16
<b>Bild 3.05:</b> VHM-Liegenbleiber-Verteilung nach Losgröße Bereich SPFL.....	17
<b>Bild 3.06:</b> Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Hinterschleifen.....	18
<b>Bild 3.07:</b> Wertstromdesign Arbeitsgangebene Produktionsbereich HSLF.....	19
<b>Bild 3.08:</b> VHM-Liegenbleiberverteilung nach Losgröße Produktionsbereich HSLF....	19
<b>Bild 3.09:</b> Administrativer Ist-Kundenauftragsprozess bei VHM-Aufträgen.....	21
<b>Bild 3.10:</b> Arbeitsgänge Produktionsbereich Finish.....	22
<b>Bild 3.11:</b> Wertstromdesign Arbeitsgangebene Produktionsbereich Finish.....	23
<b>Bild 3.12:</b> Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish.....	23
<b>Bild 3.13:</b> Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish inkl. Nacharbeit.....	25
<b>Bild 3.14:</b> Drill-Down Nacharbeitsarten nach Werkzeuganzahl und kumulierte Dauer..	25
<b>Bild 3.15:</b> Durchlaufzeit HSS-Aufträge auf Arbeitsgangebene.....	27
<b>Bild 3.16:</b> Durchlaufzeit VHM-Aufträge auf Arbeitsgangebene.....	28
<b>Bild 3.17:</b> Ist- und Soll-Umfang der rissgeprüften HSS- und VHM-Werkzeuge.....	29
<b>Bild 3.18:</b> Soll-Konzept nachhaltige Reduktion der Durchlaufzeit in der Hartbearbeitung.....	31
<b>Bild 3.19:</b> Funktionsschema Liegenbleiberliste im Produktionsbereich Finish.....	32
<b>Bild 3.20:</b> Administrativer Soll-Kundenauftragsprozess bei VHM-Aufträgen.....	36
<b>Bild 3.21:</b> SAP Transaktionen zcm02 (links) und zpp_terminvf (rechts).....	37
<b>Bild 3.22:</b> Liegenbleiberliste (Entwicklungsstadium).....	38
<b>Bild 3.23:</b> Funktionsschema Excel-Tool Rissprüfungsumfang.....	40
<b>Bild 4.01:</b> Pilot Liegenbleiberliste KW 19.....	41
<b>Bild 4.02:</b> Liegenbleiberliste (finale Version KW 24).....	42
<b>Bild 4.03:</b> Transportablage Mipolam.....	44
<b>Bild 4.04:</b> Nacharbeitsverlauf KW 24 - 34.....	45
<b>Bild 4.05:</b> Losgrößenbetrachtung, Produktionsbereiche SPFL und HSLF.....	46
<b>Bild 4.06:</b> Auftragsdurchlaufzeiten Hartbearbeitung.....	46
<b>Bild 4.07:</b> Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish KW 1 - 37.....	47
<b>Bild 4.08:</b> Durchlaufzeitauswertung der Hartbearbeitung KW 1 - 37.....	48
<b>Tabelle 1:</b> Vor- und Nachteile der Mehrfachqualifikation.....	7
<b>Tabelle 2:</b> Fokusbereiche von Produktionsmanagementstrategien.....	10
<b>Tabelle 3:</b> Maßnahmen-Matrix der Nacharbeiten.....	26
<b>Tabelle 4:</b> Gegenüberstellung und Vor- & Nachteile der Losgrößenvariierung.....	34

## 1 Einleitung

Der sich in immer kleineren Abständen wandelnde Markt macht flexibles und schnelles Reagieren notwendig. Die Kunden fordern immer kürzere Lieferzeiten, hohe Qualität und immer häufiger individuell angepasste Produkte. So sind die Unternehmen in der gegenwärtigen Zeit gezwungen schlanke und effiziente Unternehmensstrukturen, sowie Prozesse anzuwenden [1, S. 1].

Doch trotz umfangreicher Lean-Management-Bemühungen, seit nunmehr über 20 Jahren, haben noch längst nicht alle Unternehmen die Potenziale dessen vollständig erschlossen. So spiegelt sich oft die traditionelle Denkweise nach dem Taylorismus in heutigen Controlling-Systemen wider, welche die wertschöpfende Tätigkeit (grau hinterlegter Bereich im **Bild 1.01**) als treibende Größe für Kosten und Zeiterreduzierung definiert. In den meisten Fällen jedoch machen diese Zeiten nur 5% der gesamten Durchlaufzeit aus. Richtet sich der Fokus nur auf die wertschöpfenden Tätigkeiten, bleibt die Auswirkung einer Reduzierung derer, auf die Gesamtdurchlaufzeit eines Auftrages, recht überschaubar [2, S. 11].



**Bild 1.01:** Unterschied zwischen kostenbasiertem und QRM-Ansatz [2, S. 11]

Des Weiteren werden, im schlimmsten Falle, der Mensch, die Maschine und das Material in der Produktion bei Überschreitung einer bestimmten Grenze, überstrapaziert. Folglich sinkt die Verlässlichkeit des Arbeitssystems. Die Qualität der Produkte wird schlechter und die Werkzeuge der Maschinen verschleissen schneller [2, S. 10].

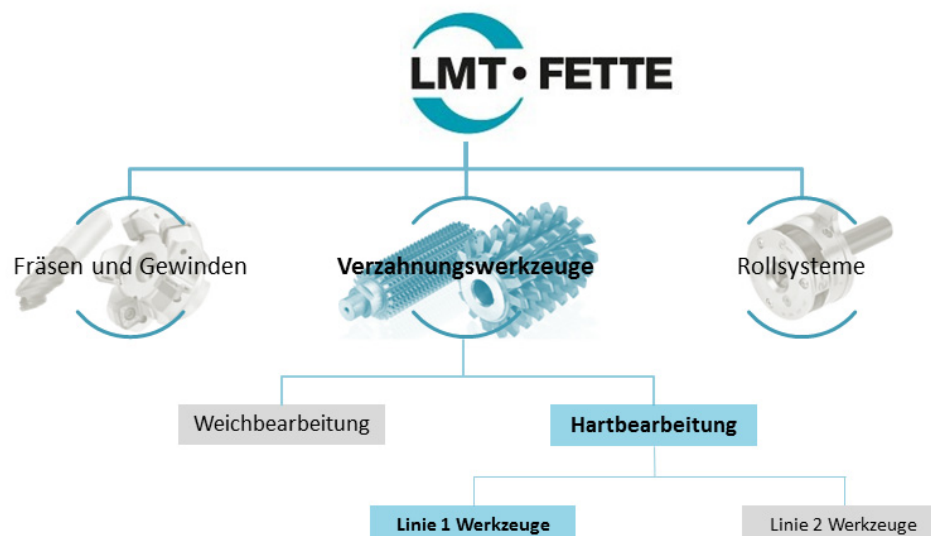
Bei einer zeitorientierten Systembetrachtung wird jedoch schnell deutlich, dass der nicht-wertschöpfende Bereich den weitaus größeren Anteil an der Durchlaufzeit ausmacht.

Um den aktuellen Kundenanforderungen gerecht zu werden, hat sich LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG die Durchlaufzeitreduzierung, unter dem Zeitbasierten Fokus, in der Produktion zur Aufgabe gemacht.

LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG ist einer der weltweit führenden Erzeuger von Präzisionswerkzeugen. Dazu zählen Wälzfräser, Gewinderollsysteme sowie Gewindebohrer, -former und -fräser. Das Unternehmen bildet gemeinsam mit LMT Kieninger innerhalb



der LMT Tools das Kompetenzzentrum für die Fräsbearbeitung. In Summe sind ca. 900 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen bei dem Unternehmen beschäftigt [3].



**Bild 1.02:** Unternehmen LMT Fette Werkzeugtechnik GmbH & Co. KG

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Durchlaufzeit der Produktionshalle für die Verzahnungswerkzeuge nachhaltig zu reduzieren. Weil die Durchlaufzeit der Weichbearbeitung bereits im Rahmen früherer Abschlussarbeiten optimiert wurde, richtet sich der Fokus dieser Abschlussarbeit auf die Werkzeuge der Linie 1 während der Hartbearbeitung, siehe **Bild 1.02**. Eine Ist-Analyse der Hartbearbeitung soll für Klarheit in den Produktionsprozessen sorgen. Die so entdeckten Verbesserungspotenziale sollen, unter Berücksichtigung der Prinzipien des Quick-Response-Manufacturing, genutzt werden.

Das Hauptziel besteht dementsprechend darin, verschiedene Konzepte in den einzelnen Produktionsbereichen zu entwickeln und umzusetzen, dass bei einem zeitorientierten Fokus, eine Durchlaufzeitreduzierung in der Hartbearbeitung stattfindet.

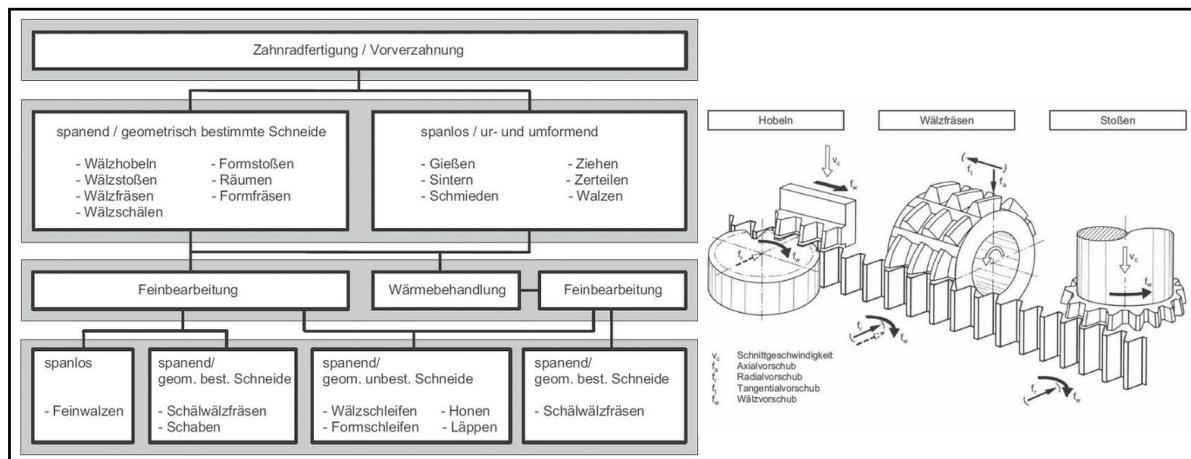
Die vorliegende Arbeit gliedert sich in fünf Kapitel. Im zweiten Kapitel **Grundlagen** werden die benötigten Grundlagen für das Verständnis der Abschlussarbeit, in mehreren Unterkapiteln, näher betrachtet und erläutert. Im dritten Kapitel **Ist-Analyse und Soll-Konzept** wird der Ist-Zustand, der Produktion in der Hartbearbeitung, aufgenommen und bewertet. Im Soll-Konzept werden umsetzungsfähige Lösungsideen, aufgrund der aufgedeckten Schwachstellen in der Ist-Analyse, entwickelt. Im vorletzten Kapitel **Implementierung** wird das Vorgehen im Unternehmen, bei der Umsetzung der Maßnahmen aus dem Soll-Konzept, beschrieben. Anschließend folgt eine Wirksamkeits- und Erfolgsanalyse der Umsetzungen. Die Arbeit schließt im fünften Kapitel, mit einer **Zusammenfassung und dem Ausblick**, ab.

## 2 Grundlagen

Im Grundlagenkapitel werden folgend die benötigten Grundlagen für das Verständnis der Abschlussarbeit, in mehreren Unterkapiteln, näher betrachtet und erläutert.

### 2.1 Verzahntechnik

In der Zahnradfertigung werden unter Verzahnmaschinen, eine Gruppe von Werkzeugmaschinen, deren Ziel es ist sehr präzise Zahnflanken herzustellen, verstanden. Die Bauarten dieser Maschinen fallen, je nach Werkstückart und technologischem Prozess (spanlos/spanend, weiches/gehärtetes Material), sehr unterschiedlich aus [4], siehe **Bild 2.01**. Im Rahmen dieser Abschlussarbeit soll die Weichvorbearbeitung, genauer gesagt das Wälzfräsen, näher betrachtet werden.



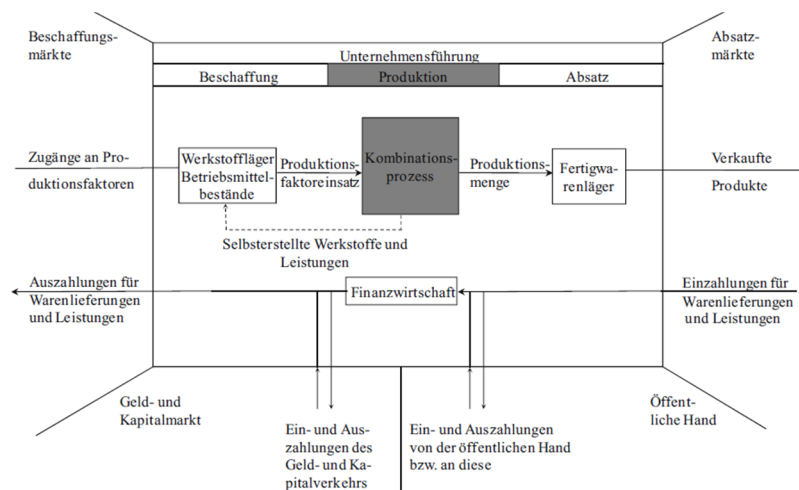
**Bild 2.01:** Allgemeine Verfahren zur Zahnradherstellung links, Wälzverfahren rechts [5]

Wälzfräsmaschinen sind durchgehend arbeitende Verzahnmaschinen. Das verwendete Werkzeug, der Wälzfräser, ist aus geometrischer Sicht eine Evolventenschnecke. Dabei sind die Schneckengänge durch Spannuten unterbrochen, siehe Bild 2.01. Um den für die Zerspanung notwendigen Freiwinkel zu schaffen, sind die Flanken sowie der Kopf der Schneidzähne hinterarbeitet. Der Wälzfräser und das Werkrad wälzen, wie in einem Schneckengetriebe, miteinander. Die Fräserdrehung erzeugt die Schnittbewegung und zusätzlich die translatorische Wälzkomponente durch tangentiales Verschrauben der Schneidflanken. Die Anwendung beschränkt sich dabei auf die Außenverzahnung [4].

Das Herstellen der Wälzfräser in der Produktion passiert hauptsächlich mithilfe von Werkzeugschleifmaschinen. Dabei übernehmen Programmiersysteme die aufwendige Berechnung der Vorschubbahnen, entlang derer, die Schleifscheibe in mehreren Arbeitsgängen das geometrische Profil der Wälzfräser herstellt.

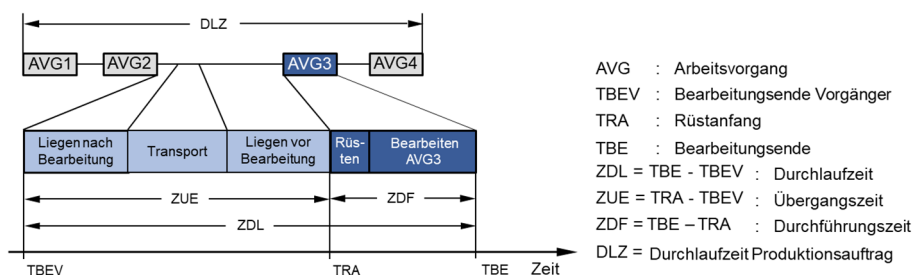
## 2.2 Gegenstand und Ziele der Produktion

Die Produktion ist eine der Grundfunktionen eines Industrieunternehmens. Diese liegt zwischen den beiden anderen Grundfunktionen, der Beschaffung und dem Absatz, siehe **Bild 2.02**. Unter dem Begriff Produktion wird die effiziente und gelenkte Herstellung von Gütern und Leistungen, durch die Kombination von Produktionsfaktoren, verstanden. Das Lenken erfolgt dabei durch Planung, Organisation, Steuerung und Überwachung der Produktion. Zu den Produktionsfaktoren zählen alle Objekte, die für die Erstellung und Verwertung von Sachgütern und Dienstleistungen eingesetzt werden. Diese werden zugleich als Input vor dem Kombinationsprozess, insbesondere die menschliche Arbeit, Werkstoffe, sowie Betriebsmittel gesehen. Als Output des Kombinationsprozesses entstehen Sachgüter, Dienstleistungen und auch unerwünschter Output wie Ausschuss [6, S. 3].



**Bild 2.02:** Grundfunktionen eines Industrieunternehmens [6, S. 4]

Typische Ziele der Produktion sind geringe Kosten, ein hoher Output, eine hohe Produktqualität, eine hohe Liefertreue sowie geringe Durchlaufzeiten [6, S. 8]. Die Durchlaufzeit in der Produktion lässt sich dabei in die Komponenten Liege-, Transport, Rüst- und Bearbeitungszeit unterteilen, siehe **Bild 2.03**. Die Durchlaufzeit eines Produktionsauftrages ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Fertigungsstart und dem Fertigungsende.

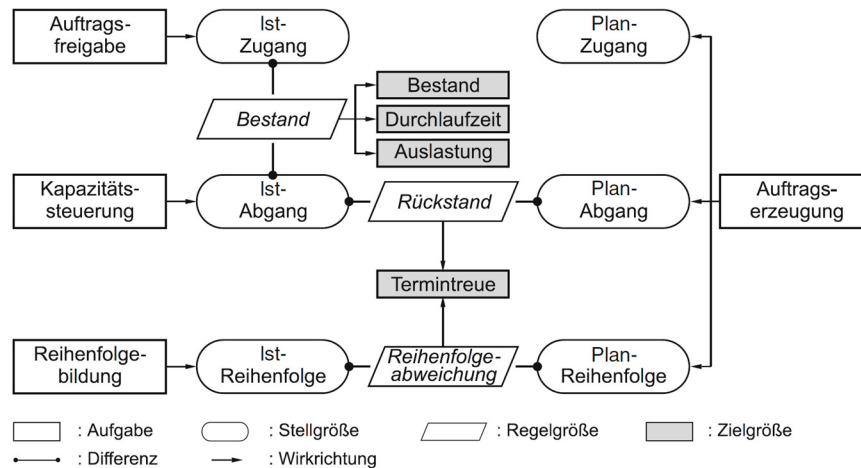


**Bild 2.03:** Durchlaufzeitanteile in der Produktion [7, S. 9]

Für die Erreichung der Produktionsziele werden Produktionsmanagementansätze, die mit den Zielen des Unternehmens übereinstimmen, von der Unternehmensführung bestimmt und ausgewählt.

## 2.3 Fertigungssteuerung

Ein Bestandteil der Produktionsplanung und -steuerung, kurz PPS, ist die Fertigungssteuerung. Die PPS hat die Aufgabe für mehrere Planungsperioden im Voraus ein Produktionsprogramm zu planen. Bei der Planung müssen des Weiteren Störungen wie Personalausfall oder Ausschuss berücksichtigt werden [8, S. 6].

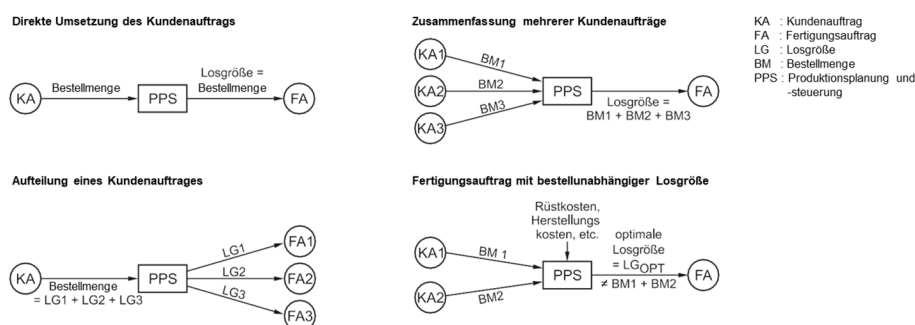


**Bild 2.04:** Modell der Fertigungssteuerung [8, S. 9]

Das Modell der Fertigungssteuerung im **Bild 2.04** besteht aus vier Elementgruppen. Den Aufgaben der Fertigungssteuerung, den Stell-, den Regel- und den Zielgrößen. All diese Elemente sind miteinander zusammenhängend verknüpft. In den folgenden Unterkapiteln werden die Aufgaben der Fertigungssteuerung näher betrachtet und erläutert.

### 2.3.1 Auftragserzeugung

In der Phase der Auftragserzeugung werden aus Kundenaufträgen Produktionsaufträge generiert. Dementsprechend werden damit die Stellgrößen Plan-Zugang, Plan-Abgang und die Plan-Reihenfolge bestimmt. Gleichzeitig legt die Auftragserzeugung die Planwerte für die Zielgrößen Bestand, Auslastung und Durchlaufzeit fest. Die Auftragserzeugung wird in vier verschiedene Auslösungsarten klassifiziert, siehe **Bild 2.05**. Dabei wird ein Kundenauftrag im einfachsten Fall direkt in einen Fertigungsauftrag umgesetzt oder in mehrere Fertigungsaufträge mit einer bestimmten Losgröße gesplittet [8, S. 165 -167].



**Bild 2.05:** Auslösungsarten in der Auftragserzeugung [8, S. 167]

### 2.3.2 Auftragsfreigabe

Bei der Auftragsfreigabe wird der Zeitpunkt bestimmt, ab dem die Produktion einen Fertigungsauftrag bearbeiten darf. Damit beeinflusst die Freigabe die bestandsbedingte Auslastung der Produktion und dementsprechend auch die Durchlaufzeit der Fertigungsaufträge. Eines der ältesten Freigabeverfahren ist die Auftragsfreigabe mit linearer Programmierung (ALP). Das Verfahren versucht den tatsächlichen Bestand in der Produktion, anhand von vorher im Algorithmus hinterlegten Produktionsfaktoren (wie Maschinenkapazität, Mitarbeiteranzahl, usw.), möglichst nahe um den Planbestand, zu regeln. Dabei werden Optimierungsverfahren eingesetzt um zu bestimmen welche Fertigungsaufträge freigegeben oder zurückgehalten werden müssen [8, S. 449 - 452].

Ein weiteres Verfahren der Auftragsfreigabe ist die ConWiP-Steuerung (ConWiP = Constant Work in Process). Dabei werden Aufträge nur freigegeben, sobald der Bestand der Fertigungslinie die maximale Bestandsgrenze unterschreitet. Die Umsetzung einer solchen Bestandsregelung kann mithilfe von sogenannten ConWiP-Karten, die jedem freigegebenen Produktionsauftrag beigelegt werden, realisiert werden. Jede ConWiP-Karte enthält Vorgabezeiten, die Summe der Vorgabezeiten aller ConWiP-Karten entspricht dabei der maximalen Bestandsgrenze. Die Vorgabezeiten werden in Anzahl Teile, in Anzahl Aufträge oder in Vorgabestunden gemessen. Nach der Fertigstellung eines Auftrages wird die dem Auftrag beigelegte ConWiP-Karte wieder entnommen und somit kann ein weiterer Auftrag freigegeben werden [8, S. 374 - 375].

Die ConWiP-Steuerung muss bei der Umsetzung nicht zwingend auf die Fertigstellung eines Auftrages ausgerichtet sein, sobald ein eindeutiges Engpassarbeitssystem bestimmbar ist, kann auch ein Regelkreis zu diesem aufgestellt werden. Das Engpassarbeitssystem bestimmt dabei die Ausbringung der Fertigung und wird auch als Schrittmachersystem bezeichnet. Dementsprechend werden die ConWiP-Karten bereits nach dem Engpass-Arbeitsgang dem Auftrag entnommen und können damit neue Aufträge freigeben [8, S. 387].

### 2.3.3 Reihenfolgebildung

Die Aufgabe der Reihenfolgebildung ist es, eine bestimmte Reihenfolge zu bilden, in der das Arbeitssystem die Aufträge in der Warteschlange bearbeitet. Dabei kann die Reihenfolgebildung den Bestand, Durchlaufzeit und Termintreue positiv beeinflussen. So können Schwankungen in den Durchlaufzeiten vermieden werden um so eine bessere Termintreue erreichen zu können [8, S. 507 - 508].

Eines der Verfahren für eine Reihenfolgebildung ist die First in – First out (FIFO) Regel. Dabei werden die Aufträge in der Reihenfolge bearbeitet, in der sie am Arbeitssystem eintreffen. Das führt zu einer geringen Streuung der Durchlaufzeiten, was sich positiv auf die Liefertermintreue auswirkt. Die Bildung der Reihenfolge passiert im einfachsten Fall direkt in der Warteschlange, sodass die Aufträge nacheinander zur Bearbeitung aufgestellt werden. Zusätzlich können den Aufträgen Prioritätskarten beigelegt werden, um Vertauschungen in der Warteschlange zu verhindern [8, S. 525 - 526].

### 2.3.4 Kapazitätssteuerung

Die Kapazitätssteuerung bestimmt über den tatsächlichen Einsatz der Kapazitäten in der Produktion. Dabei entscheidet diese über die Arbeitszeiten und darüber, welchem Arbeitssystem ein mehrfach qualifizierter Facharbeiter zugeordnet wird. Insbesondere legt sie damit den Einsatz von Überstunden, verkürzten Arbeitszeiten und sonstigen Maßnahmen der Kapazitätsflexibilität fest. Dabei gilt für die Kapazitätsflexibilität grundsätzlich das Engpassprinzip, d. h. die Kapazität wird unter Berücksichtigung des aktuellen Engpasses gesteuert [8, S. 531].

Eine der Voraussetzungen für eine flexible Kapazitätssteuerung ist die Mehrfachqualifikation der Facharbeiter in der Fertigung [9]. Mehrfach qualifizierte Facharbeiter können verschiedene Tätigkeiten ausüben, z. B. das Bedienen mehrerer Maschinenarten. Mit der Mehrfachqualifikation ergeben sich für ein Unternehmen, die in der **Tabelle 1** dargestellten, Vor- und Nachteile.

Vorteile	Nachteile
Schutz des Unternehmens vor Schwankungen des Qualifikationsbedarfs.	Kosten- und Zeitaufwand für die Qualifizierung nötig.
Möglichkeit, die Produktionskapazität bei Bedarf schnell zu erhöhen.	Höhere Lohnkosten für mehrfach qualifizierte Mitarbeiter.
Schutz des Unternehmens vor dem Ausfall von Mitarbeitern.	Verlust von Spezialisierungsvorteilen.
Schutz des Mitarbeiters vor Qualifikationsverlust.	
Besseres Verständnis des Mitarbeiters für das Gesamtsystem.	

**Tabelle 1:** Vor- und Nachteile der Mehrfachqualifikation [8, S. 542 - 543]

## 2.4 Quick Response Manufacturing

Quick Response Manufacturing (QRM) ist eine unternehmensweite Strategie zur Reduzierung von Durchlaufzeiten. Die Anwendung von QRM ist für Unternehmen, die mit einer Vielzahl von Varianten, geringen Losgrößen und kundenspezifischen Merkmalen konfrontiert

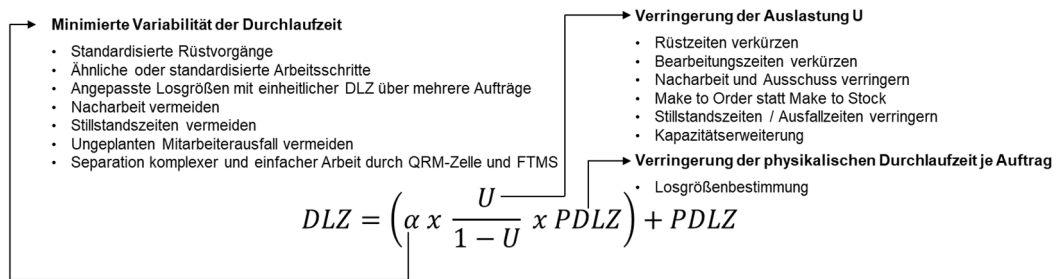
sind, geeignet [2, S. 2]. Dabei setzt sich die QRM-Strategie aus den folgenden vier Kernkonzepten zusammen.

1. Bedeutung der Zeit: Im Gegensatz zu klassischen kostenbasierten Ansätzen, die sich auf die Verkürzung der Bearbeitungszeit konzentrieren, konzentriert sich der QRM-Ansatz auf die Verringerung der Gesamtdurchlaufzeit (Auftragseingang bis Auftragsende) aller Aufträge im Unternehmen. Dabei sollte die Durchlaufzeit bei jeder Entscheidung des Unternehmens immer im Mittelpunkt stehen [2, S. 1].
2. Organisationsstruktur: Bei der Organisationsstruktur nach dem QRM-Gedanken geht es vor allem um eine schnelle Reaktion auf Bedarfsschwankungen und Variantenreichtum, sowie eine individuelle Auftragsfertigung. Um das zu erreichen bedarf es einer eindeutigen Zuordnung von Mensch, Maschine, Material und Methode zu einer genau definierten Kundengruppe (Kunden einer Gruppe können sowohl externer wie interner Natur sein). Des Weiteren sind eine hohe Eigenverantwortung und ein bereichsübergreifendes Wissen der Facharbeiter gefragt [2, S. 43].
3. Systemdynamik: Unter Systemdynamik wird die Wechselwirkung zwischen Maschinen, Menschen und Produkten, welche die Durchlaufzeit beeinflussen, verstanden [2, S. 87]. Eine nähere Betrachtung, einer sich resultierenden Dreifachstrategie zur Reduzierung der Durchlaufzeit aus dieser Wechselwirkung, erfolgt im **Kapitel 2.3.1**.
4. Unternehmensweite Anwendung: Die Anwendung der Methoden und Denkansätze soll im QRM nicht auf den Produktionsbereich beschränkt bleiben. Der in sich durchgängige und geschlossene Ansatz der Durchlaufzeitreduktion eignet sich zur Umsetzung im ganzen Unternehmen und unterscheidet sich damit von klassischen Ansätzen, die eine Vielzahl an unterschiedlichen Strategien in unterschiedlichen Teilen des Unternehmens fordern [2, S. 127].

Ein weiterer wichtiger Punkt bei QRM ist, dass der QRM-Ansatz die vorher eingeführten Ansätze aus anderen Produktionsmanagementstrategien nicht abschaffen soll, sondern solange diese zur Durchlaufzeitreduzierung beitragen erhalten bleiben können [2, S. 225].

#### 2.4.1 Dreifachstrategie zur Reduzierung der Durchlaufzeit

Die Strategie zur Durchlaufzeitreduzierung, in der Systemdynamik beim QRM-Gedanken, setzt sich aus drei Aspekten zusammen, aus der Variabilität der Durchlaufzeit, der Auslastung und der Durchlaufzeit pro Auftrag [2, S. 99]. Aus den Zusammenhang dieser drei Aspekte bildet sich die, im **Bild 2.06** zu sehende, Formel zur Berechnung der Durchlaufzeit. Dabei ist das Ergebnis der Klammer, aus der Formel, der durchschnittlichen Liegezeit eines Fertigungsauftrages gleichzusetzen.



**Bild 2.06:** Hebel zur Reduktion der Durchlaufzeit [10]

### Variabilität der Durchlaufzeit:

Die Variabilität der Durchlaufzeit  $\alpha$  steht für die Schwankungen im Produktionsprozess. Schwankungen werden verursacht durch unregelmäßigen Materialfluss, eine wechselnde Verfügbarkeit der vier Produktionsfaktoren (Mensch, Maschine, Material, Methode) sowie eine schwankende Auftragseinsteuering [2, S. 99].

### Auslastung:

Die Auslastung  $U$  beschreibt in welchem Masse die Kapazitäten der Produktion beansprucht werden. Die Auslastung lässt sich zum einen, durch eine Erhöhung des Kapazitätsangebotes und zum anderen, durch die Reduktion des Kapazitätsbedarfes beeinflussen [2, S. 91-92].

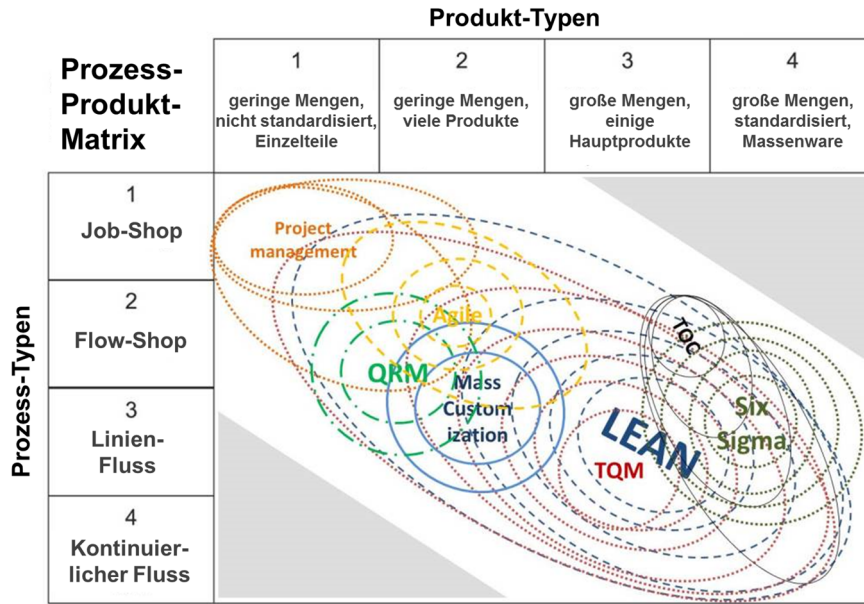
### Durchlaufzeit pro Auftrag:

Klassische kostenbasierte Effizienzansätze (Effizienz = wertschöpfende Zeit/bezahlte Arbeitszeit) führen meist zur Bevorzugung von großen Losgrößen. Diese erhöhen aber nicht nur die Bearbeitungszeit je Auftrag, sondern auch die Warte- und damit Liegezeiten für alle noch nicht gestarteten Aufträge. Allzu kleine Losgrößen führen dagegen zu häufigeren Rüstprozessen und damit zu erhöhtem Kapazitätsbedarf. Für die Durchlaufzeit pro Auftrag  $PDLZ$ , im Sinne von QRM, wird versucht eine optimale Losgröße zwischen den beiden Extremen zu finden [2, S. 104].

## 2.4.2 Abgrenzung von anderen Produktionsmanagementstrategien

Aufgrund der Vielfalt an wählbaren Konzepten entsteht schnell eine Überforderung bei der Auswahl der geeigneten Methoden. Zur Entscheidungsfindung kann das **Bild 2.07** verwendet werden. Hierbei werden, je nach Produkt-Typ und Prozess-Typ, dem Unternehmen die entsprechend wählbaren Philosophien zugeordnet. Die Wälzfräser-Produktion der LMT Fette Werkzeugtechnik fertigt die Werkzeuge kundenspezifisch in kleinen Losgrößen und in großer Produktvielfalt an, dadurch siedelt sich die Verzahnung im Produkt-Typen-Bereich 2 an. Bei dem Prozess-Typen-Bereich befindet sie sich auch im zweiten Bereich, da die Arbeitsgangreihenfolge vorgegeben ist und jeder Auftrag zur gleichen Zeit nur an einer Maschine bearbeitet wird. Dementsprechend findet folgend die Abgrenzung des QRM von anderen Produktionsmanagementstrategien im selben Bereich statt.





(Prozess-Produkt-Matrix basierend auf Hayes und Wheelwright, 1984)

**Bild 2.07:** Prozess-Produkt-Matrix [11]

Im QRM findet sich ein postmodernes Fertigungsschema, das auf neue und dynamische Marktanforderungen reagiert. Dabei erweitert sie die Idee des Lean Managements um Reaktionsfähigkeit und Flexibilität. Da die beiden Philosophien sich nicht grundlegend widersprechen, unterstützt und beschleunigt ein bereits eingeführtes und funktionierendes Lean-Produktionssystem die Weiterentwicklung zum QRM [12, S. 17].

QRM, Agile Manufacturing (AgM) und Mass Customization (MC) teilen sich das Ziel variable Kundenwünsche reaktionsschnell zu befriedigen. Der wesentliche Unterschied zwischen QRM und AgM ist, dass beim AgM ein großer Teil der Methoden IT-bezogen ist (z. B. intelligente Steuerung) und beim QRM der Fokus auf organisatorischen und menschlichen Aspekten liegt (z. B. Mitarbeiterflexibilisierung). MC konzentriert sich dagegen auf die Verbesserung der Fähigkeit des Unternehmens, Produkte vor allem durch Modularität herzustellen. In der **Tabelle 2** werden die Eigenschaften und Merkmale der erwähnten Strategien bewertet [12, S. 18].

Eigenschaft/Merkmal	Lean	AgM	MC	QRM
Anpassung		+	++	++
Flexibilität		++	+	+
Bestandsreduktion	++			+
Realisierungszeit	+	+	+	++
Organisationsfokus	+	+		+
Qualität	+	+		+
Rekonfigurierbarkeit		++		
Reaktionsfähigkeit		++	+	++
Verschwendungseleminierung	++	+		

**Tabelle 2:** Fokusierungsbereiche von Produktionsmanagementstrategien [12, S. 18]

### 3 Ist-Analyse und Soll-Konzept

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, wurde der Umfang der Ist-Analyse mit der Aufgabenstellung auf die Aufträge der Linie 1 der Produktionsbereiche in der Hartbearbeitung eingegrenzt. Ziel der Ist-Analyse ist es, die Abläufe in der Produktion transparenter zu machen, um so Verbesserungspotenziale zu erkennen. Folgend wird zunächst die Hartbearbeitung der Linie 1 im Ganzen untersucht, um anschließend vertiefend die durchlaufzeittreibenden Produktionsbereiche zu untersuchen. Die Ist-Analyse bildet die Grundlage für die Erstellung eines Soll-Konzeptes, das sich an den Zielen der Aufgabenstellung orientiert. Im Soll-Konzept werden umsetzungsfähige Lösungsideen aufgrund der aufgedeckten Schwachstellen in der Ist-Analyse entwickelt.

#### 3.1 Ist-Analyse

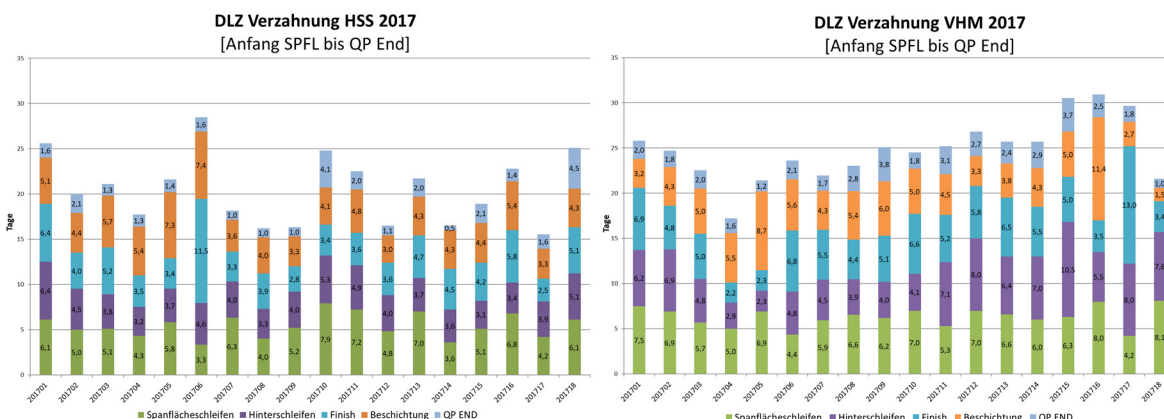
Die Ist-Analyse gliedert sich in eine Voruntersuchung, in der eine Sammlung und Auswertung der bereits vorhandenen Daten und Informationen der Hartbearbeitung im Ganzen stattfindet und eine Hauptuntersuchung, bei der sich der Fokus auf die durchlaufzeittreibenden Produktionsbereiche richtet. Folgend wird zunächst verdeutlicht, wie die Durchlaufzeit in der Produktionshalle für Wälzfräser gemessen wird. Anschließend werden die bereits durchgeführten Durchlaufzeitauswertungen der Kalenderwochen des Jahres 2017 näher betrachtet. Danach wird ein Wertstromdesign der Hartbearbeitung zunächst auf Bereichsebene abgebildet und erläutert. In den anschließenden vertieften Analysen, der relevanten Produktionsbereiche, werden Wertstromdesigns auf Arbeitsgangebene dargestellt.

In einem Wertstromdesign werden durch einheitliche Symbole die Produktionsprozesse, sowie Material- und Informationsflüsse beschrieben. Das Wertstromdesign ermöglicht so eine übersichtliche Darstellung einer Produktion und berücksichtigt dabei gleichzeitig die Durchlaufzeit [13, S. 27].

Die Durchlaufzeitauswertung, findet auf Bereichsebene statt. Jeder Arbeitsgang in der Produktion wird von der Produktionsplanung und –steuerung Software Timeaxx mithilfe von Tablets, die jedem Arbeitsgang zur Verfügung stehen, erfasst. Die Auftragsfreigabe in Timeaxx funktioniert nach dem Prinzip der linearen Programmierung. Nach Abschluss eines Arbeitsganges meldet der Facharbeiter auf seinem Tablet den Auftrag als erledigt. Sind alle Arbeitsgänge eines Produktionsbereiches für einen Auftrag als erledigt gebucht, wandert der Auftrag automatisch zum nächsten Produktionsbereich und wird auf dessen Tablets sichtbar. Mittels einer Schnittstelle zwischen Timeaxx und dem ERP-System SAP, werden die Datenbanken der beiden Programme im 15 Minuten Takt synchronisiert. ERP steht dabei für Enter-

prise-Resource-Planning. Bei der Durchlaufzeitauswertung der Bereiche greift das Datenbankmanagementsystem Microsoft Access auf die Datenbank von SAP zu und bildet dabei Differenzsummen zwischen den letzten Arbeitsgängen der Produktionsbereiche. Für eine Unterteilung der Durchlaufzeiten in Kalenderwochen wird ein Mittelwert aus allen Aufträgen gebildet, deren letzter Arbeitsgang innerhalb einer Kalenderwoche als erledigt gebucht wurde. Die so entstandene Zahlenmenge wird zu Beginn jeder Kalenderwoche, für die zurückliegenden Kalenderwochen, in Microsoft Excel ausgewertet und für jeden Produktionsbereich als Diagramm abgebildet.

Im **Bild 3.01** sind die Produktionsbereichsauswertungen der bisherigen Kalenderwochen zusammengefasst. Dabei sind die Produktionsbereiche je Kalenderwoche übereinandergestapelt. Auf der linken Seite des Bildes sind die Durchlaufzeiten der High-Speed-Steel (HSS) Aufträge und auf der rechten die der Vollhartmetall (VHM) Aufträge abgebildet. Dabei entspricht die Produktionsreihenfolge der Werkzeuge, der Stapelung der Produktionsbereiche von Spanflächenschleifen (erster Produktionsbereich) bis QP END (letzter Produktionsbereich). QP steht dabei für Qualitätsprüfung.

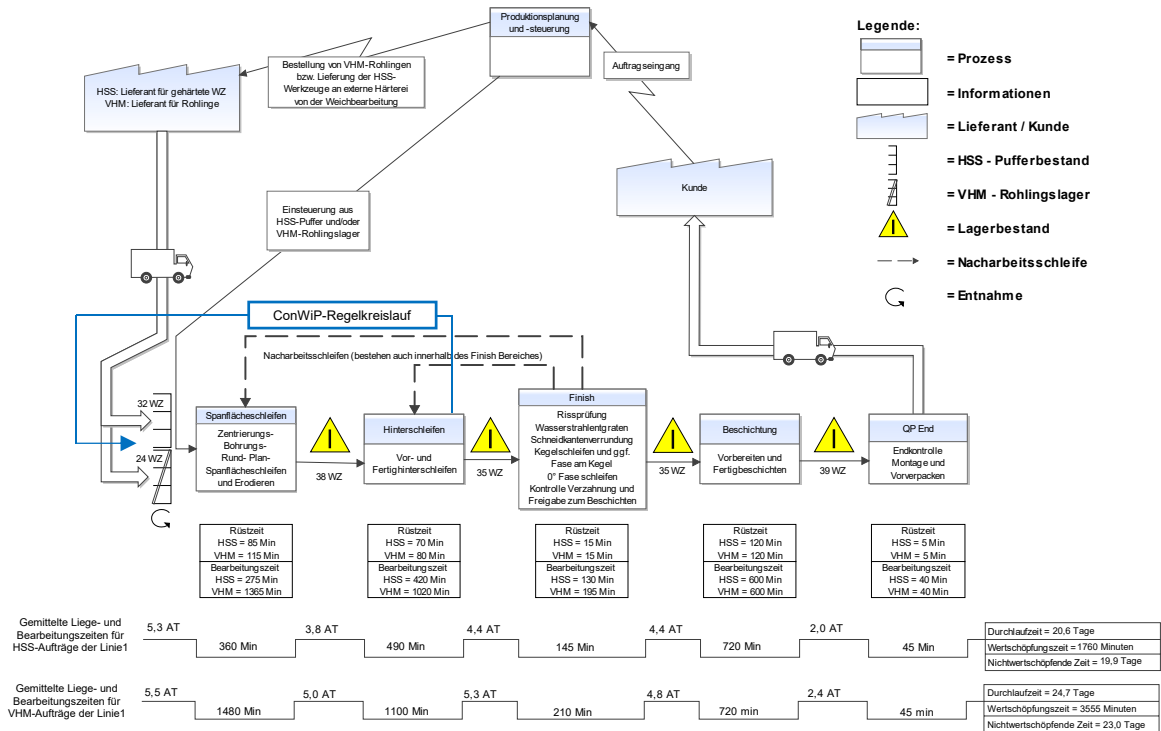


**Bild 3.01:** Durchlaufzeit Verzahnung HSS links und VHM rechts, 2017 KW 1 - 18

Das Bild 3.01 zeigt, dass die VHM-Werkzeuge eine höhere Durchlaufzeit als die der HSS-Werkzeuge aufweisen. Der Produktionsbereich Spanflächenschleifen hat in beiden Diagrammen durchschnittlich die höchste Durchlaufzeit aller Bereiche. Bei den Bereichen Hinterschleifen und Finish variieren die Durchlaufzeiten stark, von Durchlaufzeiten unter drei Tagen, bis zu einer Durchlaufzeit von 13 Tagen. Der Produktionsbereich Beschichten findet in einer anderen Produktionshalle statt und wird aus diesem Grund in der Ist-Analyse nicht näher betrachtet. Dieser wird fortan lediglich nur zur Vollständigkeit aufgeführt. Der Produktionsbereich QP END zeigt in beiden Fällen im Durchschnitt eine Durchlaufzeit von ca. zwei Tagen.

Um eine bessere Übersicht über die Hartbearbeitung zu bekommen und auch das Verhältnis von wertschöpfender zu nicht wertschöpfender Zeit heraus zu finden, wurde anschließend

ein Wertstromdesign erstellt. Um eine Vergleichbarkeit zwischen Bild 3.01 und dem Wertstromdesign im **Bild 3.02** zu gewährleisten, wurde derselbe Zeitraum von Kalenderwoche (KW) 1 bis 18 des Jahres 2017 gewählt. Alle für die Erstellung des Wertstromdesigns relevanten Daten, wie Bearbeitungs- und Liegezeiten, konnten aus der Datenbank des ERP-Systems SAP entnommen werden, so war es möglich rückwirkend das bisherige Jahr 2017 auszuwerten.



**Bild 3.02:** Wertstromdesign Hartbearbeitung Linie 1 Halle 05

Das Wertstromdesign beginnt bei der Produktionsplanung und Steuerung in der Produktionshalle. Dort werden beim Auftragseingang für die HSS- und VHM-Aufträge mithilfe der Planungssoftware Timeaxx die Durchlauf- und Lieferzeiten simuliert. Dabei werden die Kundenaufträge bei großer Werkzeugmenge in mehrere Produktionsaufträge gesplittet. Bei den HSS-Aufträgen wird die Produktion in der Weichbearbeitung entsprechend dem simulierten Lieferzeitpunkt angestoßen.

Nach der Weichbearbeitung, wo das Profil des Wälzfräasers bereits mit einem Aufmaß gefertigt wurde, werden die HSS-Aufträge an eine externe Härterei in Dänemark verschickt. Nach dem Härten und dem Rückversand werden die Werkzeuge zunächst in einem Puffer, vor dem Bereich Spanflächenschleifen, einsortiert und gelagert. Die Rohlinge für die VHM-Aufträge werden extern bei mehreren Lieferanten produziert. Nach Eingang der VHM-Rohlinge werden diese in einem Rohlingslager bis zur Einsteuerung in die Linie 1 zwischengelagert.

Nach dem Einsteuern wandern die HSS- und VHM-Aufträge entlang der Produktionsbereiche, dabei besitzt jeder Bereich und Arbeitsplatz ausgewiesene Stellplätze, welche als Wa-

reneingänge dienen. Unter den Produktionsbereichen sind die darin enthaltenen Arbeitsgänge aufgeführt. Ein gemittelter Bereichsbestand wird im Wertstromdesign links von dem jeweiligen Produktionsbereich in Form eines gelben Dreiecks dargestellt. So befanden sich bspw. täglich im Mittel 38 Werkzeuge im Produktionsbereich Hinterschleifen und 35 Werkzeuge im Produktionsbereich Finish. Zwischen den Produktionsbereichen Finish, Hinterschleifen und Spanflächeschleifen entstehen Nacharbeitsschleifen sobald eine Nacharbeit nach der Kontrolle der Verzahnung nötig wird.

Unter dem Wertstromdesign sind zwei Zeitlinien abgebildet, eine für HSS-Aufträge und eine für VHM-Aufträge. Auf diesen Zeitlinien werden als Erstes die Liegezeit und dann die Bearbeitungszeit, aller Aufträge, für die Produktionsbereiche dargestellt. Dabei wurden zunächst alle Bearbeitungs- bzw. Liegezeiten aller Arbeitsgänge eines Produktionsbereiches aufsummiert und anschließend im Kalenderwochentakt gemittelt. Dementsprechend hatte ein VHM-Auftrag, im Mittel, eine Liegezeit von 5,5 Tagen und eine Bearbeitungszeit von 1480 Minuten im Produktionsbereich Spanflächeschleifen. Am Ende der jeweiligen Zeitlinie ist die Gesamtdurchlaufzeit, sowie die wertschöpfende Zeit und die nichtwertschöpfende Zeit aufgeführt. Anhand des Wertstromdesigns wird deutlich, dass die wertschöpfende Zeit bei HSS- nur 3% und bei VHM-Aufträgen nur 7% der gesamten Durchlaufzeit ausmacht.

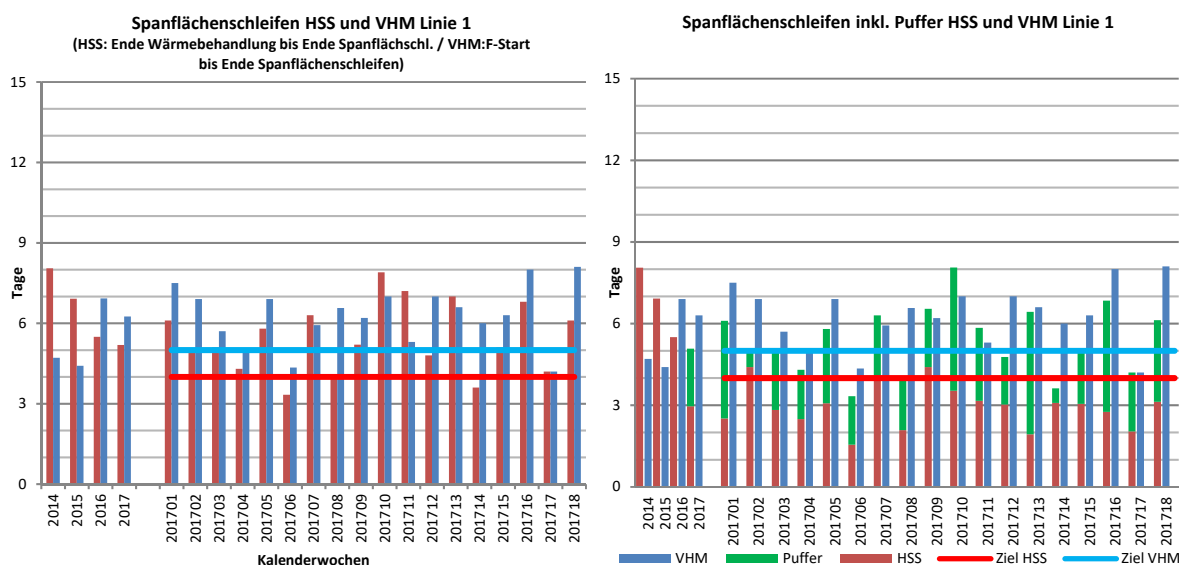
Des Weiteren ist festzustellen, dass die Bearbeitungszeiten der VHM-Aufträge ca. doppelt so hoch sind wie die der HSS-Aufträge. Der Produktionsbereich Beschichten wird, wie bereits erwähnt, auf der Tatsache beruhend, dass dieser in einer anderen Produktionshalle stattfindet, nicht näher betrachtet. Der Produktionsbereich QP End, wo die Endmontage und das Vorverpacken stattfinden, weist eine Durchlaufzeit von etwa zwei Tagen auf, diese entspricht dem intern definierten Ziel, daher wird dieser Produktionsbereich in der Ist-Analyse nicht weiter betrachtet. So werden im weiteren Verlauf der Ist-Analyse die Produktionsbereiche Spanflächeschleifen, Hinterschleifen und Finish näher betrachtet.

### **3.1.1 Produktionsbereich Spanflächeschleifen**

Vor dem Produktionsbereich Spanflächeschleifen wird ein Puffer für die HSS-Werkzeuge gebildet, um so einen kontinuierlichen Fluss an eingesteuerten Aufträgen zu schaffen. Dies ist nötig, weil die HSS-Werkzeuge nach der Weichbearbeitung noch extern in Chargen gehärtet werden. Dabei entstehen allerdings Liegezeiten vor dem ersten Arbeitsgang des Produktionsbereiches, doch ohne solch einen Puffer müssten die HSS-Aufträge direkt nach Eingang aus der Härterei eingesteuert werden, so ergäbe sich ein schwankender Umlaufbestand im Produktionsbereich Spanflächeschleifen, sowie auch in den darauffolgenden Produktionsbereichen. Dementsprechend würde kein Fluss der Aufträge in der Produktion vorherrschen, sondern immer wieder Engpässe mit hohen Liegezeiten entstehen.

Die VHM-Aufträge werden sobald der nötige Rohling vom externen Lieferanten angekommen ist, nach einer Zwischenlagerung eingesteuert. Dabei beginnt für diese die Durchlaufzeiterfassung erst ab der Einsteuerung.

Links im **Bild 3.03** ist die ursprüngliche Auswertung der Durchlaufzeit des Produktionsbereiches Spanflächenschleifen zu sehen, diese wird, wie auch in den anderen Produktionsbereichen, im Kalenderwochen-Takt ausgewertet. Die gemittelten Durchlaufzeiten werden nach Werkstoff aus dem der Wälzfräser gefertigt wurde, Blau für VHM und Rot für HSS, eingruppiert und als Balken dargestellt. Außerdem werden als Linien die intern ausgegebenen Ziel-Durchlaufzeiten abgebildet.



**Bild 3.03:** Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Spanflächenschleifen

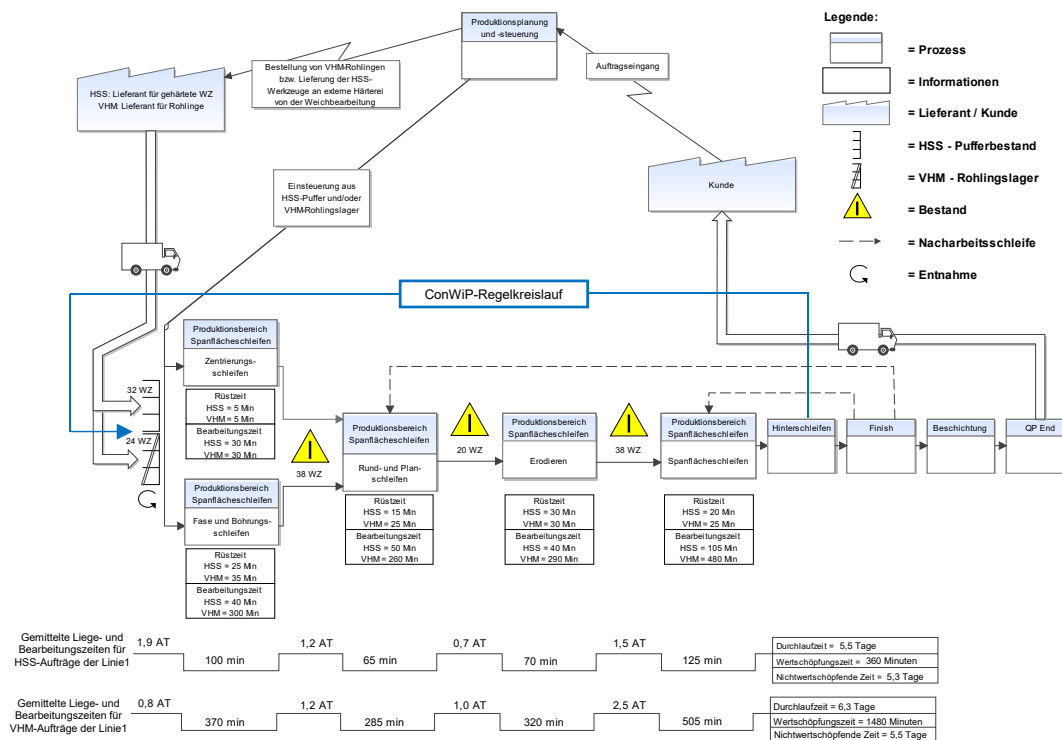
Wegen der unumgänglichen Liegezeiten des Puffers für HSS-Aufträge wurde die Auswertung dahingehend geändert, dass eine klare Trennung der Liegezeit im Puffer und der tatsächlichen Durchlaufzeit ab Einsteuerung geschaffen wurde. Den Aufträgen der jeweiligen Kalenderwochen wurde von der Durchlaufzeit des ersten Arbeitsganges im Produktionsbereich Spanflächenschleifen die Bearbeitungszeit abgezogen, anschließend gemittelt und somit die Pufferliegezeit ermittelt. Das Ergebnis dieser Trennung ist rechts im **Bild 3.03** zu sehen. Eine detaillierte Anleitung, die vor allem für zukünftige Studenten erstellt worden ist, befindet sich im **Anhang auf der Seite XII**.

In der geänderten Auswertung der Durchlaufzeit wird der Puffer (grüner Balken) gestapelt auf der regulären Durchlaufzeit der HSS-Aufträge dargestellt. Die Summe der regulären und der Puffer-Durchlaufzeit ergibt die gemittelte Gesamtdurchlaufzeit. So wird in der Durchlaufzeitauswertung inkl. der Puffer-Liegezeit deutlich, dass die internen Ziel-Durchlaufzeiten ohne die Liegezeit im Puffer bei den HSS-Aufträgen vorwiegend erreicht worden sind. Dementsprechend wird folgend der Fokus auf die VHM-Aufträge gelegt.

Bei der Einsteuerung aus dem Puffer oder dem Rohlingslager wird ein ConWiP-Regelkreis mit dem Produktionsbereich Hinterschleifen geschaffen, siehe **Bild 3.04**. ConWiP ist die Kurzform von Constant Work in Process. Diese Produktionssteuerungslogik zielt darauf ab, den Umlaufbestand in der Fertigung zu beschränken [8, S. 373].

Es dürfen also nur neue Aufträge in die Fertigung eingesteuert werden, wenn ein fertiger Auftrag den Produktionsbereich Hinterschleifen verlässt. Dies wird mithilfe von ConWiP-Karten, die den Aufträgen beigelegt werden, realisiert. Die ConWiP-Karten werden in Werkstoffart und Werkzeugmaschinenart des Produktionsbereiches Hinterschleifen unterteilt und enthalten Bearbeitungszeitangaben, dabei ist die Anzahl an ConWiP-Karten entsprechend der möglichen Kapazitätsauslastung der Werkzeugmaschinen und der Facharbeiter begrenzt. Ist eine Art von ConWiP-Karten nicht mehr verfügbar, darf kein Auftrag solcher Art solange eingesteuert werden bis wieder ConWiP-Karten nach dem Beenden von Aufträgen zurück zum Produktionsbereich Spanflächenschleifen wandern.

Außerdem sind die Nacharbeitsschleifen zwischen dem Produktionsbereich Finish und den beiden Arbeitsgängen Rund-/ Planschleifen und Spanflächenschleifen dargestellt.

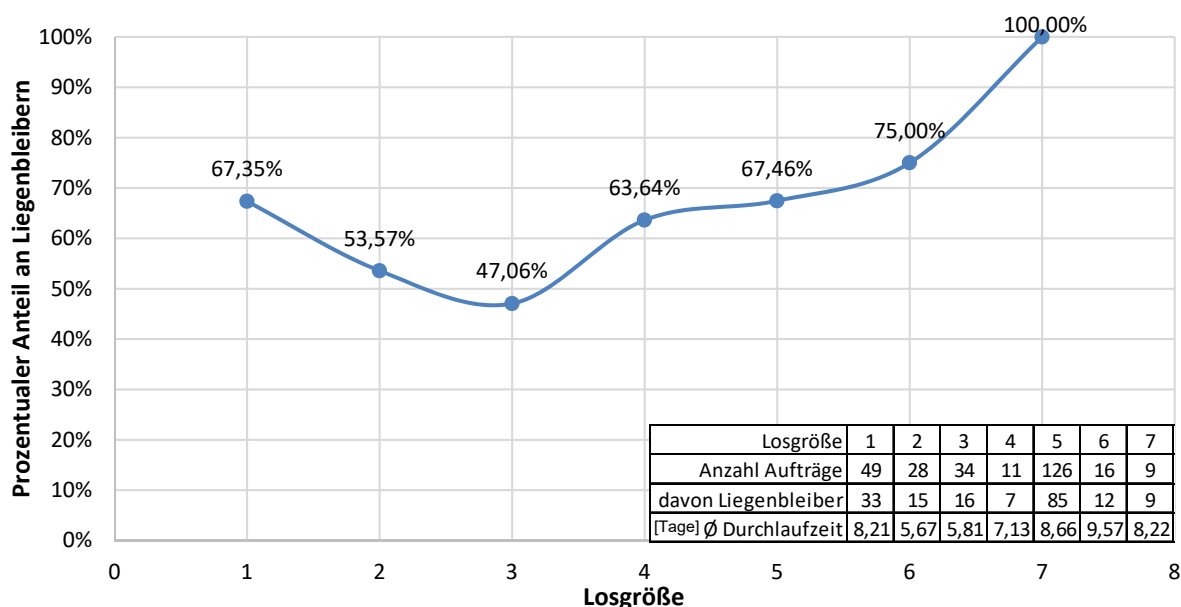


**Bild 3.04:** Wertstromdesign Arbeitsangegebene Produktionsbereich SPFL

Das Wertstromdesign für den Produktionsbereich Spanflächenschleifen zeigt, dass die Bearbeitungszeiten der VHM-Aufträge höher als die der HSS-Aufträge sind, so sind auch die Liegezeiten der VHM-Aufträge höher. Die höhere Liegezeit bei einer höheren Bearbeitungszeit ist die logische Konsequenz, denn ein Auftrag der auf seine Bearbeitung wartet, bleibt so lange liegen, bis auch das letzte Werkzeug der Losgröße des Auftrages vor ihm fertig

bearbeitet wurde. Erst dann kann die Bearbeitung des nächsten Auftrages im Wareneingang beginnen.

Da der Umlaufbestand bereits engpassorientiert, kontrolliert begrenzt wurde und somit dieser auch nicht mehr beeinflussbar ist, wurde die Losgröße der VHM-Aufträge näher betrachtet. Zunächst wurden, aufgrund von internen Zielvorgaben an die Durchlaufzeit des Produktionsbereiches, VHM-Aufträge die eine höhere Durchlaufzeit als vier Tage im Produktionsbereich Spanfläche aufwiesen als Liegenbleiber definiert. Das Zeitintervall wurde wie auch im Wertstromdesign auf die Kalenderwochen 1 bis 18 des Jahres 2017 festgelegt. Dabei passierten den Produktionsbereich 273 VHM-Aufträge, davon waren laut der aufgestellten Definition 177 Aufträge Liegenbleiber. Nach einer Losgrößenweisen Betrachtung dieser Liegenbleiber, ergibt sich die folgende Liegenbleiber-Verteilung im **Bild 3.05**.



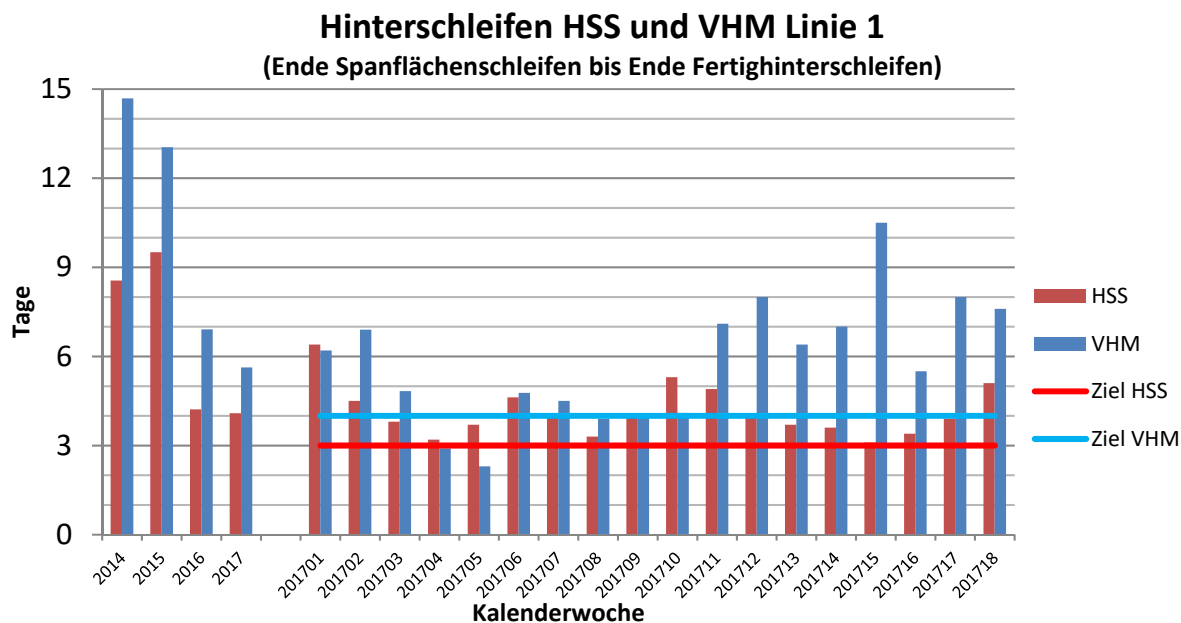
**Bild 3.05:** VHM-Liegenbleiber-Verteilung nach Losgröße Bereich SPFL

Bei der Liegenbleiber-Verteilung nach Losgröße wird deutlich, dass die meisten VHM-Aufträge (126 Aufträge, Tabelle untere rechte Ecke von Bild 3.05) mit der Losgröße 5 eingesteuert wurden. Davon hatten 85 Aufträge (67,46%) eine höhere Durchlaufzeit als vier Tage und waren somit Liegenbleiber. Prozentual gesehen hatten die Aufträge mit der Losgröße 3 die wenigsten (47,06%) Liegenbleiber. Der hohe prozentuale Anteil bei der Losgröße 1 entsteht weil die meisten Aufträge mit der Losgröße 1 ein Sonderprofil hatten und somit eine höhere Bearbeitungszeit aufwiesen als z. B. die der Losgröße 3. Hinzu kommt der erhöhte Rüstaufwand bei regulären Profilen der Losgröße 1. Die Durchschnittsdurchlaufzeiten der Losgrößen beziehen sich auf die gesamte Anzahl der Aufträge der jeweiligen Losgröße.



### 3.1.2 Produktionsbereich Hinterschleifen

Der Produktionsbereich Hinterschleifen wird in der Produktion als Engpass bzw. als ein Schrittmacherbereich, aufgrund der hohen Bearbeitungszeiten bei nur zwei Arbeitsgängen, gesehen. Bei Aufnahme der Ist-Analyse waren die im **Bild 3.06** zu sehenden Durchlaufzeiten ermittelt worden. Dabei zeigten die Durchlaufzeiten der VHM-Aufträge im Vergleich zum Zielwert extreme Ausreißer. Daher wurde der Fokus auf die Entdeckung der Ursache für diese Ausreißer gelegt.

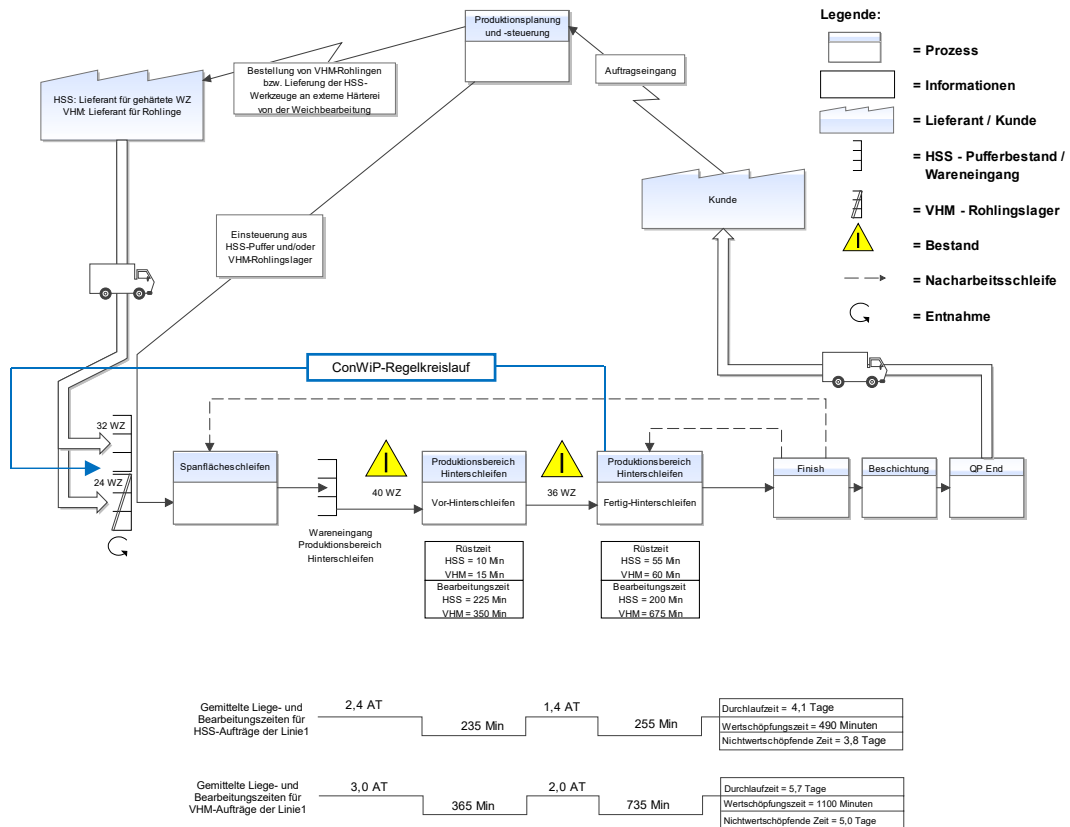


**Bild 3.06:** Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Hinterschleifen

Der Produktionsbereich besitzt einen zentralen Wareneingang, dieser wird in mehrere Werkzeugmaschinen unterteilt. Der Grund für diese Unterteilung ist der, dass sich die im Produktionsbereich befindenden Bearbeitungsmaschinen unterschiedliche Fertigungsergebnisse aufweisen und zusätzlich in den meisten Fällen nur auf einen der beiden Werkstoffe ausgerichtet sind.

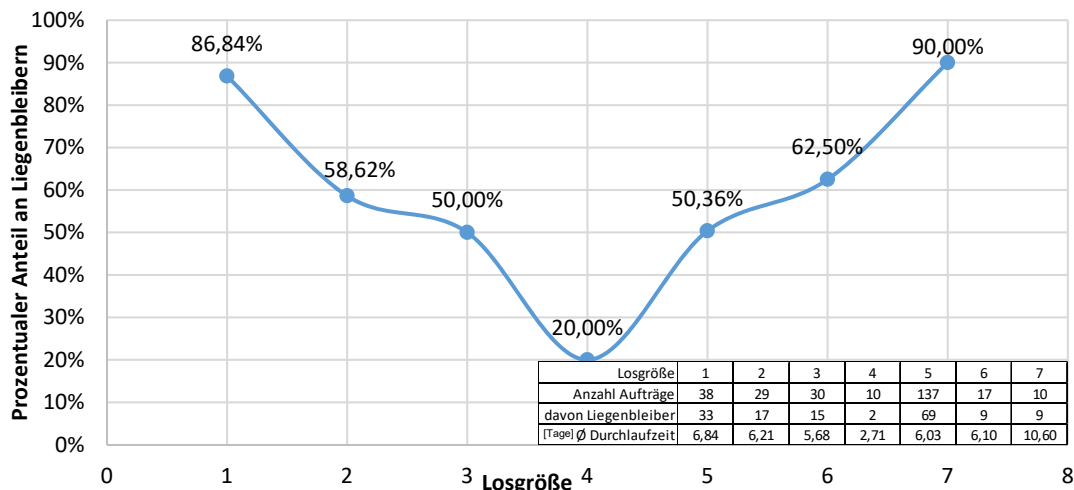
In der, im **Bild 3.07** zu sehenden, Liegezeit vor dem Arbeitsgang Vorhinterschleifen ist auch die Liegezeit der Aufträge im Wareneingang enthalten. Nach dem Wareneingang folgen zwei Arbeitsgänge, das Vor-Hinterschleifen und das Fertig-Hinterschleifen. Nach dem Arbeitsgang Fertig-Hinterschleifen werden die ConWiP-Karten aus den Auftragsmappen entnommen und wandern zurück zum Produktionsbereich Spanflächenschleifen.

Sowie im vorherigen Produktionsbereich bestehen auch in diesem Produktionsbereich Nacharbeitsschleifen mit dem Produktionsbereich Finish. Des Weiteren wird deutlich das die Bearbeitungszeiten der VHM-Aufträge ca. doppelt so hoch sind wie die der HSS-Aufträge.



**Bild 3.07:** Wertstromdesign Arbeitsangebene Produktionsbereich HSLF

Auch in diesem Produktionsbereich wurde eine Liegenbleiber-Verteilung der VHM-Aufträge in den Kalenderwochen 1 bis 18 durchgeführt, siehe **Bild 3.08**. Dabei wurden in diesem Zeitraum 271 Aufträge bearbeitet, davon waren 154 Liegenbleiber. Die Definition der Liegenbleiber blieb dabei dieselbe wie im Produktionsbereich Spanflächenschleifen, nämlich alle Aufträge die eine höhere Durchlaufzeit als vier Tage im Produktionsbereich aufweisen sind Liegenbleiber. Prozentual gesehen hatten die Aufträge mit der Losgröße 4 die wenigsten Liegenbleiber, doch muss dabei die geringe Anzahl von nur 10 Aufträgen beachtet werden. Bei den Aufträgen mit den Losgrößen 3 und 5 waren in etwa die Hälfte der Aufträge Liegenbleiber.



**Bild 3.08:** VHM-Liegenbleiberverteilung nach Losgröße Produktionsbereich HSLF

Die Entnahme der Aufträge aus dem zentralen Wareneingang folgt keiner Reihenfolge. In der Regel ist es so, dass die Facharbeiter sich für Ihre Werkzeugmaschinen passende Aufträge selbstständig aus dem Wareneingang entnehmen.

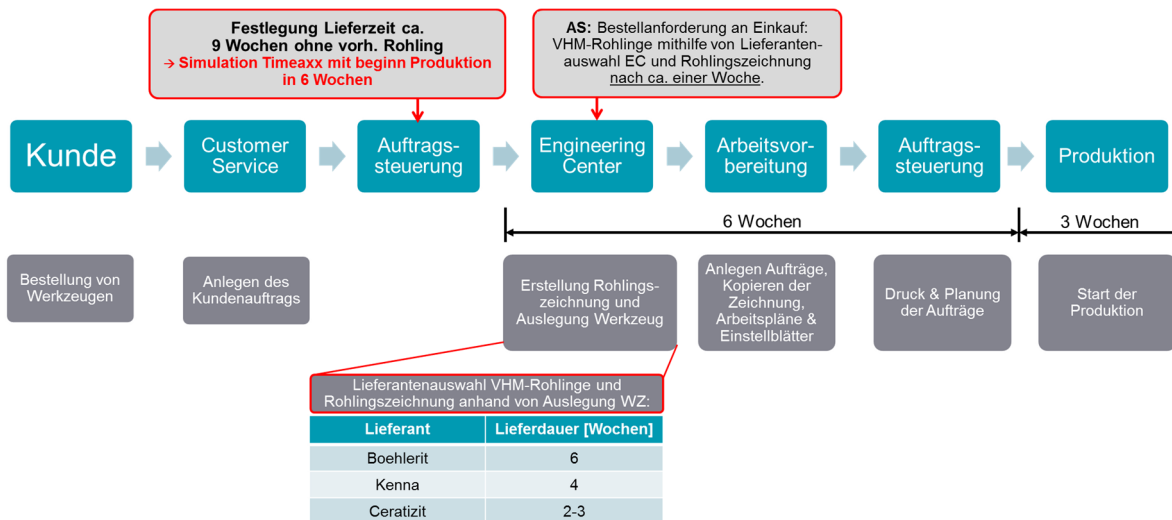
Im weiteren Schritt wurde nach Zusammenhängen zwischen den Liegenbleibern geforscht. Dabei wurde festgestellt, dass der prognostizierte Endtermin der Produktion von VHM-Aufträgen in den meisten Fällen weit in der Zukunft lag. Dementsprechend wurde eine Definition für zu früh eingesteuerte Aufträge aufgestellt. So waren alle Aufträge die den Produktionsbereich Hinterschleifen verlassen haben und es noch mindestens drei Kalenderwochen bis zum prognostizierten Endtermin Zeit war, zu früh eingesteuert. Diese Definition beruht auf der Tatsache, dass in der Auftragssteuerung die Durchlaufzeit von drei Wochen für die gesamte Produktion für VHM-Aufträge angenommen wird. Eine Analyse der Liegenbleiber auf zu früh eingesteuerte VHM-Aufträge ergab, dass ca. 60% (90 von 154) aller Liegenbleiber zu früh eingesteuert wurden. In der Summe aller ergibt sich, dass ca. 65% (176 von 271) aller Aufträge zu früh eingesteuert wurden.

Dieses zu frühe Einsteuern führt in der Produktion dazu, dass Aufträge die terminlich an der Reihe sind, immer den Vorzug vor den zu früh eingesteuerten VHM-Aufträgen bekommen, um so die Liefertermintreue nicht zu verschlechtern. Da die VHM-Aufträge zu früh eingesteuert worden sind, sind auch diese Liefertermintreu. Doch auf der anderen Seite entstehen so hohe Liegezeiten bei den VHM-Aufträgen, was zu einer erhöhten Durchlaufzeit in den wöchentlichen Auswertungen führt.

Die Möglichkeit des verfrühten Startens der VHM-Aufträge entsteht dadurch, dass die Auftragssteuerung bei Auftragseingang dem Kunden ein Liefertermin nennen muss, aber zu diesem Zeitpunkt nicht weiß bei welchem Lieferanten die benötigten Rohlinge produziert werden. Die Auftragssteuerung geht dann vom Worst-Case Szenario aus und plant den Produktionsstart so, dass auch der Lieferant mit der längsten Lieferdauer pünktlich vor dem Produktionsstart liefert. Anschließend wird die Durchlaufzeit für die Produktion und dementsprechend der Lieferzeitpunkt in der Software Timeaxx, mit dem Produktionsstart nach der längsten Lieferdauer eines Rohlinglieferanten, mit dem von Kunden gewünschten Baumaschinen simuliert.

Nach Freigabe vom Kunden bekommt das Engineering Center den Auftrag. Dort erfolgt die Konstruktion des Werkzeugs. Dabei wird zuerst die zugehörige Rohlingszeichnung erstellt und Anhand dieser erfolgt dann die Auswahl eines Rohlinglieferanten. Bei der Auswahl des Lieferanten werden solche Aspekte wie, generelle Machbarkeit, der Preis anhand der Stückzahl und die Lieferdauer berücksichtigt. Nachdem die Rohlingszeichnung mit der Lieferantenauswahl erfolgt ist, stellt die Auftragssteuerung eine Bestellanforderung mit der Rohlingszeichnung und der Lieferantenauswahl an den Einkauf. Wurde bspw. der Lieferant Ceratizit,

siehe **Bild 3.09**, im Engineering Center ausgewählt, kann der Rohling schon nach etwa drei Wochen produziert und verschickt sein. Da die Auftragssteuerung jedoch mit der längsten Lieferdauer eines Lieferanten (sechs Wochen) geplant hat, entsteht die Möglichkeit die Produktion des VHM-Auftrages drei Wochen früher zu beginnen.



**Bild 3.09:** Administrativer Ist-Kundenauftragsprozess bei VHM-Aufträgen

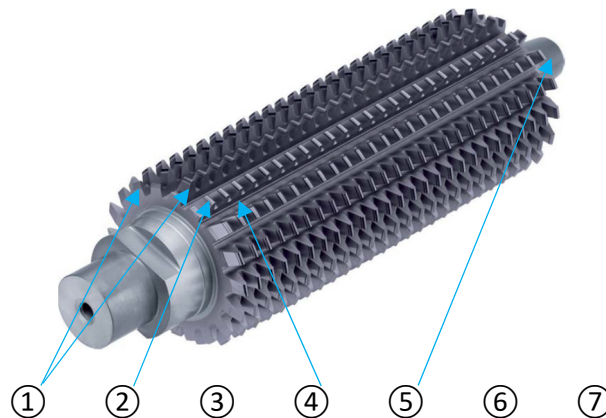
### 3.1.3 Produktionsbereich Finish

Der Produktionsbereich Finish gliedert sich in zwei Arbeitsganggruppen, zum einen die Schneidkantenpräparationsgruppe bzw. das Kegelschleifen am Werkzeug und zum anderen die Arbeitsgänge der Qualitätssicherungsgruppe. Im **Bild 3.10** werden alle Arbeitsgänge der beiden Gruppen aufgeführt, nummeriert und beschrieben. Alle Arbeitsgänge besitzen in ihrer unmittelbaren Umgebung auf dem Boden markierte Stellplätze, die als Wareneingang fungieren.

Die Arbeitsgänge der Schneidkantenpräparationsgruppe befolgen strikt den für jeden Auftrag geplanten Arbeitsplan, dabei ist der liefernde Produktionsbereich immer das Hinterschleifen. Der Facharbeiter der für die Arbeitsgänge ① bis einschließlich ③ eingeteilt ist, arbeitet Einschichtig und hat die Vorgabe alle im Wareneingang befindlichen Aufträge vom vorherigen Arbeitstag, bis zu seinem Schichtende, fertig zu bearbeiten. Die Arbeitsgänge ④ und ⑤ finden im Produktionsbereich Spanflächenschleifen statt. Aufgrund der Tatsache, dass diese erst erfolgen können sobald das Werkzeug den Produktionsbereich Hinterschleifen passiert hat, gehören sie zur Durchlaufzeit des Finish Bereiches. Eine Priorisierung der Aufträge am Wareneingang findet bei diesen Arbeitsgängen nicht statt.

Für die Arbeitsgänge ⑥ und ⑦ der Qualitätssicherung wird die Reihenfolgeregel First in – First out (FIFO) angewendet. Bei Anwendung der FIFO-Regel werden die Aufträge in der Reihenfolge abgearbeitet, in der sie am Wareneingang des Arbeitsganges eintreffen. Um

Reihenfolgevertauschungen zu vermeiden werden den Aufträgen Reihenfolgennummern zugeordnet.

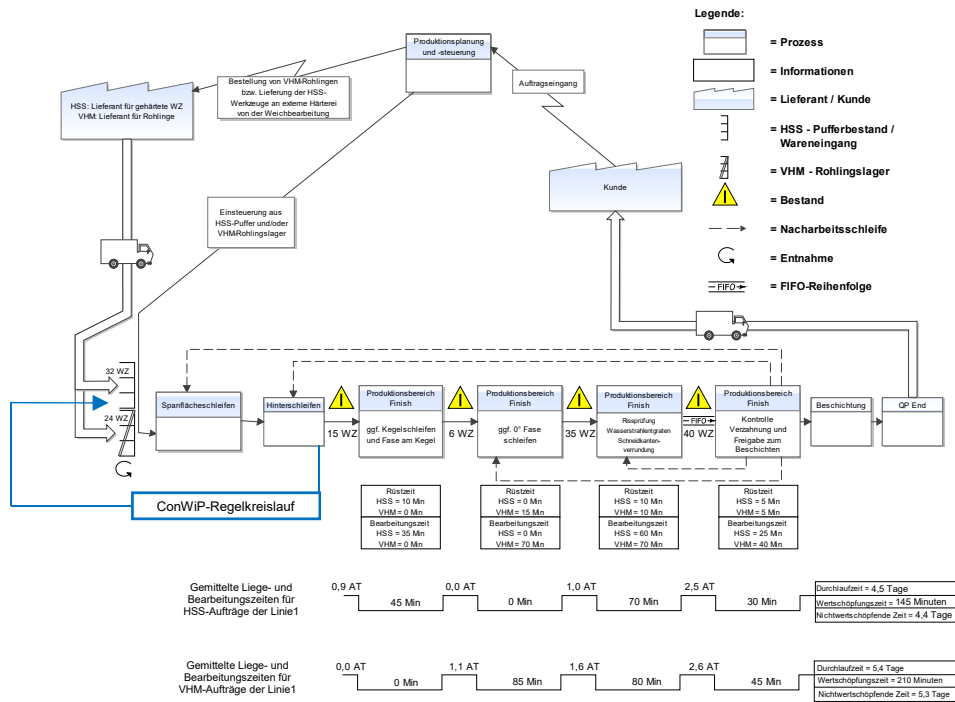


Schneidkantenpräparation und Kegelschleifen			Qualitätssicherung		
Nr.	Arbeitsgangname	Arbeitsgangbeschreibung	Nr.	Arbeitsgangname	Arbeitsgangbeschreibung
①	STR / SLF KONST	Wasserstrahlentgraten und Konstanzkerbe schleifen	⑥	QP KPL AUSMESSEN	Kontrolle der Verzahnung mittels Sichtprüfung und anschließende Freigabe zum Beschichten oder Feststellung der Notwendigkeit einer Nacharbeit
②	SCHN-KANT-VERRUND	Verrunden der Schneidkanten			
③	QP RISSP	Werkzeuge auf Risse prüfen			
④	SLF SPFL FASE	Eine 0° Fase an der Spanfläche schleifen	⑦	QP AUSMESSEN	Kontrolle der Verzahnung mittels Vermessung an einer Koordinatenmessmaschine
⑤	SLF RD KEGEL FTG / SLF KEGEL FASE	Kegelschleifen und ggf. Fase am Kegel schleifen			

**Bild 3.10:** Arbeitsgänge Produktionsbereich Finish

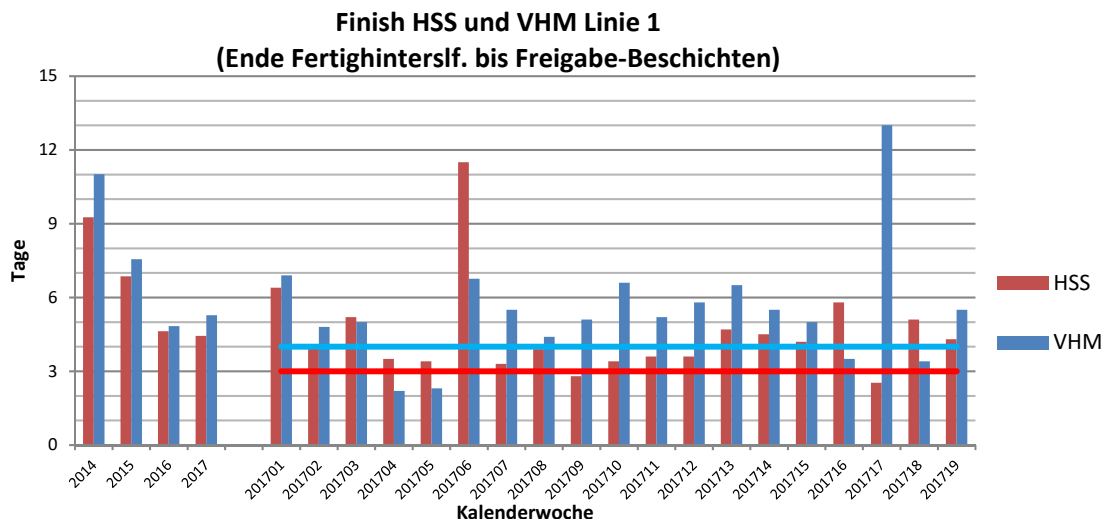
Stellt die Qualitätssicherung bei einem Auftrag keine Mängel fest, bekommt dieser die Freigabe zum Beschichten. Treten doch Mängel auf, muss zunächst festgestellt werden ob noch eine Nacharbeit möglich ist oder ob das Werkzeug als Ausschuss zu werten ist. Können die Mängel mit einer Nacharbeit korrigiert werden, wird ein Nacharbeitszettel mit allen wichtigen Informationen, wie der Fehlerart und der Reihenfolge der auszuführenden Arbeitsgänge, erstellt. Der Nacharbeitszettel wird auf gelbem Papier gedruckt, damit für jeden erkennbar ist, dass es sich um eine Nacharbeit handelt. Anschließend folgt der Transport zum ersten der erforderlichen Arbeitsgänge. Sind alle Nacharbeitsschritte erfolgt, kehrt der Auftrag zurück zu der Qualitätssicherung um erneut überprüft zu werden, dabei werden die Nacharbeitsaufträge bevorzugt behandelt und folgen somit nicht der FIFO-Regel.

Wie schon bei den vorherigen Produktionsbereichen, wurde ein Wertstromdesign auf Arbeitsebene für den Produktionsbereich Finish erstellt, siehe **Bild 3.11**. In diesem sind die bereits erwähnten Nacharbeitsschleifen und die FIFO Reihenfolgeregelung zu sehen. Sowohl bei VHM- als auch bei den HSS-Aufträgen weisen die Arbeitsgänge der Qualitätssicherung im Mittel die höchsten Liegezeiten auf. Aufgrund der hohen Anzahl an Arbeitsgängen im Produktionsbereich Finish wird für diese im **Kapitel 3.1.2.2** ein Verlauf ihrer Durchlaufzeiten nach Kalenderwoche dargestellt, um so Zusammenhänge zwischen ihnen herzustellen und so Ursachen für hohe Durchlaufzeiten feststellen zu können.



**Bild 3.11:** Wertstromdesign Arbeitsangabe Produktionsbereich Finish

Die Durchlaufzeit des Bereiches, wie im **Bild 3.12** zu sehen, wird wie auch in den anderen Produktionsbereichen im Kalenderwochen-Takt ausgewertet. Diese Auswertung zeigt, dass die Durchlaufzeiten immer wieder über den geplanten Ziel-Durchlaufzeiten liegen. Zugleich gibt es auch Kalenderwochen in denen diese Ziele erreicht werden, womit bestätigt ist, dass diese Ziel-Durchlaufzeiten erreichbar und so realistisch sind. Wegen der hohen Anzahl an Arbeitsgängen im Produktionsbereich Finish und den Nacharbeitsschleifen über die gesamte Hartbearbeitung, ist aus dieser Auswertung nicht zu erkennen, welcher oder welche Arbeitsgänge die Treiber für die Durchlaufzeiten über den Zielwerten sind. Folglich muss diese Auswertung präzisiert werden und der erste Schritt dabei ist es eine klare Teilung zwischen der regulären Durchlaufzeit und der Durchlaufzeit aufgrund von Nacharbeit je Kalenderwoche zu schaffen.



**Bild 3.12:** Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish

### 3.1.3.1 Durchlaufzeitauswertung der Nacharbeit

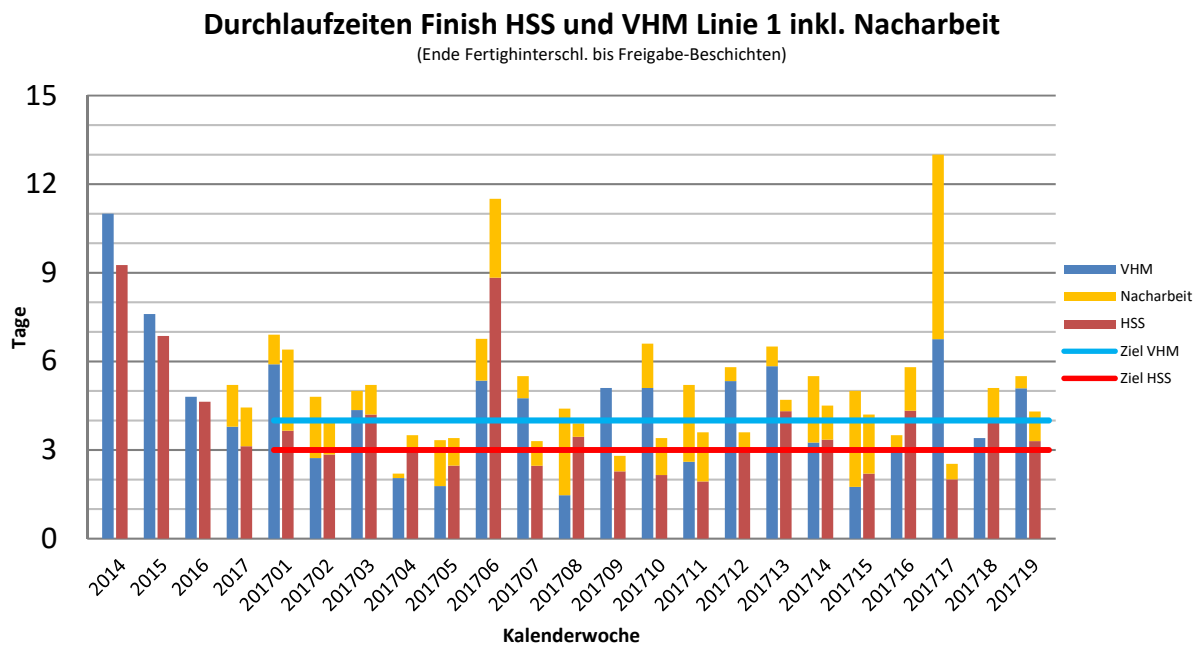
Laut DIN wird als Nacharbeit eine Maßnahme an einem fehlerhaften Produkt bezeichnet, durch welche die Anforderungen an ein Produkt erfüllt werden [14]. Das bedeutet, dass eine Fehlerkorrektur vollzogen werden muss, die eine zusätzliche, ungeplante Tätigkeit darstellt, um die Fehlleistung zu beheben. Das Ziel der Nacharbeit ist es, das Produkt nach der Mehrtätigkeit im gewünschten Qualitätszustand auszuliefern. Bei der Nacharbeit handelt es sich um einen nicht wertschöpfenden Arbeitsgang, die der Kunde dem Produzenten nicht direkt bezahlt und der dementsprechend zusätzliche Kosten entstehen lässt. Des Weiteren wird der Betriebsablauf gestört. Betrachtet man neben den direkten Aufwendungen für die Doppelarbeit ebenfalls die ausgefallene Produktionszeit und die Wiederholungsprüfungen, so sind die Ausgaben wesentlich höher. Hinzu kommt außerdem eine weitere zeitliche Komponente, da die Durchlaufzeit des Produktes unnötig steigt und im schlechtesten Fall den Liefertermin überschreitet. Das Auftreten von Nacharbeiten ist ein Zeichen von Qualitätsmängeln, da diese in Prozessen, die nicht vollkommen beherrscht werden, entstehen. Anzumerken ist, dass die Nacharbeit sich von der Reparatur unterscheidet. Bei der Reparatur wird das fehlerhafte Produkt lediglich so bearbeitet, dass der Verwendungszweck annehmbar ist, d. h. die Nachbesserung führt zu einem gebrauchsfähigen Zustand, nicht zu einem fehlerfreien Produkt [15].

Im Zuge einer Masterarbeit, mit dem Ziel der Senkung der Nacharbeitsquote, Ende 2016, wurde eine Nacharbeitsauswertung eingeführt. Diese beruht auf der Grundlage des per Hand vom Facharbeiter ausgefüllten gelben Nacharbeitszettels. Alle für die Auswertung relevanten Informationen werden in einer Excel-Datei aufgenommen und archiviert. Darunter befindet sich auch die Information wie lange ein Auftrag in der Nacharbeit gewesen ist.

Aufgrund dieser Archivierung und der Möglichkeit der Auflistung aller Aufträge, die je Kalenderwoche die mittlere Durchlaufzeit bestimmten, konnte ein Excel-Tool erstellt werden, das diese beiden Datenmengen miteinander vergleicht und die reguläre gemittelte Durchlaufzeit, sowie die benötigte Durchlaufzeit für die Nacharbeit berechnet. Eine detaillierte Anleitung, die vor allem für zukünftige Studenten erstellt worden ist, befindet sich im **Anhang auf der Seite XI**. Das Ergebnis dieser Auswertung ist im **Bild 3.13** zu sehen.

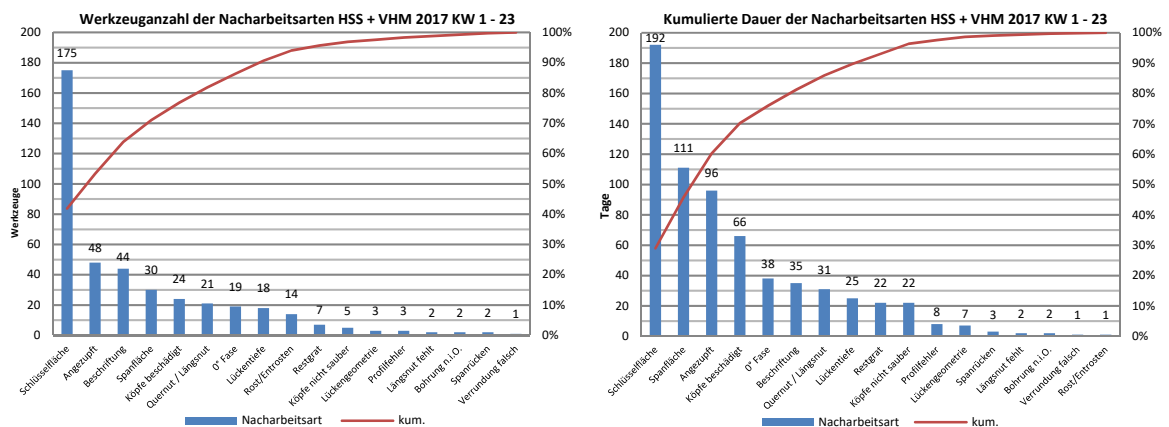
Im Vergleich zu der vorherigen Bereichsauswertung gibt die Auswertung Auskunft wie hoch die aufgewendete Durchlaufzeit je Kalenderwoche für Nacharbeiten ist. So wird die Durchlaufzeit, je Kalenderwoche in Form eines Balkendiagramms, gestapelt in reguläre Durchlaufzeit (Blau bzw. Rot, je nach Werkstoff) und darüber die Durchlaufzeit der Nacharbeit in Gelb dargestellt. Die Addition der regulären und der Nacharbeits-Durchlaufzeit ergibt die gesamte Durchlaufzeit des Bereiches je Kalenderwoche und Werkstoff. Aus dem Bild 3.13 geht allerdings hervor, dass die Ziel-Durchlaufzeit ebenso ohne Nacharbeiten teilweise überschritten

wird. Demzufolge genügt es nicht, allein die Nacharbeitsdurchlaufzeit zu betrachten, sondern es müssen auch die Arbeitsgänge des Produktionsbereiches Finish detailliert untersucht werden. Worauf im **Kapitel 3.1.2.2** ausführlich eingegangen wird.



**Bild 3.13:** Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish inkl. Nacharbeit

Wie am Anfang des **Kapitels 3.1.2.1** bereits erwähnt, steigt wegen der Doppelarbeit die Durchlaufzeit eines Produktes unnötig an. Demzufolge kann mit einer Reduzierung oder gar Abstellung einer Nacharbeit auch die Durchlaufzeit reduziert werden. Folglich wurde ein Drill-Down der archivierten Nacharbeit vorgenommen. Bei einem Drill-Down (zu Deutsch: Aufreißen) wird eine Datenmenge eines Prozessablaufes in interessierende Variablen gegliedert [16, S. 92]. Anhand einer graphischen Zusammenfassung dieser Gliederung (z. B. als Histogramm) werden die dominierenden Variablen des Ablaufes veranschaulicht.



**Bild 3.14:** Drill-Down Nacharbeitsarten nach Werkzeuganzahl und kumulierte Dauer

Im **Bild 3.14** werden die Nacharbeitsarten nach der Anzahl der Werkzeuge pro Nacharbeit und der kumulierten Dauer, je Nacharbeitsart seit Anfang des Jahres 2017, aufgliedert



und absteigend in einem Histogramm dargestellt. Es ist festzustellen, dass an der Spitze der beiden Diagramme die Nacharbeitsart „*Schlüsselfläche*“ ihren Platz findet. Des Weiteren sind solche Nacharbeitsarten wie „*Köpfe beschädigt*“ und „*Spanfläche*“ von großer Bedeutung, da hierbei das Verhältnis zwischen Werkzeuganzahl und kumulierter Dauer nicht ausgeglichen ist, wie es mit Nacharbeitsart an der Spitze der Fall ist. Im weiteren Zuge wurde durch gezielte Befragung der Abteilungsleiter untersucht, ob und gegen welche Nacharbeitsarten Maßnahmen erfolgten oder in Planung sind. Aufgrund der 80-20-Regel, die besagt das 20% der gravierendsten Ursachen einen Effekt von 80% erzielen [17, S. 131] und der Tatsache der zeitlichen Begrenzung der Abschlussarbeit, wurden die ersten sechs Nacharbeitsarten des Drill-Downs der kumulierten Dauer berücksichtigt.

Das Ergebnis der Befragungen wird folgend in der **Tabelle 3** dargestellt. So zeigte sich, dass für die Nacharbeitsarten „*Spanfläche*“, „*0° Fase*“ und „*Köpfe beschädigt*“, zum Zeitpunkt der Analyse, keine Maßnahmen erfolgten oder geplant waren.

Nacharbeitsart	Maßnahme erfolgt oder geplant?	Zeitpunkt	Beschreibung
Schlüsselfläche	erfolgt	KW 10	Die Werkzeuge werden in der Weichbearbeitung bis an die Toleranzgrenze gefertigt, um den Verzug nach dem Härten entgegen zu wirken.
Spanfläche	-	-	-
Angezupft	geplant	in Arbeit	Ständiger Austausch und Zusammenarbeit zwischen einem WZM-Hersteller und Software-Anbieter, um ein automatisches Anfahren der Werkzeuge zu ermöglichen und so das Anzupfen zu verhindern.
Köpfe beschädigt	-	-	-
0° Fase	-	-	-
Beschriftung	geplant	KW 34 - 35	Durch Vernetzung von SAP und der Software der Gravierungsmaschine, wird die Serial-Nr. nicht mehr per Hand eingetippt, sondern automatisch aus SAP entnommen. So sollen Eingabefehler vermieden werden.

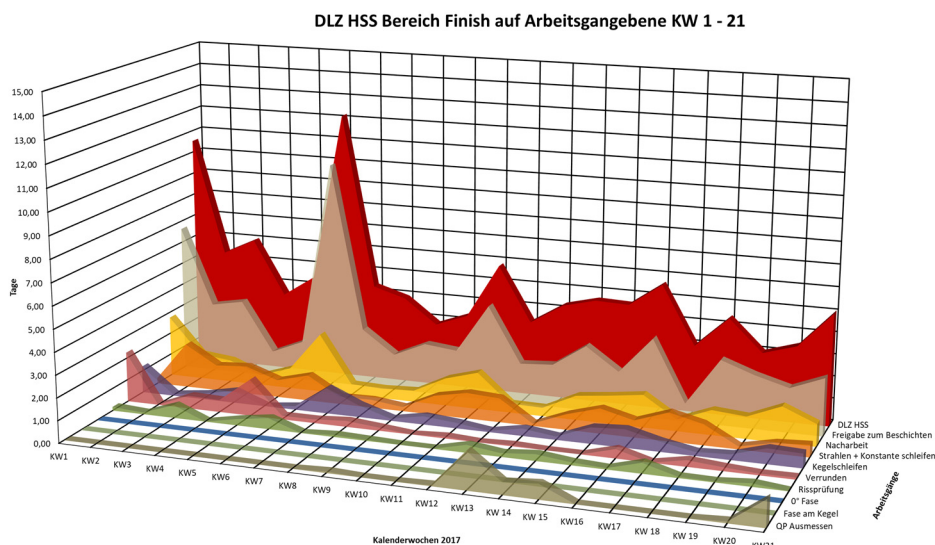
**Tabelle 3:** Maßnahmen-Matrix der Nacharbeiten

### 3.1.3.2 Durchlaufzeitenauswertung auf Arbeitsebene

Wie im Bild 3.13 zu erkennen ist, wurde nach der Teilung der Durchlaufzeit des Finish Bereiches in Nacharbeit und reguläre Durchlaufzeit festgestellt, dass auch die reguläre Durchlaufzeit an manchen Kalenderwochen über dem Zielwert liegt. Demzufolge wurden alle Arbeitsgänge des Bereiches auf ihre Durchlaufzeiten ausgewertet. Dabei wurden alle Aufträge, die den Bereich Finish passiert haben, je Kalenderwoche berücksichtigt. Das Ergebnis dieser Auswertung ist im **Bild 3.15** für HSS-Werkzeuge und im **Bild 3.16** für VHM-Werkzeuge abgebildet.

Im Bild 3.15 werden die Durchlaufzeiten (vertikale Achse) der einzelnen Arbeitsgänge (Tiefenachse) je Kalenderwoche (horizontale Achse) abgebildet. Dabei ist festzustellen, dass bei den HSS-Werkzeugen der ausschlaggebende Arbeitsgang „*Freigabe zum Beschichten*“

(Beige) ist, in diesem ist auch der Arbeitsgang „*Nacharbeit*“ (Gelb) enthalten, dieser wurde aufgrund der besseren Übersicht separat aufgeführt.



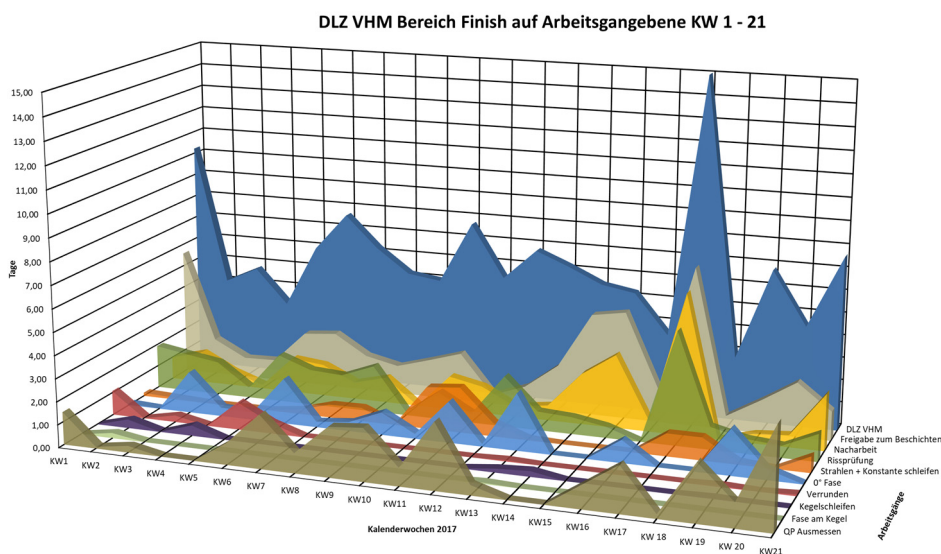
**Bild 3.15:** Durchlaufzeit HSS-Aufträge auf Arbeitsgangebene

Die hohen Durchlaufzeiten bei der „*Freigabe zum Beschichten*“ lassen sich anhand der Nacharbeitsschleifen erklären. Jedes Werkzeug das nachgearbeitet werden muss, reiht sich auch in mehreren Warteschlangen ein. Dementsprechend entstehen Liegezeiten, nicht nur am Arbeitsplatz wo das Werkzeug nachgearbeitet wird, sondern es entstehen erneute Liegezeiten im Arbeitsgang „*Freigabe zum Beschichten*“. Zwar werden die Nacharbeitsaufträge in der FIFO-Reihenfolge bevorzugt behandelt, doch weiß der Facharbeiter nicht sofort welcher Nacharbeitsauftrag die höchste Durchlaufzeit im Produktionsbereich Finish hat. Hinzu kommt, dass durch die ständige Bevorzugung, reguläre Aufträge liegen bleiben können. Am Ende der Arbeitsgänge ist die gesamte Durchlaufzeit für HSS-Aufträge im Produktionsbereich Finish (Rot) dargestellt.

Des Weiteren ist der Arbeitsgang „*Strahlen + Konstante schleifen*“ (Orange) zu erwähnen, da dieser eine sehr geringe Bearbeitungszeit hat und trotzdem immer wieder über die Marke der Durchlaufzeit von einem Tag kommt. Nach näherer Betrachtung der Aufträge aus dem zu liefernden Produktionsbereich Hinterschleifen, konnte die Ursache für diese Durchlaufzeiten festgestellt werden. So wurden einige Aufträge im Produktionsbereich Hinterschleifen zwar als erledigt gebucht, nur wurde auch vom Facharbeiter festgestellt, dass an diesen noch die Prüfbunde nachgeschliffen werden müssen. Diese Aufträge wurden dann, ohne einen Nacharbeitszettel zu erstellen, direkt zum Wareneingang des Arbeitsplatzes für Prüfbunde schleifen befördert. Stellt der Facharbeiter das nötige Nachschleifen der Prüfbunde nicht fest, wird dies bei der Freigabe zum Beschichten als Nacharbeit gekennzeichnet und so zu der Durchlaufzeit der Nacharbeit gezählt. An den Prüfbunden wird die Rundlaufabweichung gemessen. Liegen die Hoch- bzw. die Tiefpunkte zueinander verdreht, dann verlaufen

die Drehachse und die Achse der Fräuserschraube windschief zueinander, d. h., der Fräser taumelt.

Der Arbeitsplatz an dem die Prüfbunde nachgeschliffen werden ist nicht dauerhaft besetzt, dementsprechend findet eine Anhäufung von Aufträgen statt. Der Abteilungsleiter des Produktionsbereiches Hinterschleifen beordert dann einen Facharbeiter zum Prüfbunde Schleifen. Da bei HSS-Werkzeugen im Produktionsbereich Finish der erste Arbeitsgang zumeist das „Strahlen + Konstante schleifen“ ist, bekommt dieser noch die Durchlaufzeit die für das Nachschleifen der Prüfbunde benötigt wird dazu, vorausgesetzt der Auftrag wird nicht als Nacharbeit gekennzeichnet.



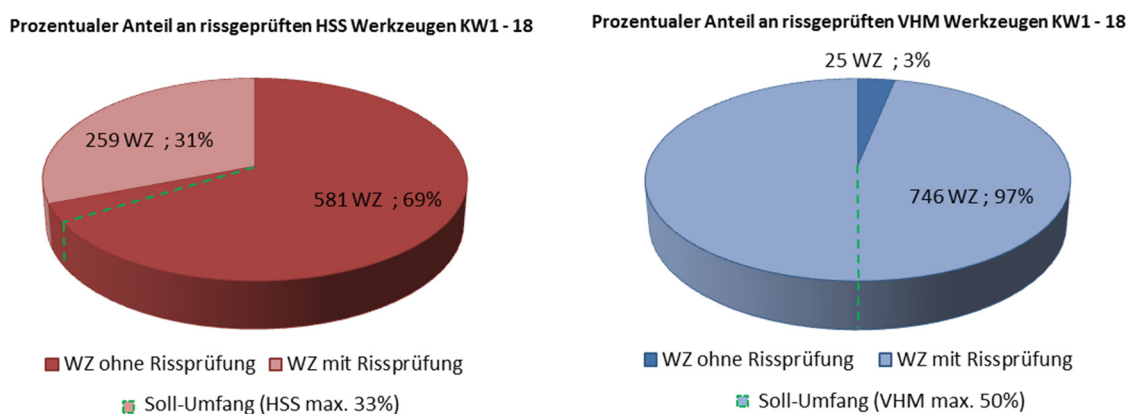
**Bild 3.16:** Durchlaufzeit VHM-Aufträge auf Arbeitsgegebene

Die Achsenbezeichnungen des Diagramms für die VHM-Aufträge, im Bild 3.16, sind analog zum Bild 3.15. Auch wie bei den HSS-Aufträgen ist der ausschlaggebende Arbeitsgang bei den VHM-Aufträgen, der Arbeitsgang „Freigabe zum Beschichten“, die restlichen Arbeitsgänge sind in etwa gleichermaßen ausschlaggebend. Beim Arbeitsgang „QP Ausmessen“ (Braun) wird die Verzahnung mittels Vermessung an einer Koordinatenmessmaschine kontrolliert. Diese Vermessung ist zeitintensiv und nicht auf jeder, der Messmaschinen in der Qualitätssicherung, können alle Werkzeuge vermessen werden, so entstehen nicht abwendbare Liegezeiten.

Beim Arbeitsgang „Rissprüfung“ (Grün) ist die gleiche Problematik, mit der Nacharbeit Bunde schleifen, wie beim Arbeitsgang „Strahlen + Konstante schleifen“ der HSS-Werkzeuge vorhanden. Da die VHM-Werkzeuge zunächst auf Risse geprüft werden und somit dieser Arbeitsgang der erste im Produktionsbereich Finish ist, bekommt dieser noch die Durchlaufzeit, die für das Nachschleifen der Prüfbunde benötigt wird dazu.

Das **Bild 3.17** zeigt eine Auswertung des Umfanges wie viele der VHM- und HSS-Werkzeuge insgesamt, in der Kalenderwoche 1 bis 18 des Jahres 2017, auf Risse geprüft worden sind. Dabei wurden in diesem Zeitraum 31% der HSS- und 97% der VHM-Werkzeuge auf Risse geprüft. Die Auswertung geschah mit Hilfe der SAP-Datenbank, in dieser wurden alle Arbeitspläne auf ein vorhanden sein des Arbeitsganges Rissprüfung untersucht.

Nach Rücksprache mit den Abteilungsleitern der Auftragssteuerung und des Produktionsbereiches Hinterschleifen, wurde festgestellt, dass der analysierte Umfang der auf Risse geprüften Werkzeuge mit den Vorgaben zwar bei den HSS-Werkzeugen mit dem Soll-Umfang (maximal 33%) übereinstimmt, aber es bei den VHM-Werkzeugen (maximal 50%) nicht der Fall ist. Die Vorgabewerte basieren dabei auf dem Anteil an fremdbezogenen Rohlingen für den jeweiligen Werkstoff und der Tatsache, dass die Rohlinge in Chargen eingekauft werden und daher nicht jeder Rohling der gleichen Charge untersucht werden muss.



**Bild 3.17:** Ist- und Soll-Umfang der rissgeprüften HSS- und VHM-Werkzeuge

Da die VHM-Werkzeuge in der Qualitätssicherung nicht anders als die HSS-Werkzeuge behandelt werden, ergibt sich wieder die Problematik mit den Nacharbeitsschleifen und der daraus resultierenden geringen Übersicht über die Liegezeiten der einzelnen Aufträge.

### 3.1.4 Fazit der Ist-Analyse

Nach der Ist-Analyse der Produktionsbereiche Spanfläche- und Hinterschleifen ist festzustellen, dass aufgrund der hohen Bearbeitungszeiten der VHM-Werkzeuge, diese Aufträge erhöhte Liegezeiten aufweisen. Nach einer Auswertung der Losgrößen nach Liegenbleibern der beiden Produktionsbereiche lässt sich feststellen, dass die Losgröße 3 aufgrund der prozentual gesehen wenigsten Liegenbleibern und der niedrigsten Durchschnittsdurchlaufzeit das Optimum ist. Des Weiteren ist der Produktionsstarttermin dieser Aufträge noch nicht optimal ausgelegt. Aufgrund vom früheren Rohling-Daseins als geplant, werden die Aufträge verfrüht in die Produktion eingesteuert. Bei den HSS Aufträgen entsteht eine hohe Liegezeit im Puffer. Solange das Härten extern stattfindet, ist dieser jedoch für das kontinuierliche

Einsteuern in die Linie notwendig. Die Werkzeugmaschinen der beiden Produktionsbereiche sind entweder auf eine bestimmte Produktgruppe ausgerichtet oder bringen allgemein bei einigen Produktgruppen nicht die gewünschte Qualität. Durch Bevorzugung von Aufträgen, anhand von vorhandener Kapazität an den Werkzeugmaschinen und der resultierenden Vernachlässigung von Aufträgen, für die nur Kapazität durch Umrüstung der Werkzeugmaschinen entstehen würde, entstehen immer wieder Liegenbleiberaufträge.

Was den Produktionsbereich Finish angeht, müssen der Umfang der rissgeprüften VHM-Werkzeuge und die Nacharbeit des Bundeschleifens optimiert werden. Zugleich muss für die Nacharbeitsarten „Spanflächenschleifen“, „Köpfe beschädigt“ und „0° Fase“ die Ursachen festgestellt und falls möglich denkbare Gegenmaßnahmen entwickelt werden. Des Weiteren soll die FIFO Reihenfolgeregelung beim Arbeitsgang „Freigabe zum Beschichten“ zu einer niedrigen Streuung der Durchlaufzeiten führen, doch ist diese nicht in der Lage Reihenfolgeabweichungen, wie die Nacharbeitsschleifen, auszuregeln.

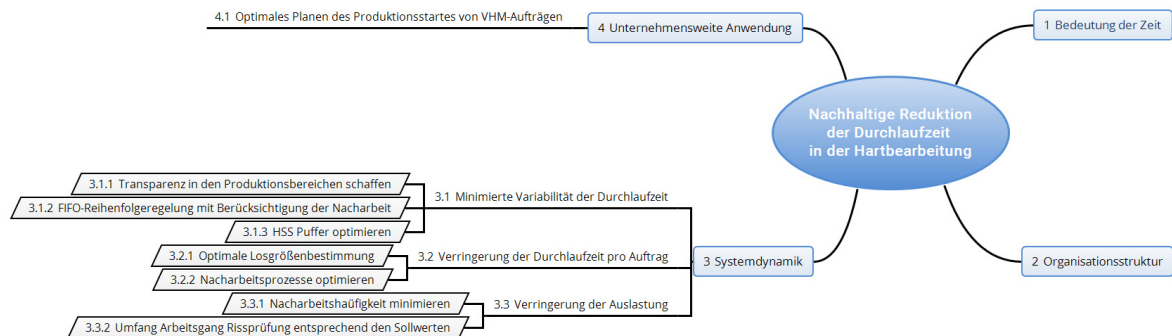
Allgemein stellte sich während der Durchführung der Ist-Analyse fest, dass es während der Produktion an Übersicht in den einzelnen Produktionsbereichen fehlt. Zwar ist es mithilfe der Software Timeaxx und den Tablets ersichtlich, welche und wie viele Aufträge sich bei den einzelnen Arbeitsgängen befinden, doch ist es für die Facharbeiter und die Abteilungsleiter in der Produktion nicht ohne viel Aufwand ersichtlich, wie hoch die Liege- bzw. Durchlaufzeit eines Auftrages vor dem Arbeitsgang bzw. im Produktionsbereich sind. So entstehen immer wieder Aufträge die hohe Liegezeiten, aufgrund von bspw. Nacharbeitsschleifen oder aufgrund von der im ersten Absatz beschriebenen Vernachlässigung von Aufträgen, besitzen.

### 3.2 Soll-Konzept

Wie im **Kapitel 2.2** bereits erklärt, beruht QRM auf vier Kernkonzepten. So werden diese Kernkonzepte im Soll-Konzept aufgegriffen und bilden dabei dessen Grundpfeiler, siehe **Bild 3.18**. Aus den aufgedeckten Schwachstellen der Ist-Analyse wurden Soll-Zustände (Punkt 3.1.1 bis 3.3.2 und 4.1 im Bild 3.18) formuliert. Diese sind den vier Kernkonzepten zugewiesen. Dabei wird deutlich, dass die Punkte „1 Bedeutung der Zeit“ und „2 Organisationsstruktur“ keine Soll-Zustände aufweisen.

Das Fehlen lässt sich aufgrund von QRM-Projekten, die bereits in der Vergangenheit durchgeführt worden sind, erklären. Die Sensibilisierung auf die Bedeutung der Zeit erfolgte mithilfe von Schulungen der Mitarbeiter, den Aushängen von Durchlaufzeitemauswertungen auf Produktionstafeln und wöchentlichen, sowie monatlichen Informationsveranstaltungen. Des Weiteren wurden die Arbeitsplätze mit Eingabegeräten ausgestattet, auf denen die Facharbeiter selbst ihre Aufträge als erledigt buchen können. So wurde ein Teil der Verantwortung und Umgang mit der Zeit von den Abteilungsleitern auf die Facharbeiter übertragen. Die

Organisationsstruktur der Produktionslinie ist bereits so aufgebaut, dass ein Auftrag nach Einsteuerung nicht mehr die Linie verlässt. Die Produktionslinie verfügt außerdem über ein QRM-Team. Die Mitarbeiter in diesem Team sind an verschiedenen Maschinen und Arbeitsgängen geschult und eingelernt worden. Dementsprechend verfügt die Produktionslinie nicht nur über Mitarbeiter die eine Mehrfachbedienung der Werkzeugmaschinen ermöglichen, sondern auch über Facharbeiter die, bspw. beim Ausfall des Stammpersonals, durch Ihre Mehrfachqualifikation flexibel, je nach Engpass in der Produktionslinie, einsetzbar sind.



**Bild 3.18:** Soll-Konzept nachhaltige Reduktion der Durchlaufzeit in der Hartbearbeitung

Die meisten Soll-Zustände sind im Punkt „3 Systemdynamik“ zu finden. Den Soll-Zuständen sind übergeordnete Bezeichnungen (Punkte 3.1 bis 3.3 im Bild 3.18) zugeordnet. Diese Bezeichnungen entstammen aus der Dreifachstrategie zur Reduzierung der Durchlaufzeit aus dem **Kapitel 2.2.3**. Lösungsideen für den Soll-Zustand „Optimierung der Einsteuerung von VHM-Aufträgen“ betreffen nicht nur die Produktion, sondern sind Abteilungsübergreifend anzusetzen, weshalb diese Schwachstelle dem Punkt „4 Unternehmensweite Anwendung“ zugeordnet ist.

### 3.2.1 Konzeptplanung

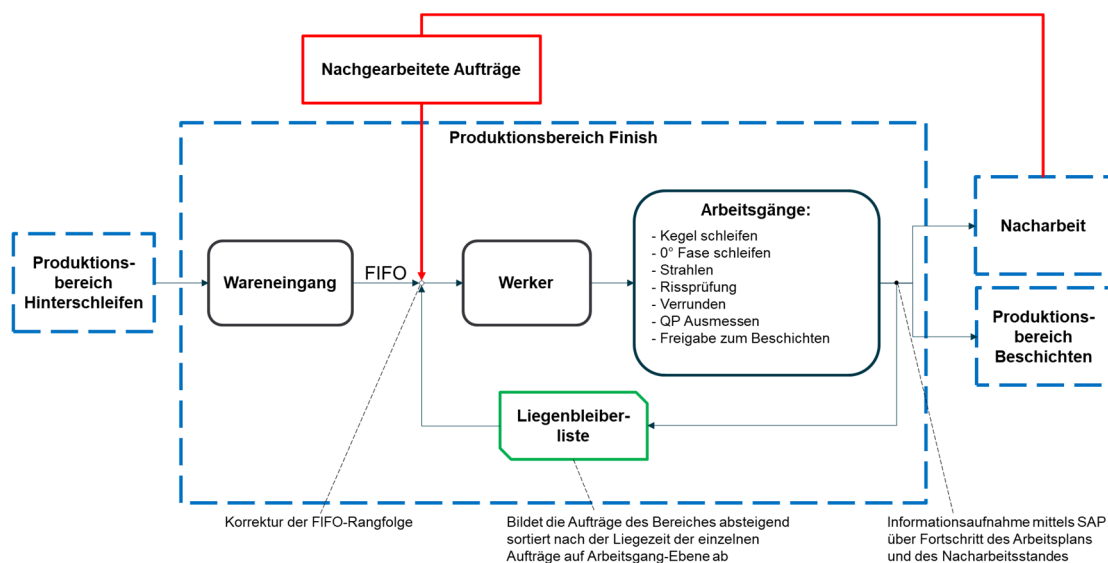
Folgend werden für die Soll-Zustände aus dem Soll-Konzept Lösungsideen und Ansätze ausformuliert. Die Nummerierung der Soll-Zustände entspricht dem Bild 3.18.

#### 3.1.1 Transparenz in den Produktionsbereichen schaffen:

Das Ziel bei der Schaffung von Transparenz in den Produktionsbereichen ist es, dass die Abteilungsleiter der jeweiligen Produktionsbereiche und die Fertigungsleitung immer einen aktuellen Stand über die Liegezeit der einzelnen Aufträge in diesen Produktionsbereichen haben. Durch diese Erkennbarkeit der Liegezeiten besteht die Möglichkeit zur früheren Reaktion und der gezielten Fokussierung auf diese Aufträge. Das Aufkommen von Ausreißern kann so minimiert und somit hohe Schwankungen der Durchlaufzeiten vermieden werden.

Grundsätzlich können hohe Schwankungen der Durchlaufzeit mit einer Reihenfolgegeregelung, wie z. B. der FIFO-Regel, vermieden werden [8, S. 509]. Aufgrund der Situation in der Produktion, dass beim selben Arbeitsgang nicht jede Bearbeitungsmaschine dieselbe Qualität produziert, wäre eine solche Reihenfolgebildung nicht sinnvoll. So könnte ein Fall eintreten bei dem ein Auftrag, der an der Reihe ist und die für ihn ausgerichtete Bearbeitungsmaschine momentan belegt ist, die darauffolgenden Aufträge blockieren, obwohl möglicherweise für diese Aufträge Bearbeitungsmaschinen zur Verfügung stehen. Damit würde genau das eintreten, was es zu vermeiden galt, nämlich das Entstehen von unnötigen Liegezeiten. Aus diesem Grund muss die Flexibilität in der Bearbeitungsreihenfolge für die Facharbeiter erhalten bleiben, gleichzeitig dürfen aber keine Aufträge in Vergessenheit geraten.

Dementsprechend soll eine Liste (folgend als Liegenbleiberliste bezeichnet) mit den höchsten Liegezeiten, aller sich aktuell in der Produktion befindenden Aufträgen in einem Produktionsbereich, erstellt werden. So wird der Normalbetrieb nicht gestört und der jeweilige Abteilungsleiter hat immer ein Überblick über die Liegezeiten der Aufträge. Wodurch eine verzögerte FIFO-Reihenfolgegeregelung, also bei freiwerdender Kapazität, möglich wird. Folgend wird in dem **Bild 3.19** ein Funktionsschema dieser Liegenbleiberliste beispielhaft für den Produktionsbereich Finish dargestellt.



**Bild 3.19:** Funktionsschema Liegenbleiberliste im Produktionsbereich Finish

Die Datenbank von SAP, mit den Informationen über den Fortschritt des Arbeitsplanes und die Rückmeldungszeitpunkte einzelner Arbeitsgänge, fungiert als Grundlage für die Liegenbleiberliste. Mithilfe dieser Datenmenge können die Aufträge den einzelnen Produktionsbereichen und Arbeitsgängen zugeordnet werden und anschließend nach der höchsten Liegezeit sortiert werden.

Demnach kann auch der Soll-Zustand „3.1.2 FIFO-Reihenfolgegeregelung mit Berücksichtigung der Nacharbeitsaufträge“ mithilfe einer solchen Liegenbleiberliste gelöst werden. Zum

einen kann die FIFO Reihenfolge, der Aufträge im Wareneingang der QS, mit den Liegezeiten der Liegenbleiberliste verglichen werden, um so ggf. eine Korrektur dieser Reihenfolge vorzunehmen. Zum anderen kann ermittelt werden wie hoch die Durchlaufzeiten der einzelnen Nacharbeitsaufträge sind und somit auch eine Reihenfolge für diese geschaffen werden.

Für die Umsetzung der Liegenbleiberliste wurden zusammen mit den Betreuern die nachkommenden Umsetzungskriterien formuliert.

- Das Layout muss so gewählt werden, dass der Fokus auf der Liegezeit liegt.
- Auf der Liste müssen für die einzelnen Aufträge alle, dabei aber nur die nötigsten, Informationen für eine schnelle Entdeckung in der Produktion vorhanden sein.
- Die Aktualisierung der Liste muss so autonom wie möglich sein (One-Click Lösung).
- Die Aktualisierungsdauer soll nicht länger als eine Stunde betragen.
- Bei der Umsetzung müssen vorhandene Software und Schnittstellen benutzt werden.

Diese Punkte sollen einen anwenderfreundlichen Umgang mit der Liste, sowie bei der Aktualisierung gewährleisten. Des Weiteren ergibt sich mit der Benutzung von vorhandener Software und Schnittstellen, die Option im Nachhinein die Liste zu erweitern bzw. anzupassen.

### 3.1.3 HSS Puffer optimieren:

Angrenzend an die Produktionshalle für die Verzahnung befindet sich die interne Härterei. In dieser werden die Werkzeuge für die Produktionshallen des Fräsens und Gewinden, sowie für die Rollsysteme intern gehärtet. Das Auflösen des Puffers für die HSS-Aufträge könnte mit einer Kapazitätserweiterung der internen Härterei für die Verzahnungswerkzeuge funktionieren. In diesem Fall könnten die HSS-Werkzeuge nach der Weichbearbeitung tagesweise an die interne Härterei weitergegeben werden. Da die Lieferzeit zur und von der externen Härterei wegfallen würde, könnte ein kontinuierlicher Fluss der HSS-Aufträge gewährleistet werden.

Sollte eine Kapazitätserweiterung der internen Härterei nicht möglich sein, können die Produktionsaufträge mit der höchsten Liegezeit im Puffer mithilfe der Liegenbleiberliste die im Punkt 3.1.1 des Soll-Konzeptes beschrieben wurde, schnell entdeckt werden und anschließend aus dem Puffer eingesteuert werden. Dies würde die Bildung von Ausreißern im Puffer verhindern.

### 3.2.1 Optimale Losgrößenbestimmung:

Nachdem bereits in der Ist-Analyse festgestellt worden ist, dass die Aufträge mit der Losgröße 3 im Vergleich zu den anderen Losgrößen die wenigsten Liegenbleiber und im Durchschnitt, mit die niedrigste Durchlaufzeit haben, wird in der **Tabelle 4** eine Gegenüberstellung von kleinen zu großen Losgrößen abgebildet.



Gegenüberstellung von kleinen/großen Losgrößen		Vor- & Nachteile bei der Wahl einer kleineren Losgröße		
Kleine Lose	Große Lose	Abteilung	Vorteil	Nachteil
Aufteilen auf mehrere Maschinen einfach möglich (bei niedriger Auslastung/Nacharbeit)	Hohe Auslastung/Laufzeit einer Maschine	Arbeitsvorbereitung	---	Kopieren mehrerer Betriebsauftragspapiere
Druck von mehreren Auftragspapieren notwendig	Lange Wartezeiten für Aufträge vor der Maschine (Fluss wird gestört)	Auftragssteuerung	---	Druck mehrerer Auftragspapiere
Mehr Aufträge beim gleichen Bestand	Kürzere Rüstzeit und einmaliges Buchen	Hilfsmittelgruppe	---	Keiner, solange Aufträge nicht auf Losgröße 2 gesplittet werden.
Materialbewegung beschleunigt/erhöht	Kleine Lose warten auf Fertigwerden der großen	Qualitätssicherung	---	Mehrfaches Buchen
Versorgung mehrerer Maschinen innerhalb einer bestimmten Zeit möglich	Verhältnis von Rüstzeit zu Bearbeitungszeit meist sehr gering	Produktion	Einfache Aufteilung auf Maschinen, Vermeidung von langen Einzellaufzeiten der Maschinen und erhöhte Materialbewegung	Eventuell häufigeres Rüsten, mehrfaches Buchen, mehr Aufträge beim gleichen Bestand

**Tabelle 4:** Gegenüberstellung und Vor- & Nachteile der Losgrößenvariierung

Auf Abteilungsebene gesehen verschafft eine Losgrößenbegrenzung, auf drei Werkzeuge pro Produktionsauftrag, nur der Produktion Vorteile. Der Vorteil in der Produktion ist, dass die Bearbeitungszeit pro Auftrag, durch die kleinere Losgröße, sinkt. Bei der Hilfsmittelgruppe, wo die Schleifscheiben für das Zahnprofil hergestellt werden, entsteht kein Vor- oder Nachteil, solange die Produktionsaufträge nicht auf zwei Werkzeuge pro Auftrag gesplittet werden. Die Schleifscheiben behalten in der Regel mindestens drei Werkzeuge lang ihr Profil, würden Aufträge auf Losgröße 2 gesplittet werden, entstünde eine Verschwendung von Schleifscheiben.

Die Nachteile der Abteilungen Arbeitsvorbereitung, Auftragssteuerung und der Qualitätssicherung haben eine niedrige Gewichtung im Vergleich zum Nachteil der Produktion. Denn bei gleichem Bestand an Werkzeugen in der Produktion wären viel mehr Produktionsaufträge vorhanden und somit noch weniger Transparenz als vorher da sein. Des Weiteren ergibt sich, durch die höhere Anzahl an Produktionsaufträgen, ein größerer Rüstaufwand. Die Transparenz könnte mit der Umsetzung und Einführung der Liegenbleiberliste kompensiert werden. Um den Rüstaufwand auf gleichem Niveau zu halten, müssten die Produktionsaufträge des gleichen Kunden gleichzeitig oder nacheinander eingesteuert werden.

Die Losgrößenbegrenzung würde im bisherigen administrativen, sowie Produktionsprozessablauf keine Veränderung verursachen. Bei einer möglichen Umsetzung entfällt somit die Konzeptentwicklungsphase. Bei der Auftragserzeugung müssten lediglich die Werkzeuganzahl aus den Kundenaufträgen möglichst auf Produktionsaufträge mit einer Losgröße 3 gesplittet werden.

3.2.2 Nacharbeitsprozesse optimieren:

Bei der Nacharbeitsart „Bunde schleifen“ muss der Nacharbeitsprozess optimiert werden. Aufgrund der Tatsache, dass das Bundeschleifen noch zu dem Tätigkeitsumfang der Facharbeiter im Produktionsbereich Hinterschleifen gehört, soll das Bundeschleifen bei einer Feststellung durch diese Facharbeiter noch vor dem Buchen des Arbeitsganges Hinterschleifen erfolgen. Anschließend kann dann der Arbeitsgang Hinterschleifen als erledigt gebucht werden. So gibt es keine unnötigen Liegezeiten und auch keine Anhäufung der Aufträge vor

dem Bundeschleifen. Dementsprechend werden keine extra Durchlaufzeiten auf die ersten Arbeitsgänge in dem darauffolgenden Produktionsbereich Finish dazu addiert.

### 3.3.1 Nacharbeitshäufigkeit minimieren:

Nach Beobachtung der Abläufe in der Produktion konnte für die Nacharbeitsart „Köpfe beschädigt“ keine Ursache bei den Bearbeitungsprozessen der Werkzeuge an den Produktionsmaschinen festgestellt werden. So fiel die Ursachenvermutung auf den Transport und den generellen Umgang mit den Werkzeugen. Dementsprechend soll die erste Maßnahme bei der Umsetzung, die Sensibilisierung der Facharbeiter beim Umgang mit den Werkzeugen sein. Des Weiteren müssen die Transportablageflächen mehr gepolstert werden, da diese momentan aus Holz sind und die Schneidkanten der Werkzeuge direkt auf den Ablageflächen aufliegen.

Die Fehlerursache für die Nacharbeiten an der Spanfläche, sowie die 0° Fase (diese befindet sich ebenfalls an der Spanfläche), geschieht während der Bearbeitung der Werkzeuge. Aufgrund der Tatsache, dass beide Nacharbeitsarten keine systematischen Fehler sind, d. h. diese treten bei unveränderten Messbedingungen nicht mit dem gleichen Werten auf, sondern zufällige Fehler sind, die bspw. durch die Fähigkeit des Beobachters (subjektive Fehler) hervorgerufen werden, ist das Abstellen dieser nicht möglich [18, S. 109 - 110]. Jedoch kann das Entdecken dieser direkt nach der Bearbeitung, mithilfe einer Sichtprüfung, festgestellt werden. Eine solche Sichtprüfung beim Arbeitsgang „Spanfläche schleifen“ ist Teil der, Ende des Jahres 2016, eingeführten Werker selbstprüfung.

Die Werker selbstprüfung verlegt die Verantwortung für das Identifizieren von Abweichungen und Fehlleistungen zurück an den Ausgangspunkt ihrer Entstehung [19]. Dementsprechend kontrolliert der Facharbeiter, unter Verwendung geeigneter Messmittel, regelmäßig das Ergebnis seiner geleisteten Tätigkeit auf Erfüllung der geforderten Qualitätsmerkmale und dokumentiert seine Prüfergebnisse in einem entsprechenden Dokument [20].

Eine Kopie der Werker selbstprüfung für die Produktionshalle der Verzahnung, auf der sich die zu prüfenden Merkmale (inkl. der Spanfläche und der 0° Fase) vom Facharbeiter befinden, ist dem **Anhang auf Seite XVII** beigefügt.

Dementsprechend bedarf es einer Intensivierung der Ausübung der Werker selbstprüfung beim Arbeitsgang „Spanfläche schleifen“.

### 3.3.2 Umfang des Arbeitsganges Rissprüfung entsprechend den Sollwerten:

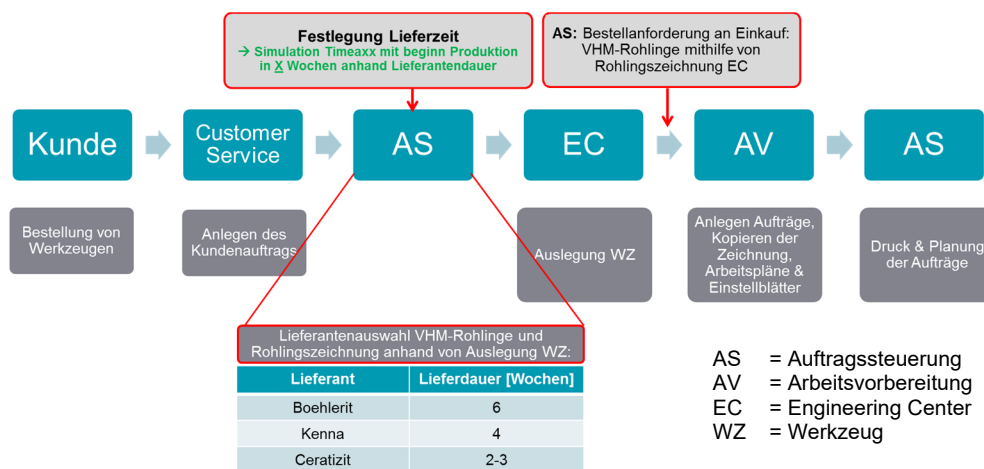
Sobald ein Arbeitsgang im Arbeitsplan aufgelistet ist, wird dieser in der Produktion ausgeführt. Um den Umfang der rissgeprüften Werkzeuge zu senken, muss dementsprechend bereits in der Arbeitsvorbereitung, beim Erstellen des Arbeitsplanes, der Arbeitsgang Rissprüfung seltener geplant werden. Der prozentuale Sollwert der rissgeprüften Werkzeuge sollte

dabei bei VHM maximal 50% und bei HSS maximal 33% betragen. Damit ist eine stichprobenartige Rissprüfung der Chargen gewährleistet.

Angesichts dieser Soll-Werte müssen die Arbeitsvorbereiter stets den aktuellen Rissprüfungsumfang der jeweiligen Werkzeuge wissen, um nicht über die Sollwerte hinaus zu planen. Die Übersicht über den Umfang, soll mit einem Excel-Tool geschaffen werden. Dabei werden in diesem Tool die Gesamtanzahl an Aufträgen, sowie die Anzahl der rissgeprüften Aufträge, Monatsweise eingetragen, um dann daraus einen prozentualen Wert bilden zu können.

#### 4.1 Optimales Planen der Einsteuerung von VHM Aufträgen:

Um die Einsteuerung der VHM-Aufträge zu optimieren, sollte die Lieferantenauswahl für VHM-Rohlinge bereits in der Auftragssteuerung geschehen. So kann die Auftragssteuerung mit der Lieferdauer des jeweiligen Lieferanten, siehe **Bild 3.20**, planen und dementsprechend den Start der VHM-Aufträge in der Produktion präziser vorhersagen. Fällt die Lieferantenauswahl auf „Kenna“ oder „Cerazit“ kann dem Kunden ein früherer Lieferzeitpunkt, als es vorher der Fall gewesen wäre, genannt werden. Somit entstünde eine unternehmensweite Durchlaufzeitreduzierung.



**Bild 3.20:** Administrativer Soll-Kundenauftragsprozess bei VHM-Aufträgen

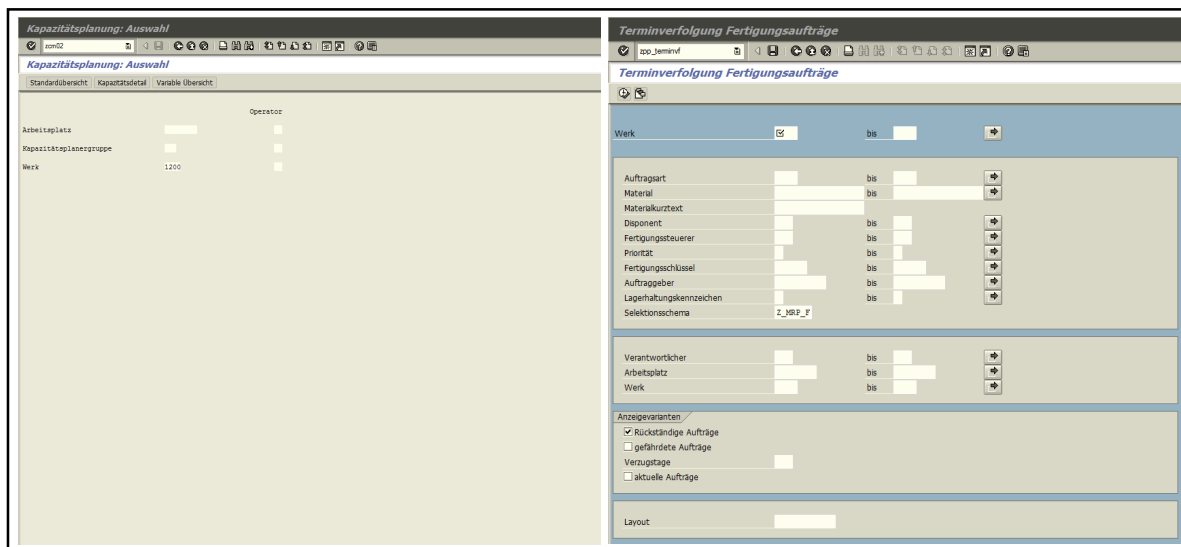
### 3.2.2 Konzeptentwicklung

Die Phase der Konzeptentwicklung verfeinert die Lösungsansätze aus der Konzeptplanung und entwickelt die komplette Lösung. Des Weiteren werden die Lösungsansätze auf die Machbarkeit überprüft.

#### Liegenbleiberliste:

Um eine Liegenbleiberliste nach dem Funktionsschema, wie im Bild 3.19 dargestellt, zu entwickeln, wurde zunächst nach einer Möglichkeit in SAP gesucht, die Differenz zwischen dem aktuellen Datum und des Datums vom letzten erledigten Arbeitsgang im Arbeitsplan der ein-

zelen Produktionsaufträge auswerten zu können. Nach einer Recherchephase und der Befragung der Change-Management Abteilung stellte sich heraus, dass eine solche Auswertung mit zwei Transaktionen realisierbar wäre.



**Bild 3.21:** SAP Transaktionen zcm02 (links) und zpp\_terminvf (rechts)

Im **Bild 3.21** werden die beiden Transaktionen die in Frage kommen dargestellt. Links ist die Transaktion „zcm02“ zusehen, diese wurde für die Planung der Kapazitätsauslastungen programmiert. Nach Eingabe einer oder mehrerer Arbeitsplatznummern werden alle Produktionsaufträge, die diese Arbeitsplatznummern enthalten und gleichzeitig diese Arbeitsgänge noch nicht als erledigt gebucht wurden sind, in einer Liste dargestellt.

Die Transaktion „zpp\_terminvf“, rechts im Bild 3.21 zu sehen, konzentriert sich auf die Verfolgung von Aufträgen die sich noch in Bearbeitung befinden. So können in dieser Transaktion nach Eingabe verschiedenster Kriterien alle Produktionsaufträge angezeigt werden, welche sich noch in der Produktionsphase befinden.

Beide Transaktionen können, nach Modifikation des Ausgabelayouts der Listen, alle Produktionsaufträge, die bei ausgewählten Arbeitsplätzen noch nicht als erledigt gebucht sind, also sich aktuell bei dem gesuchten Arbeitsgang befinden, darstellen. Des Weiteren kann auch die Differenz zwischen dem aktuellen Datum und des Datums des vorherig erledigten Arbeitsgangs automatisch ausgegeben werden.

Durch das Vorhandensein dieser beiden Transaktionen musste keine Zeit für eine Programmierung einer solchen Transaktion aufgewendet werden. Die Entscheidung fiel letztlich auf die Transaktion „zpp\_terminvf“, da diese die gleichen und noch mehr Möglichkeiten zur gezielten Auswertung der Produktionsaufträge, als die Transaktion „zcm02“, bietet. So kann eine Liste nicht nur anhand von Arbeitsplatznummern erstellt werden, sondern es kann auch bspw. nach Fertigungsschlüsseln, anhand derer es möglich ist zwischen Linie 1- und Linie 2 - Aufträgen zu unterscheiden, gefiltert werden.

Der nächste Schritt bei der Entwicklung der Liegenbleiberliste war es, verschiedene Varianten für alle Produktionsbereiche der Transaktion „zpp\_terminvf“ anzulegen. In diesen Varianten werden alle relevanten Eingabefelder, wie die Arbeitsplatznummern des jeweiligen Produktionsbereiches, ausgefüllt und abgespeichert. So ist es nicht nötig die Eingaben bei jeder Aktualisierung erneut vorzunehmen.

Nach dem archivieren der SAP-Abfragen, unter fest definierten Namen in Excel-Dateien, konnte mit Hilfe von Verknüpfungen von den einzelnen Varianten auf eine Master-Excel-Datei, eine automatisierte Erstellung der Liste gewährleistet werden. Nach dem Öffnen der Masterdatei muss lediglich ein Makro Namens „UPDATE“, zu sehen auf dem **Bild 3.22**, ausgeführt werden um die Verknüpfungen zu den einzelnen Varianten herzustellen und eine Sortierung der einzelnen Produktionsaufträge, absteigend nach ihrer Liegezeit bei dem jeweiligen Arbeitsgang, vorzunehmen. Mit Makros können in Excel Aufgaben, die einer festen Ordnung folgen, durch ein Aufzeichnen dieser, automatisiert werden [21, S. 45]. Durch Eingabe der Produktionsauftragsnummern in der Masterdatei, die sich gerade in der Nacharbeit befinden und auch derer, die eine Nacharbeit erhalten haben, konnten diese Produktionsaufträge, sobald sie in der Liste aufgelistet sind, mit einer „Bedingten Formatierung“ farblich gekennzeichnet werden.

Das Bild 3.22 zeigt das Ergebnis der eingangs beschriebenen Schritte.

Auftragsliste Liegenbleiber Halle 5 Linie 1							UPDATE	LMT FETTE
<b>QP END L1</b>								
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertigungsschlüssel	Name Debitor
2273182	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.25-14.5°-L4-SN19	7218034	QP END	5	24	01.06.2017	50110	LMT China Co., Ltd.
2287848	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.62-14.77°-L2	7223228	QP END	5	22	29.06.2017	50110	LMT Czech Republic s.r.o.
2287845	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.62-14.77°-L2	7223228	QP END	5	20	13.06.2017	50110	LMT Czech Republic s.r.o.
2287847	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.62-14.77°-L2	7223228	QP END	5	19	14.06.2017	50110	LMT Czech Republic s.r.o.
2288274	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.38-17.5°-L3-SN21	7036844	QP END	5	17	29.06.2017	50101	LMT Czech Republic s.r.o.
<b>FINISH L1</b>								
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertigungsschlüssel	Name Debitor
2281873	CarbideLine-S h'schl.-m2.646-14.56°-R2	7248000	QP AUSMESSEN	5	8	29.06.2017	50501	LMT USA, Inc.
2282797	CarbideLine-S h'schl.-m2.654-19.85°-R2	7202366	QP AUSMESSEN	7	6	29.06.2017	50501	LMT USA, Inc.
2281872	CarbideLine-S h'schl.-m2.646-14.56°-R2	7248000	QP AUSMESSEN	6	5	13.06.2017	50501	LMT USA, Inc.
2290496	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.62-15°-L4-SN19	7217071	QP KPL AUSMESSEN	3	5	13.06.2017	50102	Volkswagen AG
2297020	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.65-19°-R3-SN21	7089052	QP KPL AUSMESSEN	1	4	20.06.2017	50101	Boehlerit GmbH & Co. KG
<b>HINTERSCHLEIFEN L1</b>								
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertigungsschlüssel	Name Debitor
2289331	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.260-14°-R1-SN8	7041254	H SLF VS-CNC	1	25	18.06.2017	50102	LMT Czech Republic s.r.o.
2295608	CarbideLine-S h'schl.-m2.310-14.81°-L2	7236483	HAAS-SLF GEW+HUB	5	6	04.07.2017	50501	LMT USA, Inc.
2289889	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.5-14.5°-R4-SN25	7070024	H SLF VOR MVS	6	3	15.06.2017	50102	Winkelmann Powertrain
2282802	CarbideLine-S h'schl.-m2.310-0°-R3-SN21	7237191	FTG H SLF HM	5	3	20.06.2017	50501	LMT USA, Inc.
2292764	CarbideLine-S h'schl.-m2-20°-R1-SN12	7060271	WALT:SLF GEW+HUB	1	3	20.06.2017	50501	Robert Bosch Power Tools GmbH
<b>HARTBEARBEITUNG L1</b>								
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertigungsschlüssel	Name Debitor
2289821	RZ.-Wfr. h'schl.-m8-20°-R1-SN20	7251485	SLF SPFL	2	5	27.06.2017	50203	Siebenhaar
2286438	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.5-30°-R1-SN16	9150647	SLF ZENTR	2	4	20.06.2017	50102	STAHL CraneSystems GmbH
2288383	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.8-17.5°-R1-SN18	7133225	SLF ZAHNR	2	4	27.06.2017	50151	Daimler AG
2299015	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.25-25°-R1-SN14	7221298	EROD	1	3	27.06.2017	50110	Fette Japan GmbH
2283688	Vollst.-Wfr. h'schl.-m5-20°-R1-SN22	7249953	SLF FASE U BO	2	3	27.06.2017	50201	SEW Eurodrive GmbH & Co. KG
<b>WEICHBEARBEITUNG L1</b>								
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertigungsschlüssel	Name Debitor
2269289	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.747-14.5°-L3	7239068	DR+FRS	1	6	29.06.2017	50110	LMT China Co., Ltd.
2269417	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.824-14.5°-L3	7239060	DR+FRS	1	5	29.06.2017	50110	LMT China Co., Ltd.
2305470	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.5-17°-L3-SN19	7218112	FRS DMF	1	5	29.06.2017	50110	LMT China Co., Ltd.
2287898	Vollst.-Wfr. h'schl.-Tlg.6.8-10°-L1-SN42	7249212	DR+FRS#	2	3	11.07.2017	50151	LMT China Co., Ltd.
2292418	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.5-20°-R1-SN13	7251405	DR+FRS	2	3	11.07.2017	50101	Optima Pressformen
<b>Legende:</b>								
Nacharbeit erfolgt			aktuell in Nacharbeit			Liegezeit > 3 Tage		

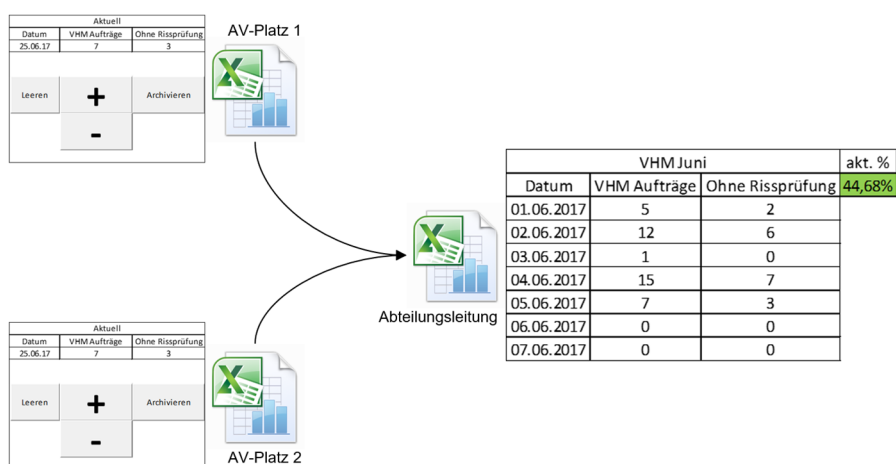
Bild 3.22: Liegenbleiberliste (Entwicklungsstadium)

Um den Überblick nicht zu verlieren und die Liegenbleiberliste nicht unnötig zu überladen, werden jeweils fünf Produktionsaufträge mit der höchsten Liegezeit (Zuteilungszähler), die sich in einem Produktionsbereich befinden, aufgelistet. Dabei zählt der Zuteilungszähler wie viele Arbeitstage, ausgehend vom aktuellen Datum, sich ein Produktionsauftrag bei dem jeweiligen Arbeitsgang befindet. Sobald ein Auftrag sich drei Arbeitstage oder länger bei demselben Arbeitsgang befindet, wird der Zuteilungszähler von diesem Auftrag automatisch rot markiert. Ist der Zuteilungszähler unter drei Tagen bleibt dieser weiß. Befinden sich Produktionsaufträge in der Nacharbeit oder hatten bereits eine, werden deren Auftragsnummern farblich, entweder orange für „aktuell in Nacharbeit“ oder grün für „Nacharbeit erfolgt“, markiert.

Alle nötigen Schritte für einen Piloten der Liegenbleiberliste waren damit erledigt. Die Pilot-Durchführung der Liegenbleiberliste wird im **Kapitel 4 Implementierung** beschrieben.

#### Excel-Tool für einen aktuellen Überblick des Rissprüfung-Umfanges:

Bei der Entwicklung des Excel-Tools wurden Buttons für eine unkomplizierte Eingabe erstellt, siehe **Bild 3.23**. Die Arbeitsvorbereiter tragen in diesem Tool täglich ein, für wie viele Produktionsaufträge sie ein Arbeitsplan erstellt haben. Dabei tragen Sie auch ein wie oft die Rissprüfung in diesen Arbeitsplänen vorkommt. Nach dem Betätigen des Buttons „Archivieren“ wird die Eingabe in einem separaten Reiter für den jeweiligen Monat abgespeichert. Um eine parallele Eingabe von mehreren Rechnern zu ermöglichen, besitzt jeder Arbeitsvorbereiter eine eigene Excel-Datei. Diese Excel-Dateien sind zu einer Master-Excel-Datei verknüpft, in der der prozentuale Wert an rissgeprüften Werkzeugen monatsweise dargestellt wird. So kann der Abteilungsleiter falls nötig eingreifen.



**Bild 3.23:** Funktionsschema Excel-Tool Rissprüfungsumfang

### Kapazitätserweiterung interne Härtereie:

Nach Rücksprache mit der Fertigungsleitung und dem Abteilungsleiter der Härtereie wurde beschlossen, dass das Thema der Kapazitätserweiterung der internen Härtereie, wegen den daraus resultierenden hohen Investitionskosten, zunächst zurückgestellt werden soll.

Dementsprechend wurde die Liegenbleiberliste um einen weiteren Bereich, für die sich im Puffer befindlichen Produktionsaufträge, erweitert.

### Rohlinglieferantenauswahl bereits in der Auftragssteuerung:

Bei der Machbarkeitsüberprüfung der Verschiebung der Lieferantenauswahl, vom Engineering Center in die Auftragssteuerung, stellte sich heraus, dass obwohl beide Abteilungen auf die gleichen Kundendaten zugreifen können, die Verschiebung bei gleichbleibenden Kundenauftragsprozess nicht möglich ist. Dies hat den Grund, dass allein anhand der vom Kunden angegebenen Baumasse keine Lieferantenauswahl möglich ist. Für eine Lieferantenauswahl muss zunächst eine Rohlingszeichnung erstellt werden, um anhand derer anschließend den richtigen Lieferanten auswählen zu können. Eine Lösung hierfür könnte eine Einführung von Produktkonfiguratoren sein.

Konfiguratoren sind regelbasierte Systeme. So können Produktkonfiguratoren unter anderem entweder fester Bestandteil einer 3D-Modellierungssoftware sein oder können als Erweiterung erworben werden. So wird nach Eingabe von verschiedensten Variablen, durch vorher aufgestellte Regeln, eine neue Konfigurierung eines bestehenden Grundmodells vorgenommen. Dies ist sowohl für 3D-Modelle als auch für 2D-Zeichnungen möglich [22, S. 322 - 323]. Im besten Falle wird somit der Kunde in die Wertschöpfungskette mit einbezogen [23, S.3] und die Auftragssteuerung hat, nach Eingabe der Bauabmessungen vom Kunden, Zugriff auf eine vom Produktkonfigurator automatisch erstellte Rohlingszeichnung und kann anhand derer einen Lieferanten auswählen. Des Weiteren wird das Engineering Center entlastet und hat mehr Kapazitäten zur Verfügung. Schließlich entfallen, durch weniger Übergabepunkte im Auftragsprozess, Liegezeiten bei der Übergabe zwischen Mitarbeitern oder Abteilungen [24, S. 269].

Aufgrund des hohen Zeitaufwandes und dem Umfang, des Themas der Einführung eines Produktkonfigurators, wurde von der Abteilung für Changemanagement und dem Engineering Center beschlossen, dass daraus ein Thema für eine zukünftige Abschlussarbeit entstehen soll.

## 4 Implementierung

In der Phase der Implementierung wird die Pilotphase und der Roll-Out auf die gesamte Produktionshalle der Liegenbleiberliste beschrieben. Des Weiteren werden die nötigen Umsetzungsmaßnahmen für eine Verringerung der Durchlaufzeit pro Auftrag, sowie der Auslastung, dargestellt. Anschließend folgt eine Wirksamkeits- und Erfolgsanalyse der Umsetzungen.

### 4.1 Minimierte Variabilität der Durchlaufzeit

Mit der Einführung der Liegenbleiberliste können alle geplanten Soll-Zustände der minimierten Variabilität der Durchlaufzeit erreicht werden. Damit sollen Ausreißer vermieden und somit Schwankungen der Durchlaufzeiten minimiert werden.

Mit einer praktischen Anwendung der Liegenbleiberliste in einem Piloten sollte zunächst die Machbarkeit nachgewiesen werden und zugleich demonstriert werden, dass diese einen besseren Überblick im Produktionsbereich schafft. Für den Piloten wurde ein Zeitraum von einer Woche Durchführungszeit angesetzt. Außerdem wurde der Einsatz während des Piloten auf den Produktionsbereich Finish begrenzt.

Während des Piloten wurde die Liegenbleiberliste täglich aktualisiert und dem Abteilungsleiter des Produktionsbereiches Finish übermittelt. Die Aktualisierungsdauer der Liegenbleiberliste betrug annähernd 20 Minuten. Der Abteilungsleiter hat während der morgendlichen Produktionsbesprechung, die Produktionsaufträge mit der höchsten Liegezeit angesprochen und diese auch in der vorhandenen FIFO-Reihenfolge falls nötig priorisiert. Bei den Produktionsaufträgen die in der Nacharbeit waren, wurden die Abteilungsleiter der jeweiligen Produktionsbereiche, wo sich der Nacharbeitsauftrag befand, über die Liegezeit informiert. Der Verlauf der Liegenbleiberliste (ausschnittsweise) während des Piloten wird im **Bild 4.01** dargestellt.

Montag FINISH L1			Dienstag FINISH L1			Mittwoch FINISH L1		
Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler	Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler	Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler
2292764	QP KPL AUSMESSEN	6	2292764	QP KPL AUSMESSEN	7	2292764	QP KPL AUSMESSEN	8
2282800	QP RISSP 30%	5	2282800	QP RISSP 30%	6	2286476	QP KPL AUSMESSEN	3
2293702	QP RISSP 30%	3	2286476	QP KPL AUSMESSEN	2	2292994	QP KPL AUSMESSEN	3
2297460	QP KPL AUSMESSEN	2	2292994	QP KPL AUSMESSEN	2	2306835	QP KPL AUSMESSEN	2
2310435	SLF RD KEGEL FTG	1	2306835	QP KPL AUSMESSEN	1	2300026	QP AUSMESSEN	2
Donnerstag FINISH L1			Freitag FINISH L1 Morgens			Freitag FINISH L1 Nachmittag		
Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler	Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler	Auftrag	Kurztext Vorgang	Zuteilungszähler
2292764	QP KPL AUSMESSEN	9	2292994	QP KPL AUSMESSEN	5	2282800	QP AUSMESSEN	3
2286476	QP KPL AUSMESSEN	4	2282800	QP AUSMESSEN	3	2291650	QP KPL AUSMESSEN	3
2292994	QP KPL AUSMESSEN	4	2300025	QP AUSMESSEN	3	2292951	QP KPL AUSMESSEN	2
2300026	QP AUSMESSEN	3	2291650	QP KPL AUSMESSEN	3	2292946	QP KPL AUSMESSEN	2
2306835	QP KPL AUSMESSEN	3	2292951	QP KPL AUSMESSEN	2	2269294	QP KPL AUSMESSEN	1

Legende:	Nacharbeit erfolgt	aktuell in Nacharbeit	Liegezeit ≥ 3 Tage
----------	--------------------	-----------------------	--------------------

**Bild 4.01:** Pilot Liegenbleiberliste KW 19



Während dem Piloten konnte festgestellt werden, dass bei der Aktualisierung der Liste keine Probleme aufgetreten sind. Beim Layout der Liste musste noch eine Spalte mit leeren Zeilen hinter den Produktionsaufträgen erzeugt werden, damit die Abteilungsleiter Bemerkungen zu den einzelnen Aufträgen hinterlegen können. Speziell bei dem Produktionsbereich Finish wurde festgestellt, dass es sich bei den meisten dargestellten Produktionsaufträgen um Nacharbeitsaufträge handelt. So wurde beschlossen, dass bei der Einführung in der KW 20 ein eigener Bereich nur für die Nacharbeitsaufträge dargestellt werden soll.

Um mögliche Ausreißer im HSS-Puffer zu erkennen, fand in der KW 24 eine Erweiterung der Liegenbleiberliste um einen zusätzlichen Bereich für den HSS-Puffer statt. Das **Bild 4.02** zeigt die finale Version der Liegenbleiberliste ab der KW 24. Außerdem wurde in der KW 24 eine Liegenbleiberliste für die Produktionslinie 2 eingeführt. Diese ist dem **Anhang auf Seite XVI** beigefügt.

KW 24		Liegenbleiberliste Halle 5 Linie 1				UPDATE	SELECT	LMT • FETTE	
<b>QP END L1</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
233538	CarbideLine-S h'schl.-m2.94-20.05*-R1	7260585	QP END	1	11	21.06.2017	50502	Daimler AG	
2337240	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.95-17*-R1-SN8	7242793	QP END	4	8	03.06.2017	50151	LMT Czech Republic s.r.o.	
2311326	Kerzbahw-Wfr. h'schl.-1lg. 3-0*-R1-SN18	7165846	QP END	1	2	17.06.2017	50101	Luhn & Pulvermacher	
2321493	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.16*-L2-SN17	7077244	QP END	4	2	24.06.2017	50102	Volkswagen AG	
2327625	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.666-18.71*-R1	7259833	QP END	5	2	14.07.2017	50103	ZF Friedrichshafen AG	
<b>Nacharbeit L1</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2311731	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.097-16*-R1-SN10	7258381	STR	5	17	03.06.2017	50102	LMT Czech Republic s.r.o.	Aktuell HSLF
2321729	CarbideLine-S h'schl.-m3-18*-R1-SN16	9148263	QP KPL AUSMESSEN	3	7	24.06.2017	50502	Daimler AG	Nacharbeit Schlüsselfl.
2321486	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.5-20*-R3-SN22	7133970	QP KPL AUSMESSEN	5	3	22.06.2017	50110	SEW Eurodrive GmbH & Co. KG	Aktuell SPFL
2322744	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.82-18.5*-R3-SN19	7245502	QP KPL AUSMESSEN	6	3	31.06.2017	50102	Volkswagen AG	Schlüsselfläche schleifen
2302879	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.5-0*-L1-SN12	7060630	STR	4	1	24.06.2017	50102	John Deere Werke Mannheim	Nacharbeit Profilfehler
<b>FINISH L1</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2321440	Vollst.-Wfr. h'schl.-m0.8-20*-R1-SN16	2366869	QP KPL AUSMESSEN	2	3	23.06.2017	50101	STAHL Crane Systems GmbH	
2320405	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.45-24*-R1-SN17	7109711	STR	3	2	24.06.2017	50102	Volkswagen AG	
2321712	Vollst.-Wfr. h'schl.-m 3-20*-R3-SN17	2363340	STR	5	2	24.06.2017	50102	ZF Friedrichshafen AG	
2321491	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.16*-L2-SN17	7077244	STR	3	1	14.07.2017	50102	Volkswagen AG	
2321732	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.1-18.5*-R2-SN17	7217437	SLF RD KEGEL FTG	3	1	30.06.2017	50110	Daimler AG	
<b>HINTERSCHLEIFEN L1</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2329716	CarbideLine-S h'schl.-m1.165-14.83*-L2	7252444	HAAS-SLF GEW+HUB	3	12	19.07.2017	50502	LMT USA, Inc.	Metallgebundene Schleifscheibe
2331275	Vollhartmetall-Wfr. h'schl.-m2.5-16*-L2	7123416	FTG H SLF HM	2	12	03.08.2017	50502	John Deere Werke Mannheim	WZM SG
2329719	CarbideLine-S h'schl.-m1.165-14.83*-L2	7252444	FTG H SLF HM	3	7	19.07.2017	50502	LMT USA, Inc.	Metallgebundene Schleifscheibe
2321498	CarbideLine-S h'schl.-m2.743-19.75*-R2	7221663	WALT-SLF GEW+HUB	3	5	24.06.2017	50501	LMT USA, Inc.	Walter VOR-HSLF
2335529	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.53-18.5*-R3-SN19	7239615	SLF SPANN/GEW	4	5	29.06.2017	50103	Volkswagen AG	
<b>HARTBEARBEITUNG L1</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2330357	CarbideLine-S h'schl.-m1.165-15*-R3-SN19	7139040	SLF SPFL HM	3	7	31.06.2017	50502	LMT Tool Systems GmbH	
2317337	Vollst.-Wfr. h'schl.-DP2.568-25*-R1-SN12	7259367	SLF RD	1	6	25.06.2017	50103	LMT (INDIA) PVT. LTD.	
2302481	Vollst.-Wfr. h'schl.-m5.6-22.44*-R1-SN17	7253615	SLF SPFL	1	6	27.06.2017	50110	Daimler AG	
2302475	Vollst.-Wfr. h'schl.-m5.42-22.42*-R1	7253614	SLF SPFL	3	6	26.06.2017	50110	Daimler AG	
2302498	Vollst.-Wfr. h'schl.-m5.42-22.39*-R1	7253616	SLF SPFL	2	6	27.06.2017	50110	Daimler AG	
<b>PUFFER HSS</b>									
Auftrag	Materialkurztext	Material	Kurztext Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2317337	Vollst.-Wfr. h'schl.-DP2.568-25*-R1-SN12	7259367	SLF FASE U BO	1	6	25.06.2017	50103	LMT (INDIA) PVT. LTD.	
2336853	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.920-16.93*-R3	7220469	SLF ZENTR	2	3	07.07.2017	50102	LMT China Co., Ltd.	
2334103	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.776-17*-R1-SN10	7089395	SLF ZENTR	1	2	06.07.2017	50102	Daimler AG	
2326679	Vollst.-Wfr. h'schl.-m2.6-16*-R3-SN19	7217435	SLF ZENTR	3	0	01.07.2017	50110	Daimler AG	
2328084	Vollst.-Wfr. h'schl.-m1.59-12.76*-R3	7255946	SLF ZENTR	3	0	05.07.2017	50110	VCST Automotive	
<b>Legende:</b>									
				Nacharbeit erfolgt	aktuell in Nacharbeit	Liegezeit ≥ 3 Tage			
Zu beachten: - Beim Zuteilungszähler wird das Wochenende nicht mitgezählt - Nach dem Splitten kann die Menge der Werkzeuge falsch sein									

**Bild 4.02:** Liegenbleiberliste (finale Version KW 24)

Ab der Einführung in der KW 20 wurde die Liegenbleiberliste täglich an alle Abteilungsleiter der Produktionshalle, sowie die Fertigungsleitung verschickt. Diese wurde täglich bei den jeweiligen Produktionsbesprechungen mit den Facharbeitern besprochen. Eine Anleitung zur täglichen Aktualisierung der Liegenbleiberliste ist im **Anhang auf Seite XI** zu finden.

## 4.2 Verringerung der Durchlaufzeit pro Auftrag

Für eine Begrenzung der Produktionsaufträge auf eine Losgröße 3 wurde die Auftragssteuerung über die Vor- und Nachteile, die in der Konzeptplanung beschrieben worden sind, informiert. So sollen folgende Regeln für die Splittung von Kundenaufträgen in der Auftragssteuerung und Arbeitsvorbereitung beachtet werden.

- Werkzeugmenge aus Kundenauftrag auf Losgröße 3 splitten
- Möglichst kein Splitten auf Losgröße 2, sonst Schleifscheibenverschwendung
- Falls das Splitten auf Losgröße 3 nicht im Ganzen klappt, Losgröße 4 bevorzugen
- Beim selben Liefertermin auf Kundenreihenfolge bei der Einsteuerung achten (Rüstaufwand minimieren)

Außerdem wurden die Facharbeiter in der Produktion von der Losgrößenbegrenzung informiert, damit diese die Aufträge möglichst Rüstoptimiert bearbeiten.

Für den Fall, dass die erhoffte Reduzierung der Durchlaufzeit pro Auftrag nicht eintritt, wurde beschlossen die Losgrößenbegrenzung zunächst nur auf die VHM-Aufträge zu beschränken. Zumal die durchschnittliche Bearbeitungszeit pro Werkzeug etwa dreimal höher ist, als bei den HSS-Werkzeugen, steckt da ein größeres Potential zur Durchlaufzeitreduzierung. Da die VHM-Aufträge nur die Hartbearbeitung durchlaufen, würde das Zurückkehren in den Ausgangszustand weniger Zeit in Anspruch nehmen, als es beim parallelen Begrenzen der HSS- und VHM-Aufträge der Fall sein würde. Zeigt die Umsetzung Erfolg, kann die Losgröße der HSS-Aufträge noch im Nachhinein begrenzt werden.

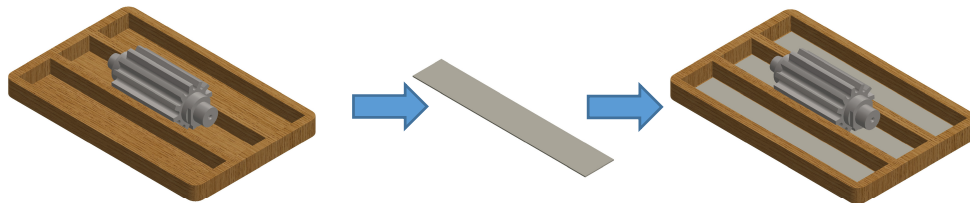
Die Facharbeiter im Produktionsbereich Hinterschleifen wurden davon in Kenntnis gesetzt, dass das Nachschleifen der Bunde unmittelbar nach dem Feststellen und vom selben Mitarbeiter auszuführen ist, da diese ohnehin von einem Facharbeiter aus dem Produktionsbereich Hinterschleifen erledigt worden wäre. Dementsprechend ergibt sich keine unnötige Liegezeit und das Nachschleifen der Bunde wird zu einem optionalen Teil des Arbeitsganges Hinterschleifen.

## 4.3 Verringerung der Auslastung

Die Auslastung der Produktion soll zum einen mit der Einführung des Excel-Tools für die Einhaltung der Sollwerte beim Rissprüfungsumfang und zum anderen mit der Reduzierung der Nacharbeit, verringert werden.

Bei der Einführung des Excel-Tools wurden die Mitarbeiter der Arbeitsvorbereitung zunächst über die Soll-Werte, der zu rissprüfenden Werkzeuge, in Kenntnis gesetzt. Anschließend fand eine Schulung für den Umgang mit dem Excel-Tool statt.

Um das Auftreten der Nacharbeitsart „Köpfe beschädigt“ zu minimieren wurden alle Ablageflächen mit dem Kunststoff Mipolam ausgelegt, siehe **Bild 4.03**. Dieser ist 4 mm dick, abriebfest und ölabweisend. Dementsprechend müssen diese nicht erneuert werden. Außerdem wurden die Facharbeiter, bezüglich des Umganges mit den Werkzeugen, in den Produktionsbesprechungen auf die Häufigkeit des Aufkommens der Nacharbeiten aufmerksam gemacht und auf die Intensivierung der Nutzung der Werkerselbstprüfung hingewiesen.



**Bild 4.03:** Transportablage Mipolam

#### 4.4 Wirksamkeits- und Erfolgsanalyse

Um die Wirksamkeit und den Erfolg zu analysieren werden folgend die Zustände vor und nach der Einführung der Umsetzungen verglichen. Dabei werden die Wirksamkeit und der Erfolg in mehreren Zeitintervallen betrachtet. So werden die Zeiträume nach der Umsetzung bis Beginn der Sommerurlaubszeit, nach der Umsetzung bis Ende der Urlaubszeit und als letztes der Zeitraum nach der Urlaubszeit betrachtet. Dies ist nötig um eine Vergleichbarkeit zu schaffen, denn während der Urlaubszeit waren bis zu 50% weniger Personal in der Produktion anwesend. Dementsprechend konnte auch nicht die gleiche Leistung erbracht werden und die Durchlaufzeiten stiegen an.

##### Rissprüfungsumfang:

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurde der Rissprüfungsumfang, wie schon bei der Ist-Analyse, erneut mit Hilfe von der SAP-Datenbank ausgewertet. Dabei wurden die Aufträge im Einsteuerungszeitraum vom 01. Juli bis 31. August berücksichtigt.

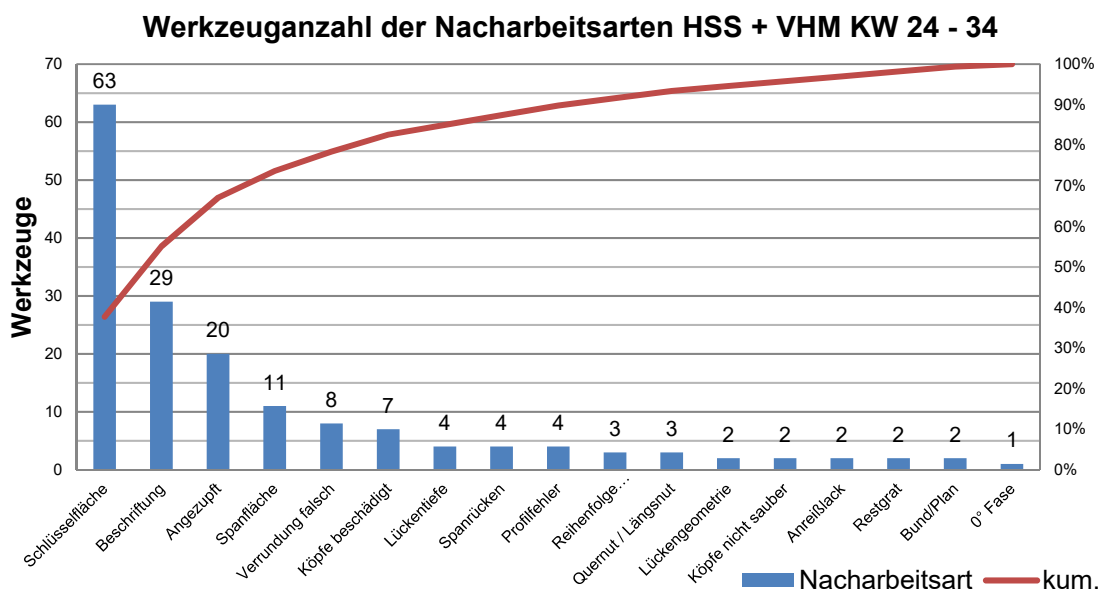
Nach einem Vergleich der prozentualen Anteile an rissgeprüften Werkzeugen, während der Ist-Analyse (VHM 97% und HSS 31%) und des Zeitraumes nach der Einführung des Excel-Tools (VHM 60% und HSS 10%), lässt sich eine Reduzierung des Umfanges um 37% bei VHM- und bei HSS-Aufträgen um 21% feststellen. Die Rissprüfung beträgt pro Werkzeug durchschnittlich etwa sieben Minuten und pro Schicht sind mindestens 10 HSS- und VHM-Werkzeuge im Wareneingang die theoretisch auf Risse geprüft werden können. Nach der Einführung des Excel-Tools (65 Arbeitstage) wurden somit durch die Reduzierung 41 Stunden Bearbeitungszeit (35 Minuten pro Schicht) eingespart. Dementsprechend konnte der Facharbeiter mehr Werkzeuge, falls im Wareneingang vorhanden, auf Risse prüfen oder er

hatte mehr Zeit für die beiden anderen Arbeitsgänge (Schneidkantenverrundung und Wasserstrahlentgraten) zur Verfügung.

Eine genaue Anleitung des Vorgehens zur Umfangsauswertung, sowie eine detaillierte Berechnung der Durchlaufzeiten und der Kosten, ist im **Anhang auf Seite XV** zu finden.

#### Nacharbeit:

Bei der Nacharbeit lässt sich nach dem Optimieren der Ablageflächen und der Intensivierung der Werkerselbstprüfung für die Nacharbeiten an der *Spanfläche* und der *0° Fase* feststellen, dass deren Aufkommen zurückgegangen ist. Die *0° Fase* musste in den Kalenderwochen 24 bis 34 nur an einem Werkzeug nachgearbeitet werden, siehe **Bild 4.04**. Die Beschädigungen an den Köpfen der Werkzeuge trat dabei nur an sieben Werkzeugen auf, wobei ab der Kalenderwoche 27 keine Beschädigungen mehr vorkamen. Die Durchlaufzeit der Nacharbeiten wird bei der Wirksamkeit der Liegenbleiberliste näher betrachtet.



**Bild 4.04:** Nacharbeitsverlauf KW 24 - 34

#### Losgrößenbegrenzung:

Die Einführung der Losgrößenbegrenzung auf Losgröße 3 fand in der zwanzigsten Kalenderwoche 2017 statt, allerdings hat es etwa vier Wochen gedauert bis die bereits vor der Einführung erstellten Produktionsaufträge, ohne der Berücksichtigung der Losgrößenbegrenzung, die Produktion durchlaufen haben. Um eine Vergleichbarkeit zwischen der Ausgangssituation und der Wirksamkeit zu schaffen, wurde der Zeitraum auf die Kalenderwochen 25 bis 29 festgelegt, da ab der Kalenderwoche 30 die Sommerurlaubszeit beginnt.

Das **Bild 4.05** zeigt die Auswertung der VHM-Aufträge, auf die Durchlaufzeiten der jeweiligen Losgröße, im Vergleich vom Ausgangszustand zum Zustand nach der Umsetzung. Dabei

werden die Durchlaufzeiten der beiden Produktionsbereiche Spanflächenschleifen und Hinterschleifen aufgeführt. Nach der Umsetzung und dem Herauswachsen der übrigen Aufträge zeigt sich, dass keine Aufträge mit der Losgröße 6 und 7 mehr vorhanden sind. Die Durchlaufzeiten der einzelnen Aufträge sind deutlich geringer (bis zu 37%), als es vor der Einführung der Fall gewesen ist.

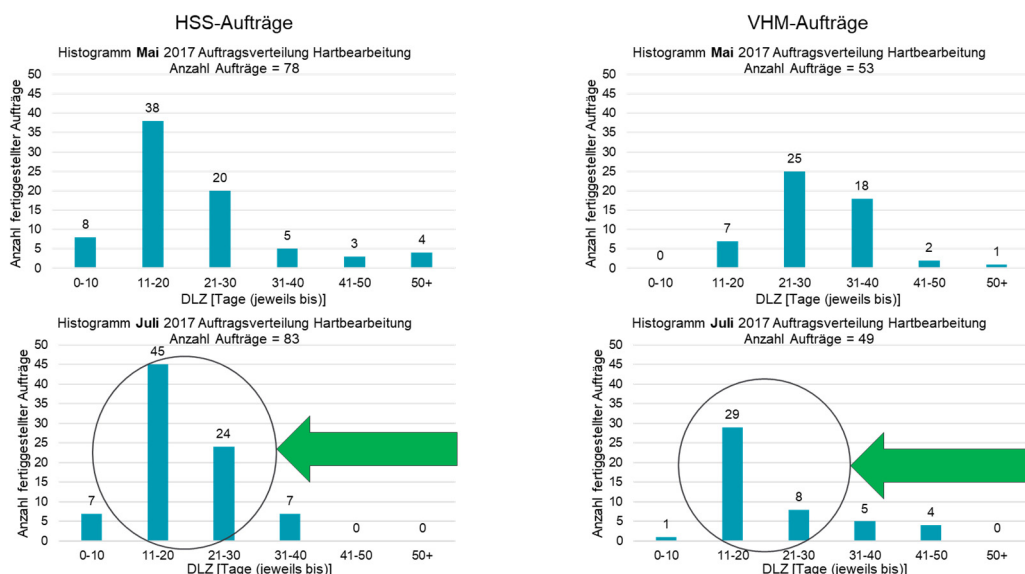
Produktionsbereich SPFL							
VHM-Aufträge KW1-24							
Losgröße	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Aufträge	49	28	34	11	126	16	9
davon Liegenbleiber	33	15	16	7	85	12	9
↓							
VHM-Aufträge KW25-29							
Losgröße	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Aufträge	11	34	30	7	6		
davon Liegenbleiber	7	23	18	6	5		
↓							
SPFL							
	KW1-24		KW25-33				
Losgröße	Ø DLZ	Ø DLZ	%				
1	8,21	5,13	37,58%				
2	5,67	5,68	-0,31%				
3	5,81	5,14	11,43%				
4	7,13	6,50	8,77%				
5	8,66	7,33	15,35%				
6	9,57						
7	8,22						

Produktionsbereich HSLF							
VHM-Aufträge KW1-24							
Losgröße	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Aufträge	38	29	30	10	137	17	10
davon Liegenbleiber	33	17	15	2	69	9	9
↓							
VHM-Aufträge KW25-29							
Losgröße	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Aufträge	7	15	17	2	2		
davon Liegenbleiber	4	8	11	0	1		
↓							
HSLF							
	KW1-24		KW25-33				
Ø DLZ	Ø DLZ	%					
6,84	7,86	-14,87%					
6,21	4,27	31,29%					
5,68	5,59	1,62%					
2,71	2,00	26,20%					
6,03	8,00	-32,67%					
6,06							
10,60							

**Bild 4.05:** Losgrößenbetrachtung, Produktionsbereiche SPFL und HSLF

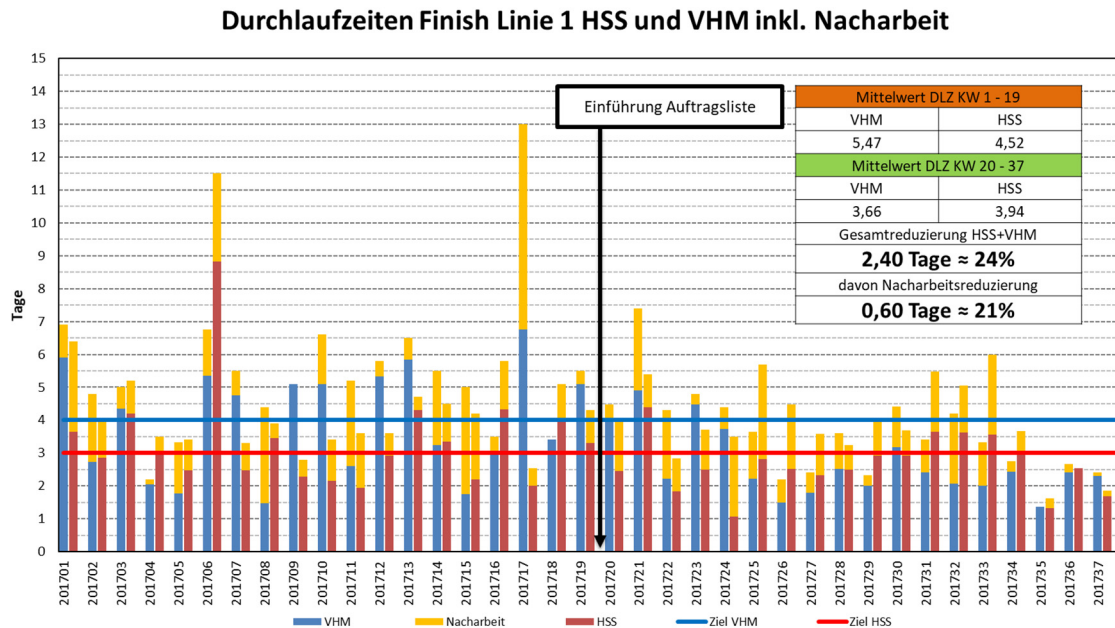
Liegenbleiberliste:

Bereichsübergreifend zeigt sich in der Hartbearbeitung im Vergleich zum Monat Mai, dass es im Monat Juli keine HSS-Aufträge mehr mit einer höheren Durchlaufzeit als 40 Tage, bzw. keine VHM-Aufträge mit einer höheren Durchlaufzeit als 50 Tage, vorhanden waren. Des Weiteren hat sich die Verteilung der Aufträge auf die Durchlaufzeit zwischen 11 und 20 Tage verlagert, siehe **Bild 4.06**. Das zeigt deutlich, dass mithilfe der Liegenbleiberliste Ausreißer frühzeitig erkannt worden sind und dementsprechend die Anzahl derer minimiert worden ist.



**Bild 4.06:** Auftragsdurchlaufzeiten Hartbearbeitung

Die Wirksamkeit der Liegenbleiberliste wird folgernd anhand des Produktionsbereiches Finish, siehe **Bild 4.07**, aufgezeigt.

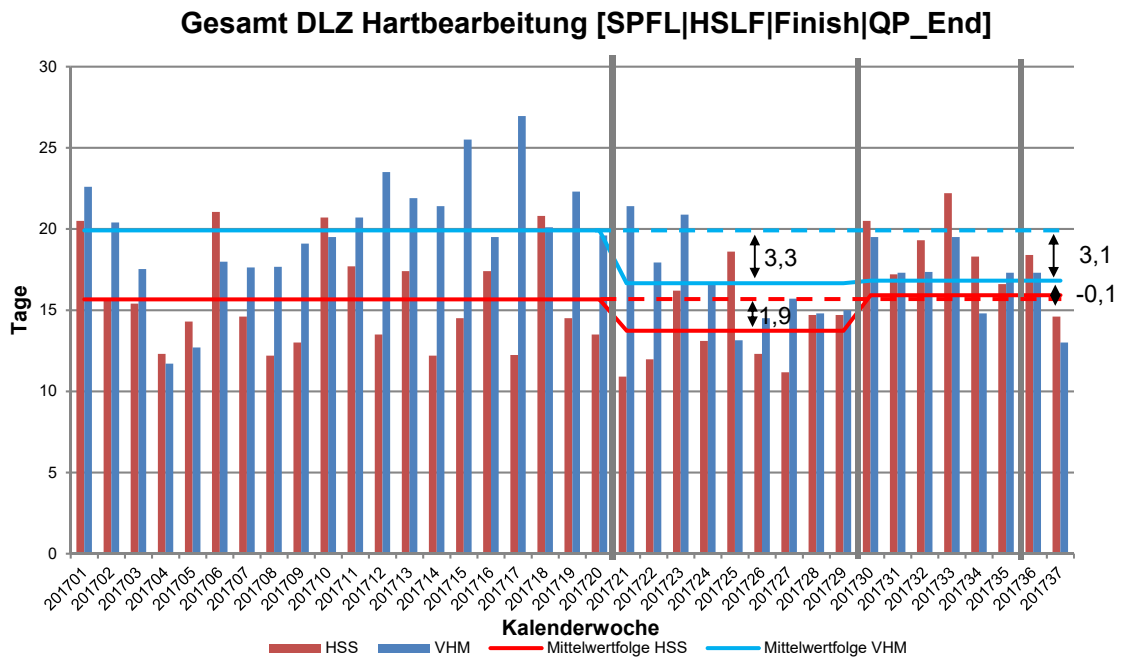


**Bild 4.07:** Durchlaufzeitauswertung Produktionsbereich Finish KW 1 - 37

Aufgrund der Fokussierung auf die bis dahin unentdeckten Liegenbleiber, direkt nach der Einführung der Liegenbleiberliste, stieg die Durchlaufzeit des Produktionsbereiches zunächst an. Folgend stabilisierte sich die Durchlaufzeit, sowohl bei den HSS-, wie auch bei den VHM-Aufträgen. So gab es weniger Ausreißer, sowie nur geringe Schwankungen in der Durchlaufzeit. Durch den ständigen Überblick über die Durchlaufzeiten der Nacharbeitsaufträge, wurde vermehrt darauf geachtet, deren Durchlaufzeiten nicht hoch ansteigen zu lassen. Dabei wurde der entsprechende Abteilungsleiter über den aktuellen Stand der Nacharbeit informiert und anschließend nach einer Möglichkeit diese im jeweiligen Produktionsbereich zu bearbeiten gesucht.

Es ist festzustellen, dass die regulären Durchlaufzeiten des Produktionsbereiches (Rot für HSS-, Blau für VHM-Aufträge) nach der Einführung, bis zur Urlaubszeit (ab KW 30), geringer als die Zieldurchlaufzeiten gewesen sind. Im Schnitt gab es im Produktionsbereich Finish eine Gesamtreduzierung (inklusive Urlaubsperiode) der Durchlaufzeit um etwa 2,4 Tage (von 9,9 Tagen auf 7,6 Tage). Dies entspricht einer Reduzierung von 24% zu der mittleren Durchlaufzeit der Kalenderwochen 1 bis 19. Des Weiteren lässt sich eine Reduzierung der Durchlaufzeiten von der Nacharbeit um 0,6 Tage (21%) feststellen.

Die wegfallenden Ausreißer und die vorher genannte Verlagerung der Auftragsdurchlaufzeiten spiegeln sich auch in der Durchlaufzeitauswertung, im Kalenderwochentakt der Hartbearbeitung, wieder. So gab es vor der Urlaubsphase eine deutliche Durchlaufzeitreduzierung, siehe **Bild 4.08**.



**Bild 4.08:** Durchlaufzeitauswertung der Hartbearbeitung KW 1 - 37

Nach der Einführung aller Umsetzungen und bis Beginn der Urlaubszeit war eine Gesamtdurchlaufzeit-Reduzierung (HSS- und VHM-Aufträge) von etwa fünf Tagen festzustellen.

Mit Beginn der Urlaubsphase ab Kalenderwoche 30 stieg die Durchlaufzeit der HSS-Aufträge so an, dass die vorher erzielte Reduzierung wieder ausgeglichen worden ist. Da während dieser bis zu 50% des Personal fehlten, wurden um den Fluss der Aufträge in der Produktion zu erhalten, weniger HSS-Aufträge aus dem HSS-Puffer in die Linie eingesteuert. So entstanden hohe Liegezeiten im HSS-Puffer. Dementsprechend machten die Liegezeiten des HSS-Puffer, während der Urlaubsphase, im Schnitt 30% der gesamten Durchlaufzeit, je Kalenderwoche, aus. Wohingegen zwischen KW 20 und KW 29 der Anteil bei 20% lag.

Auch die Anzahl der eingesteuerten VHM-Aufträge nahm ab. Jedoch beginnt die Durchlaufzeitauswertung für diese erst ab der Einsteuerung in die Produktionslinie. So wurden VHM-Aufträge nur eingesteuert sobald der Lieferzeitpunkt dieser sonst gefährdet sein würde. Dementsprechend gab es auch während der Urlaubsphase, im Mittel, keine hohe Durchlaufzeitveränderung bei den VHM-Aufträgen und die Reduzierung hatte weiterhin Bestand.

Bereits in der Kalenderwoche 37 sind die Durchlaufzeiten auf das Niveau von vor der Urlaubszeit gesunken.

Außerdem zeigt sich im Vergleich zu der Urlaubsphase des vorherigen Jahres, eine Durchlaufzeiterhöhung direkt ab Beginn der Urlaubsphase. Der Grund hierfür ist, die sofortige Reaktion auf hohe Liegezeiten mithilfe der Liegenbleiberliste. So stiegen im Jahr 2016 die Durchlaufzeiten in den Auswertungen erst zwei Wochen verzögert an und stabilisierten sich dementsprechend auch erst weit nach der Urlaubsphase. Dabei stiegen die Durchlaufzeiten

bei den HSS-Aufträgen zwischenzeitlich auf bis zu 33 Tage und bei VHM- auf bis zu 28 Tage an. Die maximalen Ausschläge während der Urlaubsphase im Jahr 2017 dagegen lagen bei 22 (HSS) bzw. bei 19 Tagen (VHM). Aufgrund des direkten Anstieges der Durchlaufzeiten ist auch eine frühere Stabilisierung der Durchlaufzeiten zu erwarten. Die Durchlaufzeiten für die Hartbearbeitung des Jahres 2016 sind im **Anhang auf Seite XVIII** zu finden.

Durch die Kombination aller Umsetzungen konnte die Durchlaufzeit deutlich reduziert werden. Die Durchlaufzeit je Auftrag sank aufgrund der Losgrößenbegrenzung. Der daraus resultierende erhöhte Rüstaufwand konnte mit der Reduzierung der Auslastung durch einen geringeren Rissprüfungsumfang und durch kleinere Anzahl an Nacharbeiten kompensiert werden.

Des Weiteren waren wegen der Losgrößenbegrenzung, beim gleichen Bestand an Werkzeugen in der Produktion, fast doppelt so viele Produktionsaufträge im Umlauf. Somit stieg die Möglichkeit der Entstehung von Ausreißern. Dies konnte jedoch mithilfe der Liegenbleiberliste verhindert werden. Würde es in der Produktion möglich sein, strikt nach dieser zu arbeiten, würde eine FIFO-Reihenfolgeregelung in jedem Produktionsbereich entstehen. Dementsprechend kann die Liegenbleiberliste als ein Hilfsmittel zur Bildung einer FIFO-Reihenfolge angesehen werden. Außerdem brachte die Liegenbleiberliste, aufgrund der neu gewonnenen Transparenz in der Produktion, mehr Kommunikation zwischen den Produktionsbereichen. Denn jeder Abteilungsleiter und auch die Fertigungsleitung hat nun den gleichen Stand und Übersicht über die Produktion.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Nach der Durchführung der Ist-Analyse in der Hartbearbeitung stellte sich fest, dass diese bereits entsprechend den beiden ersten Kernkonzepten des QRM, „Bedeutung der Zeit“ und „Organisationsstruktur“, in früheren QRM-Projekten optimiert worden ist. Jedoch gab es noch Handlungsbedarf bei den beiden letzten Kernkonzepten, „Systemdynamik“ und „Unternehmensweite Anwendung“.

So gab es große Schwankungen in den Durchlaufzeiten. Diese entstanden aufgrund von fehlender Übersicht in den einzelnen Produktionsbereichen. Dementsprechend gab es immer wieder Ausreißer Aufträge mit hohen Durchlaufzeiten. Eine Analyse der Losgröße der VHM-Aufträge ergab, dass die Durchlaufzeit pro Produktionsauftrag mit einer Losgröße von drei Werkzeugen die niedrigsten Durchlaufzeiten erzeugte, dabei aber die Losgröße fünf am häufigsten vergeben wurde. Des Weiteren wurde in den Arbeitsplänen der Arbeitsgang „Rissprüfung“ zu häufig (97% aller VHM-Aufträge) eingeplant. Aufgrund des Fremdbezugs



ganzer Chargen reicht es aus Rohlinge stichprobenartig auf Risse zu prüfen. Daher waren überflüssigerweise zu viele Werkzeuge auf Risse geprüft worden. Schließlich gab es noch Optimierungsbedarf in der Nacharbeitshäufigkeit und mit dem Umgang dieser bei Entstehung.

Auf Grundlage der in der Ist-Analyse entdeckten Schwachstellen wurden im Soll-Konzept Gegenmaßnahmen formuliert und entwickelt. Dabei wurde die Dreifachstrategie zur Durchlaufzeitreduzierung des QRM berücksichtigt. So lag der Fokus von den Umsetzungen auf der Verringerung der Variabilität der Durchlaufzeiten, der Auslastung und der Durchlaufzeit pro Auftrag.

Zusammenfassend kann zu der Wirksamkeit und zu dem Erfolg erwähnt werden, dass durch die Kombination aller Umsetzungen die Durchlaufzeit, vor allem bei den VHM-Aufträgen, erfolgreich und nachhaltig reduziert werden konnte. Vor der Urlaubsperiode konnte eine Gesamtreduzierung der Durchlaufzeit in der Hartbearbeitung von etwa fünf Tagen festgestellt werden. Das entspricht einer Durchlaufzeitreduzierung um ca. 15%. Obwohl es bis zu 50% weniger Mitarbeiter während der Urlaubsperiode in der Produktion anwesend waren, herrschte weiterhin eine Reduzierung der Durchlaufzeit von etwa drei Tagen.

Ausblickend bleibt schließlich anzumerken, dass die vorliegende Arbeit, wie jede andere Abschlussarbeit, zeitlich begrenzt ist. Aus diesem Grund wurde die Einführung eines Produktconfigurators nicht umgesetzt, jedoch soll diese im Rahmen einer zukünftigen Abschlussarbeit realisiert werden. Durch die Miteinbeziehung des Kunden in die Wertschöpfungskette entfallen bspw. Liegezeiten aufgrund von Klärungsschleifen zwischen Abteilungen und dem Kunden.

Aufgrund der nachweislichen Reduzierung der Durchlaufzeit pro Auftrag bei den VHM-Aufträgen, sollten auch die HSS-Aufträge nach Ihrer Losgröße analysiert werden, um so für diese eine optimale Losgröße zu bestimmen. Angesichts der Minimierung des Aufkommens von Ausreißern, sollte eine Ausweitung der Liegenbleiberliste auf die anderen Produktionshallen in Betracht gezogen werden.

Schließlich gilt es die Bearbeitungs-, sowie die Rüstzeiten zu reduzieren, um so die Liegezeiten zwischen den Produktionsprozessen weiter verringern zu können.

## Literaturverzeichnis

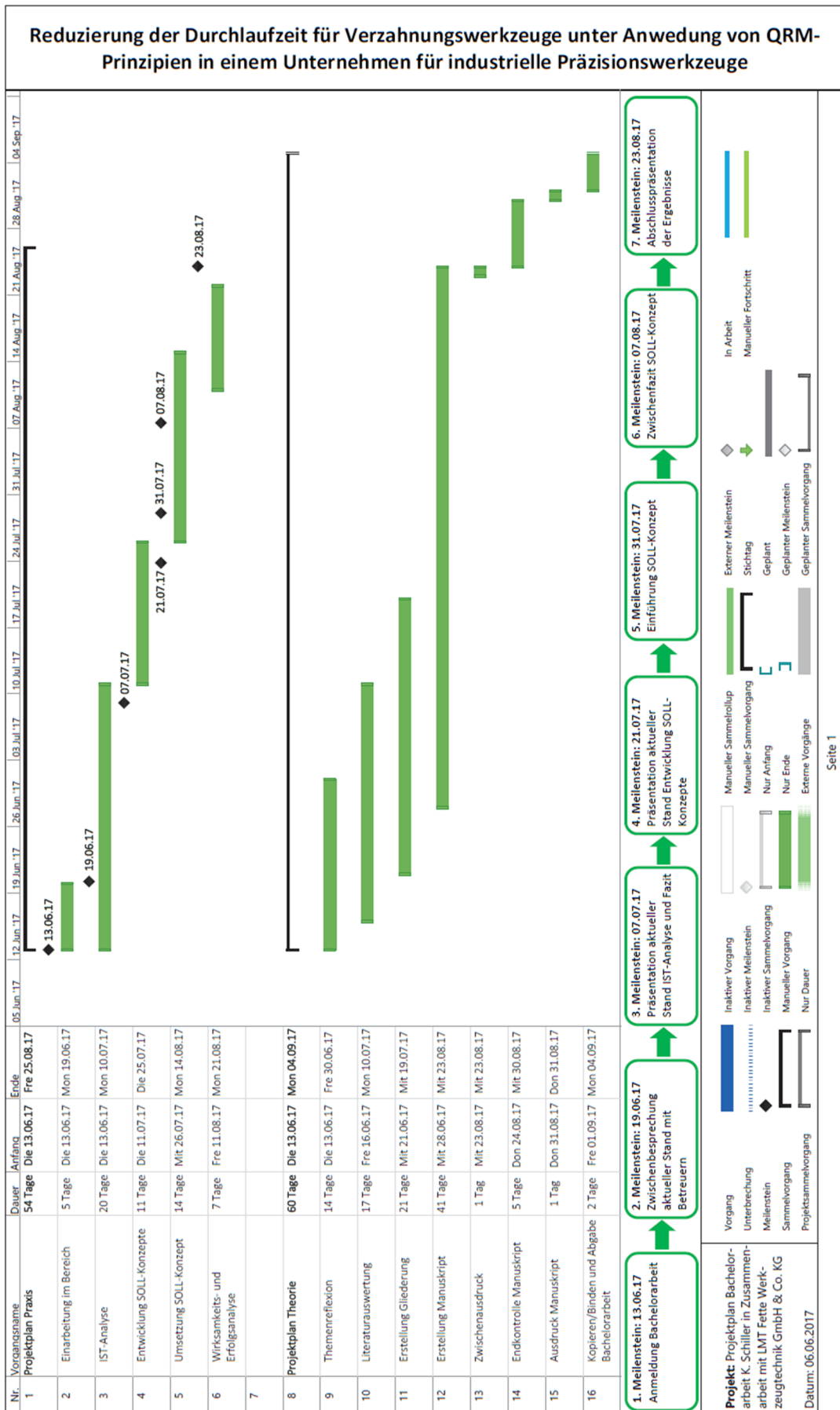
- [1] T., Geib: Geschäftsprozeßorientiertes Werkzeugmanagement, Springer-Verlag 2013.
- [2] R., Suri: [Erfolgsfaktor Zeit 2015], Erfolgsfaktor Zeit Quick Response Manufacturing, deutsche Übersetzung von Markus Menner, Verlag BoD Freiburg.
- [3] LMT Fette Werkzeugtechnik. Homepage: <http://www.lmttools.de/lmt-fette/>. Schwarzenbek: letzte Aktualisierung am 18.09.2017.
- [4] K. Felten: Verzahntechnik, das aktuelle Grundwissen über Herstellung und Prüfung von Zahnrädern, Renningen: expert Verlag, 2016, S.37 - 59.
- [5] G. Spur: Handbuch Spanen, Carl Hanser Verlag, 2014, Abbildung 16.2 und 16.4.
- [6] J., Bloech: Einführung in die Produktion, Heidelberg: Springer-Verlag 2014.
- [7] G. von Cieminski: Methoden zur Beherrschung der Durchlaufzeiten, Hannover: Institut für Fabrikanlagen und Logistik, 2005.
- [8] H., Lödding: Verfahren der Fertigungssteuerung, Grundlagen, Beschreibung, Konfiguration, Heidelberg: Springer-Verlag 2016.
- [9] R., Suri: Quick Response Manufacturing. A companywide approach to reducing lead-times. Productivity Press, Portland 1998.
- [10] R., Suri: It's About Time. The Competitive Advantage Of Quick Response Manufacturing. Productivity Press, New York 2010.
- [11] R. Hayes und W. Steven: Restoring Our Competitive Edge - Competing Through Manufacturing, New York: John Wiley & Sons, 1984.
- [12] V. Modrák: Handbook of Research on Design and Management of Lean Production Systems, Prešov: IGI Global, 2014.
- [13] T., Klevers: Wertstrom-Mapping und Wertstrom-Design, Verschwendung erkennen – Wertschöpfung steigern, München: FinanzBuch Verlag 2013.
- [14] Deutsches Institut für Normung e.V.: Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe (ISO 9000:2015-11), Berlin: Beuth, 2015.
- [15] A. Sasse: Ganzheitliches Qualitätskostenmanagement - Ein Konzept zur wirtschaftlichen Planung, Steuerung und Umsetzung, Wiesbaden: Springer Gabler Verlag, 2002.
- [16] P., Mertens, M., Meier: Integrierte Informationsverarbeitung 2, Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie, Wiesbaden: GWV Fachverlag 2009.
- [17] N., Hochheimer: Das kleine QM-Lexikon: Begriffe des Qualitätsmanagements aus GLP, GCP, GMP und EN ISO 9000, Verlag John Wiley & Sons 2011.

- [18] F. Puente León: Messtechnik, Heidelberg: Springer Verlag, 2015.
- [19] H. Seibel: DGQ-Schrift 15-42: Selbstprüfung: Anmerkungen zur Vorbereitung und Einführung, Berlin: Beuth Verlag, 1981.
- [20] E. Hering, J. Triemel und H.-P. Blank: Qualitätsmanagement für Ingenieure, Heidelberg: Springer Verlag, 2003.
- [21] M., Feiks: Datenerhebung mit Excel, Eine Anleitung zur Umsetzung von Inhaltsanalysen und Befragungen, Wiesbaden: Springer Fachmedien 2016.
- [22] H., Stomer: Informatik-Spektrum, Kundenbasierte Produktkonfiguration, Springer Verlag, Universität Fribourg Schweiz 2007.
- [23] T., Rogoll, F., Piller: Konfigurationssysteme für Mass Customization und Variantenproduktion, eine Marktstudie des ThinkConsult, München 2003.
- [24] M., Buttkus: Controlling im Handel: Innovative Ansätze und Praxisbeispiele, Wiesbaden: Springer-Verlag 2016.

## **Anhang**

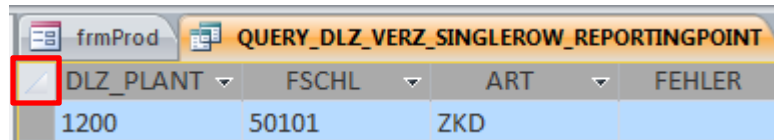
<b>Projektstrukturplan.....</b>	<b>X</b>
<b>Anleitung für die Nacharbeitsauswertung im Finish-Bereich.....</b>	<b>XI</b>
<b>Pufferliegezeit-Auswertung im Spanfläche-Bereich.....</b>	<b>XII</b>
<b>Aktualisierung Liegenbleiberliste Halle 05.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Anleitung für die Umfangsauswertung der Rissprüfung.....</b>	<b>XV</b>
<b>Liegenbleiberliste Linie 2 KW24.....</b>	<b>XVI</b>
<b>Auszug aus Werker selbstprüfung Produktionshalle 05.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Durchlaufzeiten Hartbearbeitung Produktionshalle 05 2016.....</b>	<b>XVIII</b>

## Projektstrukturplan



## Anleitung für die Nacharbeitsauswertung im Finish-Bereich

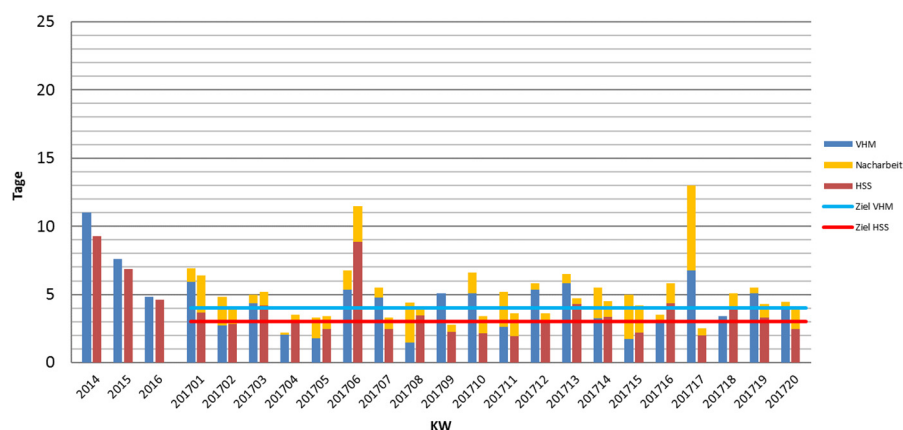
1. Aktualisierung der Nacharbeitsexcel  
(Pfad: "M:\Harder\")
2. Aktualisierung der Excel-Datei „00\_Daten.xlsm“  
(Pfad: "M:\Schiller\public\00\_Nacharbeit\Nacharbeit\")
3. Starten von Microsoft Access ->timereport
4. QUERY-DLZ-VERZ-SINGLEROW-REPORTINGPOINT-> Checkpoint: HART, aktuelle KW, Fertigungsschlüssel 501, Werk 1200
5. Alles mit Diagonalfeld (obere linke Ecke) markieren und kopieren



6. Unter Pfad: "M:\Schiller\public\00\_Nacharbeit\Nacharbeit\KW" aktuelle KW öffnen
7. Bei Aufforderung auf „Aktualisieren“ klicken
8. Im Reiter „HSS“ in der Zelle „A1“ die vorher kopierten Werte einfügen.  
**!an Zielformatierung anpassen!**
9. Jeden Auftrag der in Spalte W als rot markiert ist in SAP unter Angabe der Auftragsnummer in CO03 die Durchlaufzeit ermitteln (Falls noch nicht in Bereichsauswertung geschehen)
10. Punkt 2 bis 7 für Fertigungsschlüssel 505 wiederholen, dabei den Reiter „VHM“ in Excel-Datei benutzen
11. Aktuelle KW-Excel speichern und schließen
12. Unter Pfad: „M:\Schiller\public\00\_Nacharbeit\Nacharbeit“ die Excel „03\_Auswertung“ öffnen
13. Bei Aufforderung auf „Aktualisieren“ klicken, im nächsten Fenster auf „Weiter“ klicken
14. Im Reiter „Auswertung“: In Spalte I die DLZ für VHM und Spalte J für HSS eintragen (DLZ aus der Bereichsauswertung)

D	E	F	G	H	I	J
KW24	#WERT!	#DIV/0!	#WERT!	#DIV/0!	HSS ->	<- DLZ VHM

15. Im Reiter „Auswertung“: Tabellenende (Spalte R) bis zum nächsten grauen Balken erweitern
16. Im Reiter „Auswertung KW“: Tabellenende (Spalte vor S) bis zum nächsten grauen Balken erweitern
17. Diagramm im Reiter „Auswertung KW“ für Bereichsauswertung verwenden
18. Ergebnis: **Durchlaufzeiten Finish HSS GW1 und VHM inkl. Nacharbeit ohne Indien**  
(Ende Fertighinterschl. bis Freigabe-Beschichten)



## Pufferliegezeit-Auswertung im Spanfläche-Bereich

1. Durchlaufzeiten aus der Bereichsauswertung für HSS (Spalte H, rot markiert) und VHM (Spalte F, blau markiert) für die jeweilige Kalenderwoche in der Excel-Datei: SPFL+Puffer.xlsx im Reiter Auswertung eintragen.  
(Pfad: " M:\Schiller\Unterteilung SPFL)
2. Starten von Microsoft Access → timereport
3. QUERY-DLZ-VERZ-SINGLEROW-REPORTINGPOINT → Checkpoint: SPFL, aktuelle KW, Fertigungsschlüssel 501, Werk 1200
4. Alle Auftragsnummern der Kalenderwoche kopieren
5. Starten von SAP → Transaktion: COOIS →

The screenshot shows the SAP COOIS transaction in the 'Vorgänge' view. A red box highlights the 'Vorgänge' button in the top navigation bar, with a callout: 'Umstellen von Auftragsköpfe auf Vorgänge'. Another red box highlights the 'Mehrfachauswahl' button in the selection toolbar, with a callout: 'Button Mehrfachselektion drücken. Danach öffnet sich das Fenster: Mehrfachselektion für Fertigungsauftrag.' A third red box highlights the 'Mehrfachauswahl' dialog box, with a callout: 'Die vorher im Timereport kopierten Auftragsnummern durch Drücken des rot markierten Buttons einfügen (nicht STRG+V !!!) und bestätigen.'

6. Liste als Excel speichern und Spalte A bis L kopieren.
7. Excel-Datei: SPFL+Puffer.xlsx → Kopierte Spalten aus vorherigem Schritt **als Werte** im Reiter DLZ Puffer\_Vorlage einfügen → Filtern nach Kurztext Vorgang (Spalte E): SLF ZENTR, SLF FASE U BO, SLF BO FTG, ggf. SLF ZENTR B BED und SLF FASE U BO B BED.
8. Liegezeit im Puffer sollte nun in O1 ablesbar sein.
9. Den Wert im Reiter Auswertung ins grau markierte Feld (Spalte E) der jeweiligen Kalenderwoche eintragen und die Liste erweitern.
10. Jahresmittelwerte D9 und E9 bis ans Ende der Liste erweitern.
11. Diagramm für Bereichsauswertung verwenden

## Aktualisierung Liegenbleiberliste Halle 05

### 1. SAP Auswertung:

- ➔ Transaktion: zpp\_terminvf  
Varianten:
- ➔ QP END: AL\_QPENDL1 / AL\_QPENDL2
- ➔ Finish: AL\_HARTL1 / AL\_HARTL2
- ➔ HSLF: AL\_HSLF / AL\_HSLFL2
- ➔ SPFL: AL\_SPFL / AL\_SPFL2
- ➔ Weich: AL\_WEICHL1 / AL\_WEICHL2
- ➔ Puffer: AL\_PUFFER
- ➔ Auswertungen als Excel Dateien (rechte Maustaste → Tabellenkalkulation) unter folgenden Namen abspeichern:
  - q1 (AL\_QPENDL1) | q2 (AL\_QPENDL2) | f1 (AL\_HARTL1) | f2 (AL\_HARTL2)
  - h1 (AL\_HSLF) | h2 (AL\_HSLFL2) | s1 (AL\_SPFL) | s2 (AL\_SPFL2)
  - w1 (AL\_WEICHL1) | w2 (AL\_WEICHL2) | p (AL\_PUFFER)

### 2. Gestoppte Aufträge:

- ➔ Transaktion: COOIS
- ➔ Variante= /H05 KOBA
- ➔ Auswertung als Excel speichern und nach Anwenderstatus „zstp“ und „ZtNp zstp“ filtern.
- ➔ Gefilterte Auftragsnummern in die Auftragsliste (unter Reiter NA END Spalte H) einfügen.  
Die alten Auftragsnummern *nicht* überschreiben.

### 3. Nacharbeit:

- ➔ Aktuelle Nacharbeit in der QS aufnehmen (O\_MASTER\_Liegenbleiberliste.xlsm → Reiter „NA aktuell“ Spalte A alte Auftragsnummern löschen und aktuelle einfügen).
- ➔ Bereits nachgearbeitete Aufträge aufnehmen (M:\Harder\NacharbeitMakro.xlsm → Reiter „Daten“ Spalte B kopieren und in Auftragsliste → Reiter „NA END“ Spalte einfügen).

### 4. E-Mail:

- ➔ Die Excel Dateien aus den SAP-Auswertungen im Ordner "O\_MASTER" abspeichern (ggf. alte Dateien überschreiben) Pfad: public/schiller/public/13\_Auftragsliste\_neu/O\_Master/
- ➔ Masterdatei "O\_MASTER\_Liegenbleiberliste.xlsm" öffnen und bei Aufforderung aktualisieren.
- ➔ Nach der Aktualisierung im Ordner des aktuellen Monats mit dem aktuellen Datum als Namen anspeichern.
- ➔ Jeden Reiter auf das Symbol ✖ in der Spalte A überprüfen, falls vorhanden ganze Zeile mit dem Symbol mit "Strg" und "-" löschen.
- ➔ In der Auftragsliste unter Reiter „reduziert“ das Makro „UPDATE“ für beide Linien klicken.
- ➔ Linie 1 und Linie 2 als PDF abspeichern und an den Verteiler schicken.  
**E-Mail Verteiler:** Malte Johannsen; Malte Schoepp; Tobias Schulz; Niels Hanzlik; Marcus Harder; Torben Burmester; Hans-Juergen Woehl



Folgend sind die Eingabe-Kriterien der einzelnen Varianten zu finden.

### Arbeitsplatznummern:

QP END L1 + L2	Finish L1 + L2	SPFL L1	SPFL L2	HSLF L1	HSLF L2	Weich L1 + L2
550.8190	152.8020	152.9761	152.9361	153.9965	153.9960	142.8800
	152.8025	152.9765	152.5641	153.9953	153.9950	152.5640
	510.8120	152.9762	151.9360	153.9955	153.9931	152.4850
	550.8180	152.9750	151.9363	153.9952	153.9940	152.8031
	152.9451	151.7750	152.9420	153.9954	153.9970	152.6800
	152.9751	152.9456	152.9772	153.8970	153.9971	152.6810
	152.9210	152.9455	153.9270		153.9980	152.4252
		152.9450	152.9290			152.4251
		152.9451	152.9531			151.4090
		152.9545	152.9410			151.4050
		152.9550	152.9771			151.4095
		152.9210				151.4040
		153.9210				151.4080
						152.5460
						152.4253
						152.5450
						151.8032
						151.8033
						152.8032
						152.5258
						153.8220

Jeder Bereich mit „L1 + L2“ im Namen wird nach den Fertigungsschlüsseln der jeweiligen Linie in den Varianten gefiltert. (GW1 für Linie1 und GW2 für Linie2)

Modul	zählen unter	Art	FertSchl	Modul	zählen unter	Art	FertSchl
< 3,5	GW1	GW1 HSS Fert.in Sbk - Bohrung	50101	egal	GW2 3	GW2 Schneckenr. (HSLF UHD)	50301
< 3,5	GW1	GW1 HSS Fert.in Sbk - Schaft	50102	egal	GW2 3	HM gelötete Wzk-Endstufe (UHD)	50507
< 3,5	GW1	GW1 SpeedCore Fert. in Sbk	50110				
< 3,5	GW1	GW1 + HDR (SMS)	50151	egal	GW2 3	GW2 Entgratw. / Chamfer Cut	50701
< 3,5	GW1	GW1 Pumpenspindel	50251				
< 3,5	GW1	GW1 HSS Fert.in Indien	50120	7 < x < 16	GW2 4	GW2 Mod 7 - 16 (HDR UHD)	50204
< 3,5	GW1	GW1 SpeedCore Fert. in Indien	50121	>16	GW2 4	GW2 Mod >16 (HDR UHD)	50205
				3,5 < x < 7	GW2 4	GW2 bis Mod 7 (HDR UHD)	50207
	GW1	3W Fert. aus Rohling hart	50103				
	GW1	3W Fert. aus Rohling weich	50106				
	Rohl	3W-Rohling hart + weich	50105		VHM	VHM Bohrung	50501
					VHM	VHM Schaft	50502
					VHM	VHM Bohrung	50503
					VHM	VHM Schaft	50504
					VHM	VHM Fert. in Indien	50520
3,5 < x < 7	GW2 1	GW2 bis Mod 7 (HAAS) - Bohrung	50201				
3,5 < x < 7	GW2 1	GW2 bis Mod 7 (HAAS) - Schaft	50202				
3,5 < x < 7	GW2 1	GW2 SpeedCore	50210		SEG	Segmentwälzfräser	50601
	GW2 1	HM gelötete Wzk-Endstufe (Haas)	50505		SEG	Komponente für SWF	50602
					WSP	WSP für SWF	50603
>7	GW2 2	GW2 Mod > 7 HSLF (HSM)	50203	div		HM Sonder gelötet -Komponente-	50506
>3,5	GW2 2	GW2 Pumpenspindelfräser	50252				

## Anleitung für die Umfangsauswertung der Rissprüfung

①

SAP:

Transaktion → COOIS

Liste → Auftragsköpfe

Fertigungsschlüssel → 501\*

Iststarttermin → gewünschtes Datum bis aktuelles Datum

Auswertung als Excel Datei abspeichern und Summe<sub>1</sub> der Werkzeuge bilden.

②

Alle Auftragsnummern der Excel Datei aus ① in die Transaktion COOIS einfügen (mit Upload aus Zwischenablage!)

Liste → Vorgänge

Auswertung als Excel abspeichern, filtern nach dem Vorgang Rissprüfung (dabei gibt es mehrere Bezeichnungen) und Summe<sub>2</sub> der Werkzeuge bilden.

③

$$\text{Rissprüfungsumfang [\%]} = \frac{\text{Summe}_2}{\text{Summe}_1} * 100$$

④

Schritt ① bis ③ für Fertigungsschlüssel → 505\* durchführen und erneut die beiden Summen mit einander dividieren.

Aufträge die von 01.01.- 01.05.17 eingesteuert wurden		
	VHM	HSS
Anzahl Werkzeuge	771	840
davon mit Rissprüfung	746	259
Prozent	96,76%	30,83%

Aufträge die von 01.06.- 31.08.17 eingesteuert wurden		
	VHM	HSS
Anzahl Werkzeuge	356	1539
davon mit Rissprüfung	212	150
Prozent	59,55%	9,75%

### Kostenvergleich

Rissprüfung HSS    VHM	Einststeuerung 01.01 bis 01.05.17	Einststeuerung 01.06 bis 31.08.17
Kostensatz	1€ / Minuten	
Umfang	31% HSS 97% VHM	max. 10% HSS max. 60% VHM
Ø Aufwand	7 Minuten pro WZ	
Ø Anzahl rissgeprüfter WZ pro Schicht	3 HSS 9 VHM	1 HSS 6 VHM
Anzahl Schichten am Tag	1	
Anzahl Arbeitstage	251	
Jahreskosten	HSS: 5271€ VHM: 15813€	HSS: 1757€ VHM: 10542€

Ersparnis im Jahr von: **5.271 €**

### DLZ Vergleich

Rissprüfung HSS    VHM	Einststeuerung 01.01 bis 01.05.17	Einststeuerung 01.06 bis 31.08.17	
Umfang	31% HSS 97% VHM	10% HSS 60% VHM	
Ø Aufwand	7 Minuten pro WZ		
Ø Anzahl rissgeprüfter WZ pro Schicht	3 HSS 9 VHM	1 HSS 6 VHM	<b>Ersparnis</b>
pro Schicht	HSS 21 min VHM 63 min	HSS 7 min VHM 42 min	<b>35 min</b>
pro Woche	HSS 105 min VHM 315 min	HSS 35 min VHM 210 min	<b>175 min</b>
pro Jahr	HSS 88 Std VHM 264 Std	HSS 30 Std VHM 176 Std	<b>146 Std</b>

Bezogen auf Einsteuereungszeitraum von 01.06. bis 31.08.17 (65 Arbeitstage)
--

Ersparnis von: **2.275 €**

Bezogen auf Einsteuereungszeitraum von 01.06. bis 31.08.17 (65 Arbeitstage)
--

Ersparnis von: **41 Std**

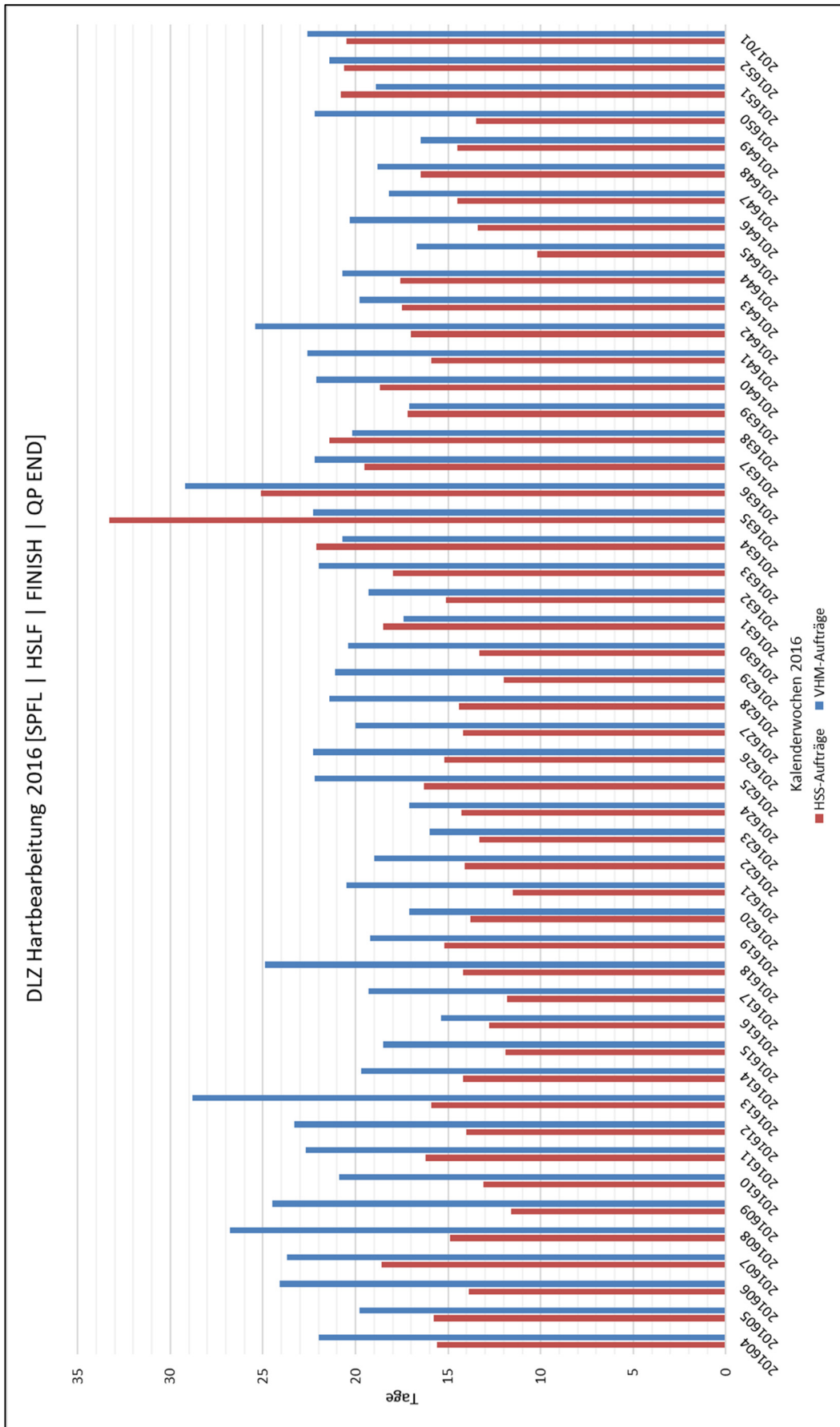
## Liegenbleiberliste Linie 2 KW24

Datum: 12.06.17		Liegenbleiberliste Halle 5 Linie 2					UPDATE	SELECT	
<b>QP END L2</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2314278	7213715	ChamferCut h'schl.-m5-20°-R1-SN20	QP END	1	2	17.06.2017	50210	Zahnradfabrik Twistingen	
2306813	7238694	Vollst.-Wfr. h'schl.-m5-25°-R2-SN17	QP END	2	1	17.06.2017	50201	Liebherr-Verzahntechnik GmbH	
<b>FINISH L2</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2316705	7247847	ChamferCut h'schl.-1.5-25-89°-28.5°-L8	QP KPL AUSMESSEN	4	3	24.06.2017	50701	LMT BELIN France S.A.S.	
2317900	7205005	Vollst.-Wfr. h'schl.-m4.6-20°-L1-SN14	QP KPL AUSMESSEN	6	3	17.06.2017	50201	LMT China Co., Ltd.	
2312517	7178637	RZ-Wfr.h'schl.-m11-20°-L1-Prot.-SN20	QP KPL AUSMESSEN	1	1	17.06.2017	50203	Siemens AG	
2315359	7258503	Vollst.-Wfr. h'schl.-m11-20°-R1-SN12	STR	2	1	29.06.2017	50203	Wolfgang Preinfalk GmbH	
2316708	7247856	ChamferCut h'schl.-1.75-31.85°-28.5°-L6	QP KPL AUSMESSEN	4	1	24.06.2017	50701	LMT BELIN France S.A.S.	
<b>HINTERSCHLEIFEN L2</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2313672	7085871	Vollst.-Wfr. h'schl.-m 5-20.11°-R1-SN18	H SIF HAAS-TS	3	10	24.06.2017	50210	Claas Industrietechnik GmbH	
2309403	7150258	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.90-25°-R2-SN19	H SIF HAAS-TS	4	4	14.07.2017	50210	John Deere Werke Mannheim	
2321469	7237940	ChamferCut h'schl.-1.85-20°-25°-L8	H SIF	6	2	31.06.2017	50701	LMT China Co., Ltd.	
2321475	7237962	ChamferCut h'schl.-1.63-17.5°-34°-L8	H SIF	6	2	31.06.2017	50701	LMT China Co., Ltd.	
2321476	7238029	ChamferCut h'schl.-1.38-16°-33°-R6	H SIF	6	2	31.06.2017	50701	LMT China Co., Ltd.	
<b>HARTBEARBEITUNG L2</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2319423	9110504	MITNEHMER X110	SIF RD	1	11	04.06.2017	50506	Doka GmbH	
2333982	9091266	HM-PL.F.MOD.11.5	SIF PL EINSEIT	18	10	19.08.2017	50506	Robert Bosch Automotive	
2333981	9094096	HM-PL.F.MOD.11.5	SIF PL EINSEIT	18	10	19.08.2017	50506	Robert Bosch Automotive	
2333980	9094095	HM-PL.F.MOD.11.5	SIF PL EINSEIT	18	10	19.08.2017	50506	Robert Bosch Automotive	
2333979	9094091	HM-PL.F.MOD.11.5	SIF PL EINSEIT	18	10	19.08.2017	50506	Robert Bosch Automotive	
<b>WEICHBEARBEITUNG L1</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2326657	7261743	Kw.-Wfr. h'schl.-6K-105x120x20-m.H-K	FRS LUE#	1	5	14.07.2017	50151	Reiloy Metall GmbH	
2324809	7094282	Spezial-Wfr. h'schl.-Tlg.17.791-H06,4	DR-FRS	3	1	14.07.2017	50110	Johann Hay GmbH & Co. KG	
2326059	9118877	Vollst.-Wfr. h'schl.-m 3.35-20°-L2-SN20	DR-FRS#	1	1	14.07.2017	50101	Daimler AG	
2326095	7258700	Vollst.-Wfr. h'schl.-m3.5-15°-R1-SN22	DR-FRS#	1	1	26.07.2017	50101	Liebherr-Verzahntechnik GmbH	
2323214	7050614	Zahnw.-Wfr. h'schl.-m2.54-30°-R3-SN15	DR	4	1	05.08.2017	50101	John Deere Werke Mannheim	
<b>WEICHBEARBEITUNG L2</b>									
Auftrag	Material	Kurztext	Vorgang	Menge	Zuteilungszähler	Eckendtermin	Fertschl.	Kunde	Bemerkung
2326107	7255859	Vollst.-Wfr. h'schl.-DP0.875-20°-R1-SN9	BO AUF TEILKREIS	1	7	21.07.2017	50203	LMT (INDIA) PVT. LTD.	
2332553	7256805	Vollst.-Wfr. h'schl.-Tlg.26.935-22.61°	BO AUF TEILKREIS	2	7	12.08.2017	50201	LMT China Co., Ltd.	
2301482	7248388	Vollst.-Wfr. h'schl.-m8-20°-R1-SN12	DR	1	6	03.08.2017	50203	C.u.W. Keller GmbH & Co. KG	
2302003	7248389	RZ-Wfr.h'schl.-m10-20°-L1-SN20	DR KONTUR#	1	6	03.08.2017	50203	C.u.W. Keller GmbH & Co. KG	
2302004	7248390	RZ-Wfr.h'schl.-m12-20°-R1-SN20	DR KONTUR#	1	6	05.08.2017	50203	C.u.W. Keller GmbH & Co. KG	
<b>Legend:</b>									
Nacharbeit erfolgt				aktuell im Nacharbeit		Liegezeit > 3 Tage			
Zu beachten: - Beim Zuteilungszähler wird das Wochenende nicht mitgezählt - Nach dem Splitten kann die Menge der Werkzeuge falsch sein									

## Auszug aus Werker selbstprüfung Produktionshalle 05

Verzahnung      QS      Prüfanweisung			Version 2		
Verz QS PA Fertigungsprotokoll Schaftwerkzeuge					
Werker selbstprüfung Schaftwerkzeuge Spanflächenschleifen, Erodieren, Hinterschleifen, Finishing			Serial-Nr.:	Serial-Nr.:	Serial-Nr.:
<b>Spanflächenschleifen</b>	Zu prüfende Merkmale		Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:
		<b>Soll</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>
	Sichtprüfung (Beschädigung, Schleifbrand, Spanfläche sauber, Zahnrückén)	OK			
	Lückenradius, Lückenwinkel	Schablone passt			
	Form/Lage der Spanfläche	laut Messblatt OK			
	Spannutenrichtung				
	Spannutenteilung				
	Lückentiefe	Wert eintragen			
	0°-Fase/5°-Fase (Oberfläche)	(1 Stück pro Los in QS prüfen lassen)			
	Restzahnlänge				
<b>Erodieren</b>	Zu prüfende Merkmale		Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:
		<b>Soll</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>
	Sichtprüfung (Beschädigung, Optik)	OK			
	Schlüsselflächensymmetrie	Abstecklehren passen			
	Längsnutbreite	Prüfdorn passt			
	Längsnut (Tiefe, Lage)	kontrolliert			
	Quernut (Tiefe, Lage)	kontrolliert			
	Lageprüfung Schlüsselflächen	Position korrekt			
Entmagnetisieren	durchgeführt				
<b>Vorhinter-Sif</b>	Zu prüfende Merkmale		Pers.Nr.:	Pers.Nr.:	Pers.Nr.:
		<b>Soll</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>
	Messprotokoll gemessen gemäß Messwertübersicht	abgespeichert ja			
	Sichtprüfung (Schleifbrand, Beschädigung)	nicht vorhanden			
<b>Hinter-Sif</b>	Zu prüfende Merkmale		Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:
		<b>Soll</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>
	Messprotokoll Vorhinterschleifen	erstellt			
<b>Finishing</b>	Zu prüfende Merkmale		Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:	Datum/ Pers.Nr.:
		<b>Soll</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>	<b>Ist</b>
	Beschädigung	keine			
	Rissprüfung	durchgeführt			
	Splitterzähne	abgerundet			
	Lage Profilkonstanz-Kerbe	Position korrekt			
	Breite Profilkonstanz-Kerbe	Wert eintragen			
	Tiefe Profilkonstanz-Kerbe	Wert eintragen			
	Restgrat	nicht vorhanden			
	Schleifbrand	nicht vorhanden			
Schneidkantenverrundung Sauberkeit (kein Fett, Anreißlack, Strahlmedium)	durchgeführt sauber				
<b>Notizfeld:</b>					
Erstellt: 07.12.2016 / M.Harder			Geprüft / Freigegeben: 12.12.2016 / T.Schulz		

### Durchlaufzeiten Hartbearbeitung Produktionshalle 05 2016





## Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „– bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] – ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Dieses Blatt, mit der folgenden Erklärung, ist nach Fertigstellung der Abschlussarbeit durch den Studierenden auszufüllen und jeweils mit Originalunterschrift als letztes Blatt in das Prüfungsexemplar der Abschlussarbeit einzubinden.

Eine unrichtig abgegebene Erklärung kann -auch nachträglich- zur Ungültigkeit des Studienabschlusses führen.

### Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

dass ich die vorliegende \_\_\_\_\_ – bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

*- die folgende Aussage ist bei Gruppenarbeiten auszufüllen und entfällt bei Einzelarbeiten -*

Die Kennzeichnung der von mir erstellten und verantworteten Teile der \_\_\_\_\_ ist erfolgt durch:

\_\_\_\_\_  
Ort

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift im Original