

# Diplomarbeit

## Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

---

Thema

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieures unter der Leitung von

**Univ.-Prof. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried Sihl**  
&  
**Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Peter Kurlang**

---

Name

**E330**

---

Institutsnummer

**Institut für Managementwissenschaften**

---

Institutsbezeichnung

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
**Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften**

VON

**Roman Dolati**

---

Name

**0326734**

---

Matrikelnummer

**Kreuzbrunn 15/E2, 3001 Mauerbach**

---

Anschrift

Wien, am \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ *eigenhändige Unterschrift*

**Analyse und Konzeptionierung einer  
Zylinderschlossfertigung unter besonderer  
Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und  
Bestandsminimierung bei  
EVVA-Werk GmbH & Co KG**

**Roman DOLATI**

**e0326734**

## Danksagung

Ich möchte in erster Linie Frau und Herrn Mag. Ehrlich-Adám und Herrn Ing. Haslinger herzlichst dafür danken, dass sie mir das Erstellen der Diplomarbeit im Hause EVVA ermöglicht haben. Besonderer Dank gebührt außerdem meinen damaligen Vorgesetzten, Mentoren und Freunden Herr Ing. Andreas Graf und Herr Ing. Christian Steinbauer für die unermüdliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit zu jeder Tages- und Nachtzeit. Diese beiden Menschen standen mir beinahe jeden Tag bei technischen Fragen unermüdlich zur Seite, berieten mich und motivierten andere zu verstärkter Zusammenarbeit. Mein herzlicher Dank gebührt den beiden Herren Univ.-Prof. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dr.-Ing. Wilfried Sihn und Ass.Prof. Dipl.Ing. Dr. Peter Kuhlang für die Themenfreigabe und die Betreuung dieser Diplomarbeit. Ich danke auch den Herren Martin Hackl und Christian Dunkl für elektrische Messungen und Beratung. Auf diesem Wege möchte ich weiters Herrn Ing. Herbert Reininger für die Beantwortung sämtlicher Fragen zur Materialwirtschaft danken.

Besonderer Dank gebührt meiner Familie, die mir von der ersten Seite an seelischen Beistand gewährte und mir mein Studium ermöglichte. Meine geliebte Freundin Christina Wohlmuth war es, die sich mit vollem Einsatz dem Korrekturlesen widmete und mir somit über meine, mit der Zeit aufgetretene Betriebsblindheit in Bezug auf Rechtschreib- sowie Satzbaufehlern, hinweg half.

Schließlich danke ich noch allen herzlich, die an der Entstehung meiner Diplomarbeit beteiligt waren, auch wenn sie namentlich hier nicht erwähnt wurden.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	5
2	Ergebnisse auf einen Blick (Auszug).....	5
3	Begriffsbestimmung - Definitionen .....	6
3.1	Taktzeit.....	6
3.2	Durchlaufzeit .....	7
3.3	Rüstzeit.....	8
3.4	Bestand .....	9
3.4.1	Gründe für Bestände.....	9
3.4.2	Gründe gegen Bestände.....	10
3.4.3	Einflussgrößen auf Bestände .....	11
3.5	Wertstrom.....	14
3.6	Kanban .....	16
3.6.1	Ziel .....	16
3.6.2	Regelkreis.....	16
3.6.3	Kanban-Karte .....	17
4	Beschreibung der Produktion .....	17
4.1	Erklärung der gewachsenen Produktion.....	18
4.2	Zukaufen von Maschinen oder Eigenentwicklung.....	21
4.3	Vorsprung zur Konkurrenz.....	21
4.4	Hochgeschwindigkeitstrockenbearbeitung (Exkurs).....	21
5	Mechanische Schließsysteme .....	32
5.1	Allgemeine Funktionsweise von Zylinderschlössern.....	33
5.2	Beschreibung der verschiedenen mechanischen Systeme.....	35
5.2.1	Normalprofil.....	35
5.2.2	GPI (Grundprofil-Integriert) .....	35
5.2.3	DPI (Doppel-Profil-Integriert) .....	36
5.2.4	DPS.....	37
5.2.5	DPX.....	38
5.2.6	DPE (Doppel-Profil-Erweitert) .....	38
5.2.7	DUAL.....	39
5.2.8	3KS (3-Kurven-System).....	41
5.2.9	MCS (Magnetic-Code-System).....	42
6	Aktuelle Produktionssituation .....	44
6.1	Räumnadelverwaltung.....	44
6.2	DPE-Kern .....	45
6.3	DPI-5 Kern – Modulbauweise.....	49
6.4	DUAL-Kern .....	51
7	Zukünftige Produktionssituation .....	55
7.1	Vergleich möglicher Bearbeitungslösungen .....	58
7.2	EMCO turn 332.....	58
7.3	Giuliani Proflex PRF5 .....	79
7.4	Imoberdorf imo-15 CNC .....	96
7.5	Pfiffner HB 32/16.....	113
7.6	Mikron Multifactor 60.015.....	130
7.7	CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie für Kerne .....	146

7.8	Vergleich möglicher Lösungen .....	162
7.9	Zukünftige Kernproduktion.....	164
8	Resümee .....	173
9	Literaturverzeichnis.....	179
10	Abbildungsverzeichnis .....	180
11	Abkürzungsverzeichnis .....	182

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Das Unternehmen EVVA-Werk GmbH & Co KG, bei dem ich schon seit 2006 geringfügig beschäftigt bin, trat an mich heran um die Fertigung von Zylinderschlössern zu analysieren und zu konzeptionieren. Das Hauptaugenmerk soll auf die Herstellung von Kernen gelegt werden, wobei vor allem die Frage der Maschinenauswahl im Nachhinein geklärt werden soll, da der Bau der im Weiteren näher besprochenen CNC-Lineartransfermaschine hauptsächlich aus Gründen der Abhebung von der Konkurrenz gewählt, nicht aber die gesamte Prozesslandschaft betrachtet wurde. Im Rahmen dieser Arbeit wird nun gezeigt, wie nach dem Motto „investieren um zu sparen“ unter Anwendung moderner Technologien und Bearbeitungsmethoden Kostenvorteile geschaffen werden können. Außerdem sind die Produktionsprozesse möglichst kostengünstig mit geringer Durchlaufzeit und minimalem Bestand auszulegen, wobei die Lagerhaltungskosten selbst nicht berücksichtigt werden sollen.

## 2 Ergebnisse auf einen Blick (Auszug)

Um die Ergebnisse dieser Diplomarbeit leichter zu überblicken, sind hier einige Ergebnisse stichwortartig angeführt. Detaillierte Ergebnisse und den Weg dorthin lesen Sie bitte in den jeweiligen Kapiteln nach.

Durchschnittliche Reduktion der Durchlaufzeiten in der Kernproduktion (von Produktionsbeginn bis Montage):

	Reduktion der Durchlaufzeiten
DPI-5	64,3%
DPE	64,3%
3KS	16,7%
DUAL	40,0%

Abb. 1 Reduktion der durchschnittlichen Durchlaufzeiten

Reduktion der Herstellungskosten auf Basis des Kernverbrauches von 2008:

	Reduktion der Herstellungskosten
DPI-5	44,8%
DPE	44,8%
3KS	-13,3% <sup>1</sup>
DUAL	16,6%

Abb. 2 Senkung der Herstellungskosten (Basis: Kernverbrauch 2008)

Reduktion der Bestände im System Kernproduktion auf das Betriebsminimum bei einer Lagerreichweite von drei Tagen zuzüglich zehn Prozent Sicherheitsaufschlag. Dies unterstützt das Ziel von EVVA, die durchschnittliche Lagerreichweite über alle Lagerstufen von derzeit 5,3 Monaten auf 4 Monate zu senken.

### 3 Begriffsbestimmung - Definitionen

In diesem Kapitel soll ein einheitliches Begriffsverständnis geschaffen und zudem ein kurzes Grundverständnis der Thematik gegeben werden.

#### 3.1 Taktzeit

Ein im Produktionszusammenhang ständig auftretender Begriff ist jener der Taktzeit. Aus diesem Grund möchte dieser klar abgegrenzt sein.

Der 1924 gegründete Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung, dessen Abkürzung REFA heute eher geläufig ist, definiert die Taktzeit wie folgt: „Taktzeit - auch Arbeitstakt oder Takt genannt - ist die Zeit, in der jeweils eine Mengeneinheit fertiggestellt wird, damit das Fließsystem die Soll-Mengenleistung erbringt“.<sup>2</sup>

Anzumerken ist, dass die blinde Reduktion der Taktzeit nicht unmittelbar sinnvoll ist. Die Reduktion der Taktzeit ist, pauschal gesagt, nur zweckmäßig bis zum Kundentakt zu senken.

<sup>1</sup> Erklärung siehe Kapitel „Resümee“

<sup>2</sup> REFA, 1985, S. 282

Der Kundentakt ist als Solltaktzeit zu sehen und entspricht dem Verkaufstempo. Deshalb ist es ratsam, die Taktzeit mit dem Verkaufstempo zu synchronisieren. Nachstehend ist die ideale Festlegung der Taktzeit angeführt: <sup>3</sup>

$$\text{Taktzeit} = \frac{\text{verfügbare Arbeitszeit pro Schicht}}{\text{vom Kunden benötigte Produktionsmenge pro Schicht}} \quad 4$$

### **3.2 Durchlaufzeit**

Die Durchlaufzeit ist jene Zeit, die ein Werkstück benötigt um einen Prozess oder einen Wertstrom vollständig zu durchlaufen.<sup>5</sup>

Hierbei gibt es verschiedene Gliederungen, die sich darauf beschränken aus welchem Abstand sie betrachtet werden. So kann beispielsweise die Durchlaufzeit makroskopisch über den Fertigungsauftrag oder mikroskopisch über den Arbeitsablauf ermittelt werden. Die Durchlaufzeit setzt sich grundsätzlich aus der Auftragszeit oder Belegungszeit und der Übergangszeit zusammen. Die Übergangszeit, das ist jene Zeit, während der die Durchführung der eigentlichen Arbeitsaufgabe unterbrochen ist, besteht aus Liegezeit und Transportzeit. In der Liegezeit wird auf den nächsten Ablauf gewartet, das können entweder Transport oder eine nachfolgende Ausführung sein.<sup>6</sup>

Das Ziel der Durchlaufzeitminimierung ist es, das Verhältnis aus Durchlaufzeit und Bearbeitungszeit möglichst nahe an eins zu führen. Dieses Verhältnis nennt man Durchlaufquotient.

$$\text{Durchlaufquotient} = \frac{\text{Bearbeitungszeit}}{\text{Durchlaufzeit}} \quad 7$$

Die Durchlaufzeit hängt, abgesehen vom Produktionstyp, hauptsächlich von drei Faktoren ab. Diese sind die Losgröße, die Organisation und die Auslastung.<sup>8</sup>

---

<sup>3</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.40

<sup>4</sup> Vgl. ebenda

<sup>5</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.19

<sup>6</sup> Vgl. Sihn, Kuhlmann, Mrkonjic, 2005, S.122ff

<sup>7</sup> Vgl. ebenda

<sup>8</sup> Vgl. ebenda

Es ist besonders relevant, die Durchlaufzeit kurz zu halten um weniger Bestände im Unternehmen zu haben und dadurch gebundenes Kapital frei für andere Investitionen zu machen. Weiters wird durch eine Reduktion der Durchlaufzeit die Cash-to-cash-cycle-time, also die Kapitalbindungsdauer, verkürzt.

### **3.3 Rüstzeit**

Ein weiterer wichtiger Begriff im Produktionsmanagement ist die Rüstzeit. Nachstehend werden in mathematischer Notation die Rüstzeit und deren Zusammensetzung beschrieben.

$$t_r = t_{rg} + t_{rer} + t_{rv}$$

$t_r$  ...Rüstzeit 9

$t_{rg}$  ...Rüstgrundzeit

$t_{rer}$  ...Rüsterholungszeit

$t_{rv}$  ...Rüstverteizeit

Die Rüstzeit ist jene Zeit, die der Mensch für die Vorbereitung der auftragsgemäß auszuführenden Arbeit, insbesondere der Betriebsmittel und deren Rückversetzung in den ursprünglichen Zustand, benötigt. In der Regel kommt die Rüstzeit nur einmal je Auftrag vor.<sup>10</sup> Ein Beispiel dafür ist etwa das Rüsten einer Fräsmaschine vor deren Einsatz.

Die Rüstgrundzeit ist die Rüstzeit, die für planmäßiges Vorbereiten des Arbeitsplatzes benötigt wird. Man versteht darunter beispielsweise das Ein- und Ausspannen von Werkzeug.<sup>11</sup>

Die Rüsterholungszeit ist jene Zeit, die die ausführende Person als Folge der Arbeitsanstrengung beim Rüsten benötigt.<sup>12</sup>

---

<sup>9</sup> Vgl. Sihn, Kuhlang, Mrkonjic, 2005, S.65

<sup>10</sup> Vgl. Sihn, Kuhlang, Mrkonjic, 2005, S.66

<sup>11</sup> Vgl. ebenda

<sup>12</sup> Vgl. ebenda

Die Rüstverteilstzeit ist die Zeit, welche für nicht planmäßige, sondern den Ablauf des Rüstens unterbrechende Tätigkeiten, benötigt wird. Ein Beispiel hierfür ist das Besprechen des Auftrags mit dem Meister.<sup>13</sup>

Aus wirtschaftlicher Sicht ist es überdies besonders interessant, Rüstzeiten so kurz als möglich zu halten bzw. zu eliminieren, da während des Rüstens die Maschine oder dergleichen stillsteht und nicht produktiv ist.

### **3.4 Bestand**

Der Bestand ist die Menge eines physikalisch vorhandenen oder geplanten Artikelvorrats.<sup>14</sup>

#### **3.4.1 Gründe für Bestände**

In der nachstehenden Abbildung sind einige Gründe für Bestände aufgeführt.

<b>Gründe für Endproduktbestand</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bedingung für Lagerfertigungsstrategien</li><li>• Notwendig für Strategie gleichmäßiger Auslastung in der Kapazitätsgrobplanung</li><li>• Kostenreduktion durch Entkoppelung von Markt und Produktion</li><li>• Produkte sind präsentierbar</li></ul>
<b>Gründe für Werkstattbestand</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wichtig für prozessorientierten Produktionsablauf; Entkoppelung von Produktionsstufen; Erhöhung von Planungsflexibilität und Reduzierung des Planungsaufwandes</li><li>• Transport größerer Lose erhöht den Bestand, reduziert eventuell aber die Logistik-Produktionskosten</li></ul>

<sup>13</sup> Vgl. ebenda

<sup>14</sup> Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.net/d/bestand/bestand.htm> (28.04.2009)

<b>Gründe für Rohmaterialbestand</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bestellung und Lieferung zum Bedarfszeitpunkt nicht immer möglich</li><li>• Größere Bestellungen führen zu höherem Bestand, erzielen eventuell aber Mengenrabatte, geringere Fracht- und Handlingkosten</li></ul>
--------------------------------------	---

Abb. 3 Gründe für Bestände<sup>15</sup>

Zusammenfassend kann man die Gründe für Bestände in vier Klassen unterteilen:

- Bestellkosten
- Fehlmengenkosten
- Akquisitionskosten
- Kosten durch Qualitätsverluste in Anlaufphasen<sup>16</sup>

### 3.4.2 Gründe gegen Bestände

Die folgende Auflistung zeigt Gründe gegen hohe Bestände auf, welche monetär bewertbar sind. Die Kosten fallen entweder direkt an oder sind Opportunitätskosten, ergeben sich also aus dem entgangenen Gewinn.

- Kapitalbindungskosten
- Lagerhaltungskosten
- Kosten des Flexibilitätsverlustes
- Kosten für Produktionskoordination
- Kosten durch Kapazitätsbindung
- Kosten durch verminderten ROI (return on investment)
- Kosten durch Prozessfehler an hohen Losen
- Kosten durch Produktionsprobleme<sup>17</sup>

<sup>15</sup> Abbildung: Minichmayr, Kuhlant, 2006, S.14

<sup>16</sup> Vgl. Minichmayr, Kuhlant, 2006, S.15

<sup>17</sup> Vgl. Minichmayr, Kuhlant, 2006, S.16

### 3.4.3 Einflussgrößen auf Bestände

Die nachstehende Abbildung gibt Aufschluss über diverse Einflussgrößen und deren Wirkung auf Bestände.

Einflussgrößen auf die Bestände eines Unternehmens			Wirkung
<b>1</b>	<b>Unternehmensführung</b>		
1.1	Lagerhaltungspolitik:	Gewünschte Lieferbereitschaft der Lager und Flexibilität der Produktion sind festzulegen. Lieferbereitschaft hoch.	+
1.2	Finanzkapazität:	Liquidität und Lagerkosten begrenzen die Lagerungsmöglichkeiten. Liquidität gering, Lagerkosten hoch.	-
1.3	Ersatzteilwesen:	Das Ersatzteilwesen erfordert die Lagerung von Teilen mit häufig geringem Umschlag.	+
1.4	Auftragsreihenfolge:	Eingriffe in die Auftragsreihenfolge durch die Geschäftsführung stören Planablauf und erhöhen Halbfabrikatebestände.	+
<b>2</b>	<b>Markt</b>		
2.1	Konkurrenzlage:	Oft entscheidet eine kurze Lieferzeit über die Kundenbestellung. Diese kann durch die Bevorratung von Halbfabrikaten erzielt werden.	+
2.2	Absatzmarkt:	Konjunkturschwankungen, Saisoneinflüsse, Bedarfsänderung (Veralterung);	+ (-)
		Anpassung an Situation durch kurzfristige Programmänderung;	+
		Fertigfabrikate	-
2.3	Beschaffungsmarkt:	Lieferfristen und Lieferfähigkeit der Lieferanten bestimmen die Beschaffungsmöglichkeiten. Beschaffungsmöglichkeit gut/schlecht	-/+
		Preisentwicklung + Spekulation führen	+

		vorübergehend zu Beständen.	
<b>3</b>	<b>Konstruktion und Entwicklung</b>		
3.1	Teilevielfalt:	Erzeugnisgliederung, Typisierung, Wiederverwendung führt zur Verminderung der Teilevielfalt bei erhöhtem Umschlag.	-
3.2	Konstruktionsänderungen:	Technischer Fortschritt und Konstruktionsänderungen erhöhen Lagerrisiko.	+
<b>4</b>	<b>Produktion</b>		
4.1	Produktionsrückstände:	Material wird nicht nach Plan verbraucht.	+
4.2	Produktionsmängel:	Ausschuss und Nacharbeit führen zu Rückständen.	+
<b>5</b>	<b>Materialwirtschaft</b>		
5.1	Bedarfsermittlung:	Ungenauere Verfahren erfordern Sicherheitsbestände.	+
5.2	Eigenschaften des Lagergutes:	Lagerfähigkeit gut	+
		Wert, Preis hoch	-
		Platzbedarf groß	-
5.3	Beschaffung:	Bilden wirtschaftlicher Losgrößen führt trotz Kostensenkung zu Lagerbeständen.	+
		Ausnutzen von Rabatten	+
5.4	ABC-Analyse	Klassifizierung nach Jahresbedarfswerten und Disposition entsprechend Klassenzugehörigkeit.	-

Abb. 4 Einflussgrößen auf Bestände<sup>18</sup>

Die nachstehende Abbildung zeigt, dass sich ein Teil des Lagerbestandes aus der Bestellmenge ergibt, mit der der Lagervorrat wieder ergänzt wird. Der „mittlere Lagerbestand“, also der durchschnittlich im Lager vorhandene Bestand, ist umso größer, je seltener bestellt wird, bzw. je größer die Bestellmenge ist. Der „Durchschnittsbestand“ eines Lagers, der noch einen Lagerbestand zur Vorratssicherung enthält, ist dabei vom mittleren

<sup>18</sup> Abbildung: Minichmayr, Kuhlant (2006:17)

Lagerbestand zu unterscheiden. Könnte man die Nachfrage für die Wiederbeschaffung völlig exakt voraussagen, würde der mittlere Lagerbestand immer noch zur Befriedigung der nach Erreichen des Bestellpunktes auftretenden Nachfrage genügen. Die beim Bestellpunkt ausgelöste Bestellmenge würde am Ende der Wiederbeschaffungszeit im Lager genau zu dem Zeitpunkt eintreffen, in dem der alte Lagerbestand genau auf Null gesunken ist. Aufgrund des häufig auftretenden Unterschiedes zwischen prognostiziertem Nachfrageverlauf (Lagerabgang) und dem tatsächlichen Nachfrageverlauf und weil die geplante Anlieferung der Güter (Lagerzugang) oft nicht mit der tatsächlichen übereinstimmt, muss als zusätzlicher Bestand noch der Sicherheitsbestand auf Lager gehalten werden. Der mittlere Lagerbestand resultiert aus der Vorratsergänzung, wenn sowohl die geplante und die tatsächliche Nachfrage als auch die geplante und tatsächliche Wiederbeschaffungszeit übereinstimmen. Der Sicherheitsbestand ergibt sich aus den Unsicherheiten im Nachfrageverlauf und in der Wiederbeschaffung, die zu Lagerentnahme- und zu Wiederbeschaffungszeitüberziehungen führen.<sup>19</sup>

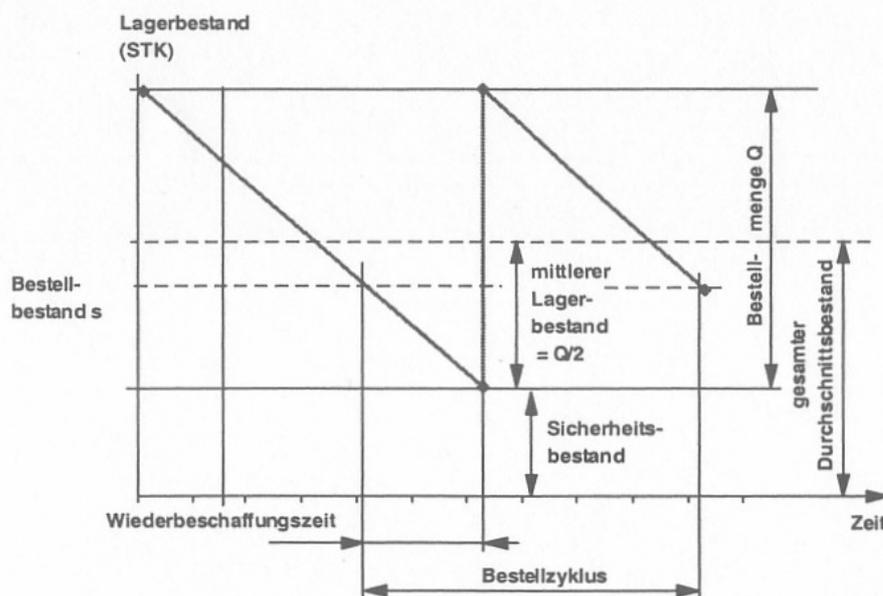


Abb. 5 Komponenten des Lagerbestandes aufgrund der Vorratsergänzung und -sicherung<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Vgl. Minichmayr, Kurlang, 2006, S.21ff

<sup>20</sup> Abbildung: Minichmayr, Kurlang (2006:22)

### **3.5 Wertstrom**

Unter dem Begriff Wertstrom sind alle Aktivitäten, seien sie wertschöpfend oder nicht-wertschöpfend, die dazu nötig sind um ein Produkt durch die Hauptflüsse zu bringen, die für jedes Produkt von entscheidender Bedeutung sind zusammengefasst. Dies ist entweder der Fertigungsstrom vom Rohmaterial bis zum Kunden, oder der Entwicklungsstrom vom Produktkonzept bis hin zum Start der Produktion. Meist erstreckt sich der Wertstrom über viele Unternehmen. Der Fluss vom Rohmaterial bis zum Endverbraucher wird als Supply Chain bezeichnet.<sup>21</sup>

Wertstromdesign ist ein Werkzeug, welches hilft Material- und Informationsflüsse, die ein Produkt auf dem Weg durch den Wertstrom zurücklegt zu erkennen und zu verstehen. Um dieses Hilfsmittel anzuwenden, sind lediglich Bleistift und Papier von Nöten. Unter Wertstromdesign versteht man das Zurückgehen des aktuellen Produktionsweges eines Produktes von der Kundenlieferung bis zum Wareneingang, wobei ein grobes Abbild jedes Prozesses im Informations- und Materialfluss erfasst werden soll. Anhand des gewonnenen Einblicks und der Daten wird nun ein Soll-Zustand erstellt.<sup>22</sup>

Der Materialfluss ist hierbei ebenso wichtig wie der Informationsfluss, wie es auch im Toyota Produktionssystem der Fall ist. Das Ziel ist es, Informationen so fließen zu lassen, dass ein Prozess nur das herstellt, was der nächste Prozess benötigt und das nur dann, wenn er es benötigt.<sup>23</sup> Der Informationsfluss steuert somit den Materialfluss indem er ihn auslöst. Die nachstehende Grafik veranschaulicht dies.

---

<sup>21</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.3

<sup>22</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.4

<sup>23</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.5

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

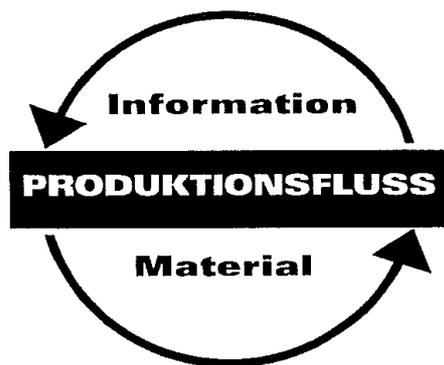


Abb. 6 Zusammenhang von Informations- und Materialfluss<sup>24</sup>

Die Methode zielt auf die Minimierung der Durchlaufzeit und die Eliminierung von Verschwendungen ab. Es sollen wertschöpfende und nicht-wertschöpfende Teile eines Wertstromes erkannt werden und deren Verhältnis optimiert werden. Die wertschöpfenden sollen in einem möglichst perfekten, ständig fließenden Strom aneinandergereiht und kontinuierlich verbessert werden.<sup>25</sup>

Quantitative Ergebnisse der erfolgreichen Anwendung des Wertstromdesigns:

- Minimierung der Durchlaufzeit
- Reduzierung der Bestände
- Verringerter Flächenbedarf
- Reduzierter Transportaufwand
- Vermeidung von Doppelarbeit<sup>26</sup>

Qualitative Ergebnisse der erfolgreichen Anwendung des Wertstromdesigns:

- Reduktion des Steueraufwandes
- Verbesserung der Transparenz
- Basis für Zielvereinbarungen<sup>27</sup>

<sup>24</sup> Abbildung: Rother, Shook (2004:5)

<sup>25</sup> Vgl. Sihm, Kuhlant, Mrkonjic, 2005, S.170

<sup>26</sup> Vgl. Sihm, Kuhlant, Mrkonjic, 2005, S.173

<sup>27</sup> Vgl. ebenda

## **3.6 Kanban**

Kanban ist japanisch und bedeutet Karte bzw. Schein. Das japanische Kanban-System ist ein verbrauchsgesteuertes System, das für weitestgehend konstanten Materialfluss sorgt. Eine Kanban-Karte ist ein Produktionssteuerungsinstrument, das Anweisungen zur Erzeugung, Förderung und Lagerung von Materialien bewirkt.<sup>28</sup>

### **3.6.1 Ziel**

Ziel eines Kanban-Systems ist es, über alle Produktionsstufen eine Produktion sozusagen auf Abruf (Just-In-Time-Produktion) zu gewährleisten, um damit...

- Materialbestände zu minimieren
- Durchlaufzeiten zu verkürzen
- hohe Liefertreue zu sichern, und bei
- höherer Produktflexibilität und –qualität
- die Arbeitsproduktivität zu erhöhen<sup>29</sup>

### **3.6.2 Regelkreis**

Kanban-Karten werden zwischen einer bestimmten Materialquelle und der entsprechenden Materialadresse eingesetzt. Trifft eine solche Karte ein, beginnt die Quelle das geforderte Material bereit- bzw. herzustellen. Bei Erreichen der vorgeschriebenen Teilezahl im Behälter, wird die Kanban-Karte hinzugefügt und der Behälter zusammen mit der Karte an die angeführte Adresse gesendet. Wird dort ein vorgegebener Mindeststand erreicht oder unterschritten, wird die Kanban-Karte wieder zur Quelle geschickt (siehe nachstehende Abbildung).<sup>30</sup>

---

<sup>28</sup> Vgl. Minichmayr, Kuhlang, 2006, S.120

<sup>29</sup> Vgl. ebenda

<sup>30</sup> Vgl. ebenda



Schließanlagen entwickelt, getestet und gefertigt. Außerdem ist der hauseigene Maschinenbau ebenfalls an diesem Standort angesiedelt.

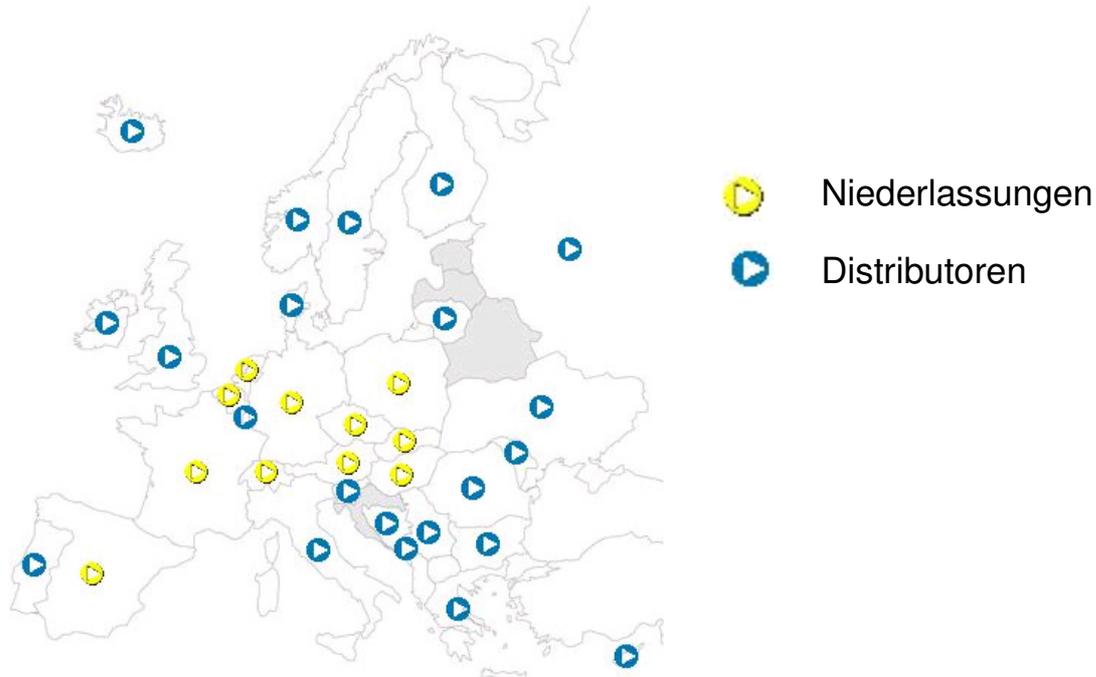


Abb. 9 Niederlassungen und Distributoren von EVVA in Europa<sup>35</sup>

#### **4.1 Erklärung der gewachsenen Produktion**

Im Laufe der Jahre wurde der Standort Wien durch Zukäufe stetig vergrößert und ausgebaut. Ein gewisses Problem ist sicherlich die räumliche Beschränkung des Werks, da es dadurch nicht möglich ist eine Linie im eigentlichen Sinn aufzubauen. Produkte müssen buchstäblich kreuz und quer durch die Produktion transportiert werden. Der laufende Ausbau verstärkt dieses Problem. Gut zu sehen sind die Auswirkungen einer gewachsenen und dadurch verwinkelten Produktion in einer Darstellung des Materialflusses bei der Herstellung von Zylinderschlössern.

<sup>35</sup> vgl. Abbildung: <http://www.evva.com/> (10.03.2009)

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

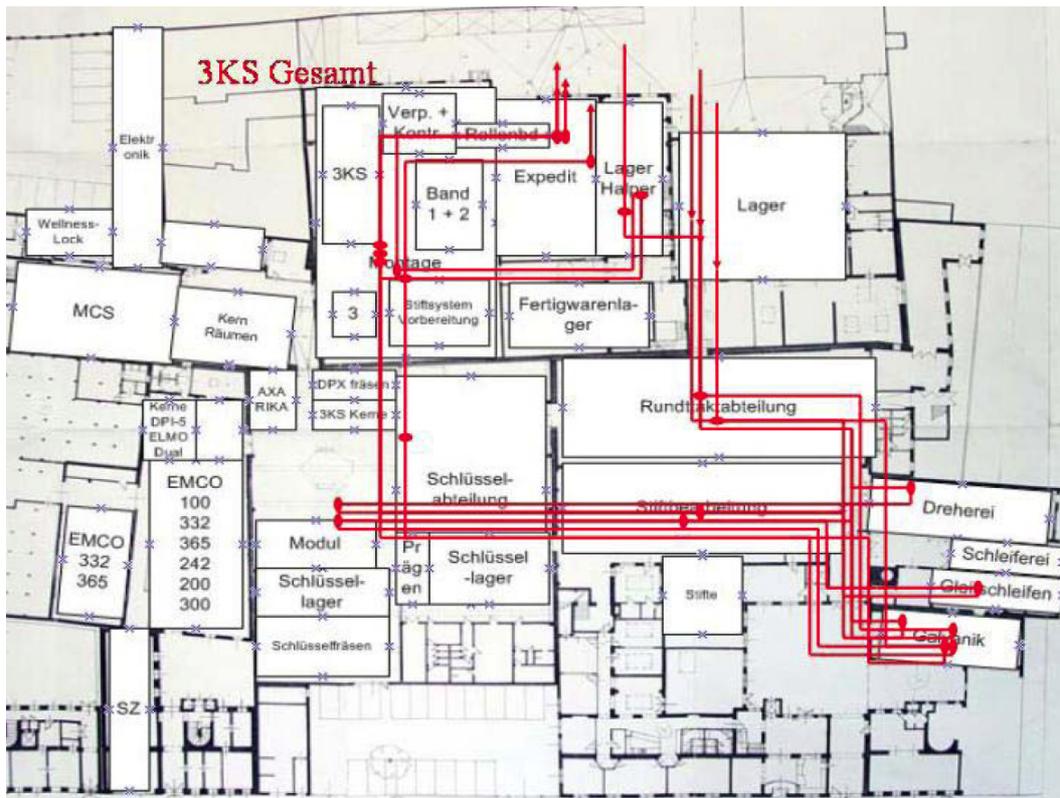


Abb. 10 Materialbewegungen bei Herstellung von 3KS Zylinderschlössern<sup>36</sup>

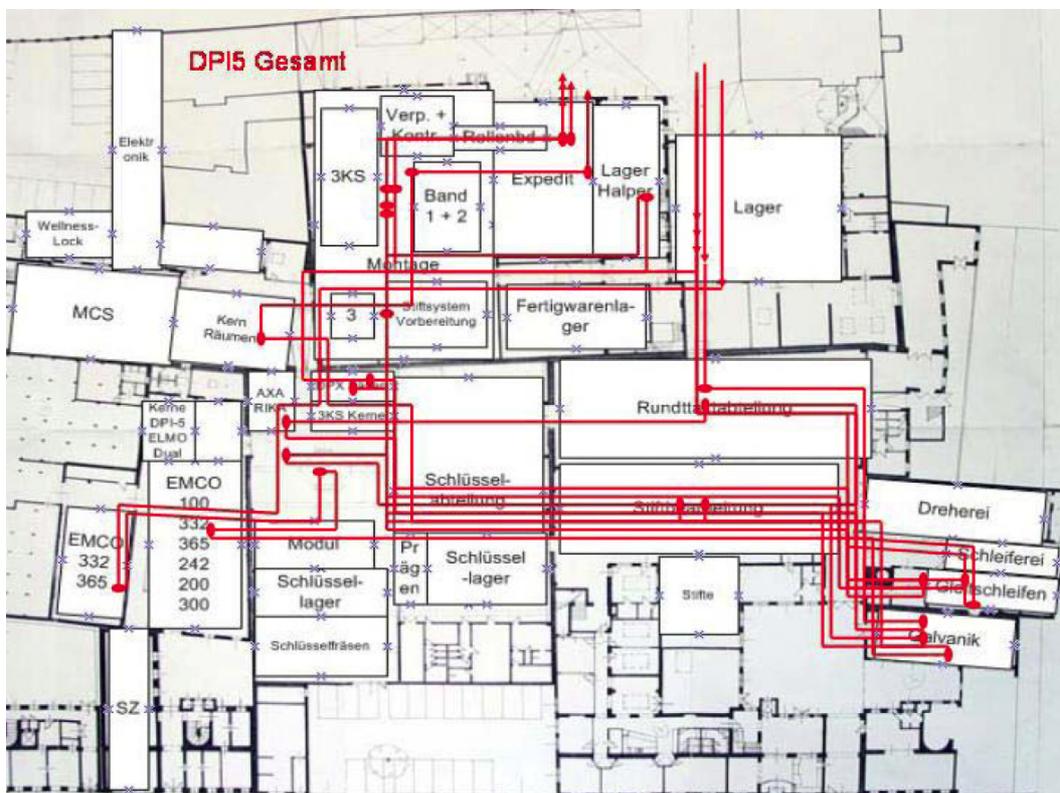


Abb. 11 Materialbewegungen bei Herstellung von DPI5 Zylinderschlössern<sup>37</sup>

<sup>36</sup> Abbildung: Schöbinger, Rosenmayer, Lechner, Kreamsner (2004:50)



## **4.2 Zukaufen von Maschinen oder Eigenentwicklung**

Es gibt kaum Maschinenhersteller die Maschinen herstellen, die derart kleine Teile mit der geforderten, hohen Genauigkeit in Serie fertigen. Die wenigen, die sich darauf spezialisiert haben entwickeln eine Grundmaschine und passen diese lediglich an die Bedürfnisse der Kunden an, wodurch stets Kompromisslösungen entstehen. Gibt etwa ein Schließanlagenhersteller den Auftrag eine Maschine für dessen Produktion zu fertigen, werden meist auch die dafür nötigen Werkzeuge an den Maschinenhersteller übergeben. Der Sondermaschinenbauer passt die bereits vorhandene Basismaschine an die Erfordernisse der Schlossfertigung an und lädt sämtliche Konkurrenten und andere interessierte Unternehmen mit ähnlichen Anforderungen, etwa Waffen- und Ventilhersteller, zu einer Vorführung, wodurch es zu einem gefährlichen Know-how-Transfer kommt.

Haben alle oder viele Konkurrenten einen ähnlichen Maschinenpark zur Verfügung, bewegen sich auch deren Produktionskosten in ungefähr demselben Rahmen und der Vorsprung schwindet.

## **4.3 Vorsprung zur Konkurrenz**

Durch das Verwenden selbst entwickelter Maschinen unter Verwendung teilweise einzigartiger Bearbeitungstechniken gelingt es EVVA, seine Produkte qualitativ von denen anderer Hersteller abzuheben. Außerdem sind dadurch die Herstellungskosten nicht gleich denen der Mitbewerber. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch das ständige Suchen nach neuen Produktionsverfahren und –techniken neue Produkte möglich werden, die mit konventionellen Mitteln entweder gar nicht oder nur unter erheblichem Kostenaufwand produziert werden könnten.

## **4.4 Hochgeschwindigkeitstrockenbearbeitung (Exkurs)**

Das konkurrenzlose technische Know-how des EVVA-Konzerns liegt unter anderem in der Hochgeschwindigkeitstrockenbearbeitung, die in dieser Form vermutlich nirgends sonst angewandt wird. In diesem Kapitel soll auf dieses Bearbeitungsverfahren näher eingegangen werden, da es die Grundlage für die später besprochene CNC-Lineartransfermaschine bildet. Näher betrachtet wird die Trocken- beziehungsweise Nassbearbeitung durch eine theoretische

Gegenüberstellung, da in späteren Kapiteln nass arbeitende mit trocken arbeitenden Maschinen und die umgebenden Prozesse aus praktischer Sicht mit besonderer Berücksichtigung der Kosten verglichen werden.

## **Gegenüberstellung Nassbearbeitung - Trockenbearbeitung**

Früher, aber auch heute noch, wurde und wird es als unabdingbar erachtet, bei der spanenden Fertigung Kühlschmiermittel einzusetzen. Es besteht zwar mitunter die Möglichkeit ohne KSM zu arbeiten, man muss aber wesentlich schlechtere Oberflächengüten und langsamere Schnittgeschwindigkeiten in Kauf nehmen. Dieser Kompromiss ist dabei meist nicht im Interesse der Industrie.

Bei konventioneller Kühlung werden Span, Werkzeug und Werkstück mit KSM regelrecht überflutet. Diese Methode kann an den meisten Werkzeugmaschinen sehr einfach verwirklicht werden, wodurch sie bei weitem zur häufigsten Kühlmöglichkeit wurde.

Bei der spanenden Fertigung sollen Werkstücke zu möglichst geringen Kosten in gewünschten Toleranzen mit geforderten Oberflächenrauigkeiten produziert werden. Deshalb wird vom Kühlschmierstoff, im Weiteren als KSS abgekürzt, primär eine Herabsetzung der Bearbeitungskosten gefordert indem sie den Werkzeugverschleiß reduzieren und sich somit die Werkzeugstandzeit erhöht. Erreicht wird dies sowohl durch eine erhöhte Wärmeabfuhr, als auch durch Schmierung zwischen Werkzeug und Werkstück aber auch zwischen Werkzeug und Span. KSS bewirken außerhalb der Kontaktzone zwischen Werkzeug und Werkstück bzw. Span, ein Abführen der Späne und ein Kühlung des gesamten Systems. Der KSS senkt des Weiteren auch die Temperaturen der Werkzeugmaschine und verhindert eine zu starke Aufheizung des Werkstücks und des Werkzeugträgers, infolge dessen es zu Ausdehnungen kommen würde. Die kühlende und schmierende Wirkung des KSS nützt man auch für Spindeln und Maschinenführungen. Da Schwankungen der KSS Temperatur zu Maßungenauigkeiten führen, strebt man danach, diese möglichst konstant zu halten. Neben den oben genannten tribologischen und technologischen Aufgaben übernehmen KSS noch weitere, wie etwa das Reinigen des Werkstücks oder den Korrosionsschutz von Werkstück und Maschine. Alle genannten Effekte helfen bei den geforderten immer höheren Schnittgeschwindigkeiten und besseren Oberflächenqualitäten.

Während der Bearbeitung gelangen Verunreinigungen wie Späne, Abrieb oder Fremdöle in den Kühlkreislauf und in weiterer Folge in die Filteranlage. Diese schädigen die Pumpen, verschlechtern das Bearbeitungsergebnis und erhöhen den Verschleiß. KSS werden nach DIN 51385 in wassermischbare, wassergemischte und nichtwassermischbare unterteilt. Mit wassermischbaren KSS lassen sich etwa fünf bis sieben Mal mehr Zerspanvorgänge realisieren als mit nichtwassermischbaren.<sup>39</sup>

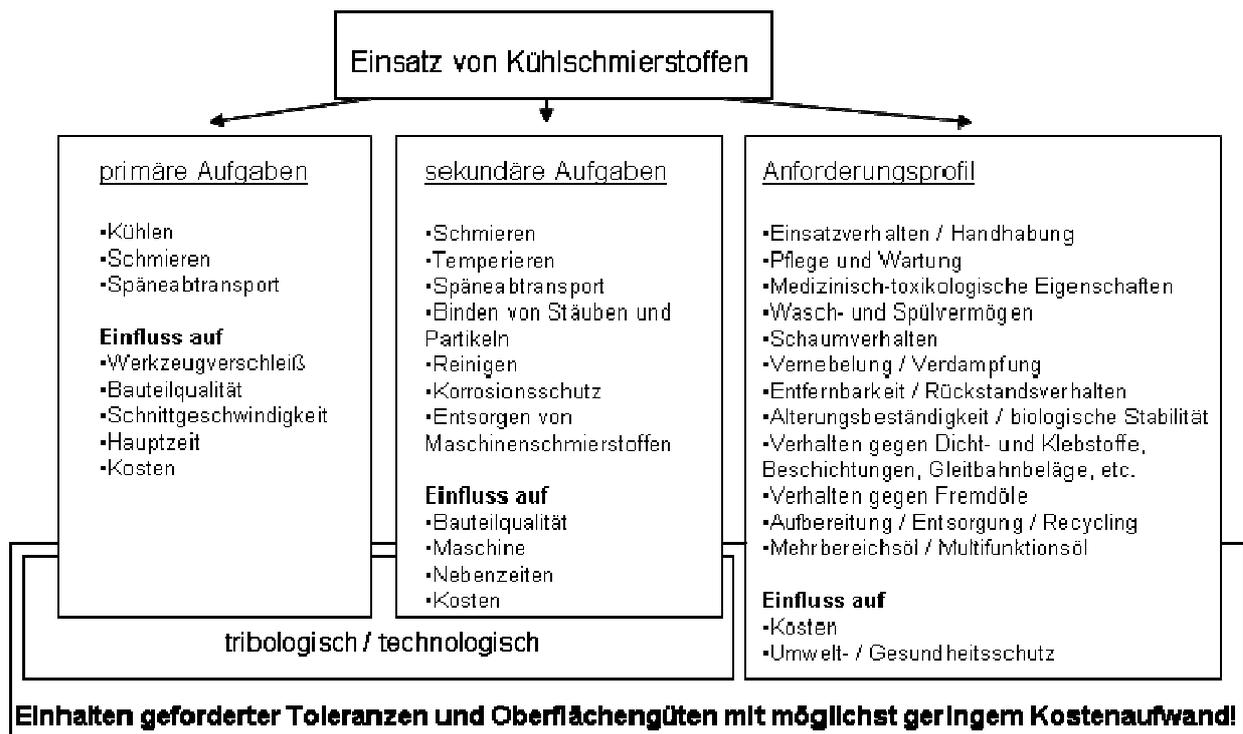


Abb. 13 Aufgaben und Anforderungsprofil von Kühlschmierstoffen<sup>40</sup>

Der Zweck von Kühlschmiermittel liegt in der Reduktion der Reibungswärme und der Abführung der entstandenen Wärme. Das KSM übernimmt außerdem meist die wichtige Aufgabe des Spantransports, was besonders bei leistungsfähigen Zerspanungsprozessen unabdingbar ist. Ein störungsfreier Betrieb wird dabei durch das Freispülen von Maschinenführungen, Werkstücken, Werkzeugen, Werkzeugwechselsystemen, und Spannvorrichtungen gewährleistet. Das KSM verhilft zu einer gleichmäßigen Temperierung von Werkzeug und Werkstück, wodurch die Prozessstabilität erhöht wird.<sup>41</sup>

<sup>39</sup> vgl. Weinert, 1998, S.33ff

<sup>40</sup> vgl. Abbildung: Weinert (1998:33)

<sup>41</sup> vgl. Weinert, 1998, S.3

Der Kostenanteil für die gesamte KSS-Technik, von der Anschaffung, Pflege, Wartung bis zur Entsorgung betragen 12 – 17 % der Herstellungskosten. Vergleicht man diesen Anteil mit dem Werkzeugkostenanteil von lediglich 4 – 5% ist ersterer wesentlich größer und dadurch nicht mehr zu vernachlässigen. Treffend prophezeite Opey schon 1998 die zukünftige KSS-Kostenentwicklung: „Würde man den Verbrauch an KSS in unveränderter Form fortschreiben, so wird mit Sicherheit eine deutliche Zunahme dieser Kosten stattfinden, da mindestens die Entsorgungskosten progressiv steigen werden. Gleiches gilt auch für die Beschaffungskosten, so dass insgesamt ein überproportionaler Anstieg der KSS-Kosten zu erwarten ist.“<sup>42</sup>

Neben der Gefährdung der Gesundheit der Mitarbeiter, wird durch die Kühlschmiermittel und alle damit verbundenen Aufwendungen zudem die Umwelt belastet, sei es durch die Entsorgung der mit Kühlschmiermittel kontaminierten Späne oder durch das Reinigen der Werkstücke, welche in der Ökobilanz der Unternehmen berücksichtigt werden müssen. Während die staatlichen Umweltauflagen immer strenger werden, wird auch das Verantwortungsbewusstsein der Menschen im Umgang mit der Umwelt immer stärker. Ein Ausweichen der Produktion in Länder mit niedrigeren Umweltauflagen soll und kann nicht das Ziel sein. Es ist verantwortungslos und ohnehin äußerst kurzsichtig, da sie mittel- bis längerfristig auch in diesen Regionen Einzug finden werden. Es ist zwar möglich, bis zu diesem Zeitpunkt vor dem Umweltschutz zu fliehen, jedoch ist das keine Dauerlösung. Das Umweltbewusstsein der Menschen, bietet die Möglichkeit unter besonders ökologischen Gesichtspunkten hergestellte Produkte teurer abzusetzen. Unternehmen bekommen die Chance ihre ökologischen Bemühungen als Produktfeature zu verkaufen. Betrachtet man diese Tatsache, wird schnell klar, dass Umweltschutz nicht nur Geld kostet, sondern auch Geld einbringen kann. Ein umweltfreundliches Produkt zu kaufen gibt dem Kunden das Gefühl sich am Umweltschutz zu beteiligen, er ist bereit mehr zu bezahlen und wird dieses einem ähnlichen, ökologisch bedenklich Produkt vorziehen. Dieses Feature dient also zur Abhebung von der Konkurrenz. Man bedenke nur die ökologischen Bemühungen von McDonalds, die bei den zahlreichen Konsumenten auf große Zustimmung gestoßen sind und dem Unternehmen einen süßen Beigeschmack gibt. Ein weiterer Anreiz für Unternehmen Prozesse umweltgerechter zu gestalten liegt im staatlichen Umweltförderungswesen.

---

<sup>42</sup> vgl. Opey, 1998, S.3ff

Ein großes Problem in der Verwendung von Kühlschmiermitteln liegt in der Gesundheitsgefährdung der Mitarbeiter. Eine große Gefahr für eine gesundheitliche Beeinträchtigung besteht im direkten Umfeld der Maschinen, durch Nebel und Dämpfe. Besonders Reaktionsprodukte aus verschiedenen Stoffen mit Kühlschmierstoffen, Bakteriziden oder Fungiziden rufen häufig bei Mitarbeitern Erkrankungen hervor. Eine Untersuchung der Eisen- und Metall-Berufsgenossenschaft besagt, dass 30% der schweren und wiederholt rückfälligen Hauterkrankungen durch Kühlschmierstoffe ausgelöst werden. Besonders gefährdet sind hierbei Mitarbeiter im Bereich des Zerspanens.<sup>43</sup>

Schwere sowie wiederholt rückfällige Hauterkrankungen lagen 2006 unter den anerkannten Berufskrankheiten, die zu einer Unterlassung aller schädigenden Tätigkeiten gezwungen haben, mit 46,4% bei weitem im Spitzenfeld.<sup>44</sup> Verantwortlich zu machen sind für diese Hautkrankheiten zu 33% Kühlschmierstoffe, zu 16% technische Öle und Fette und zu 17% Metalle.<sup>45</sup>

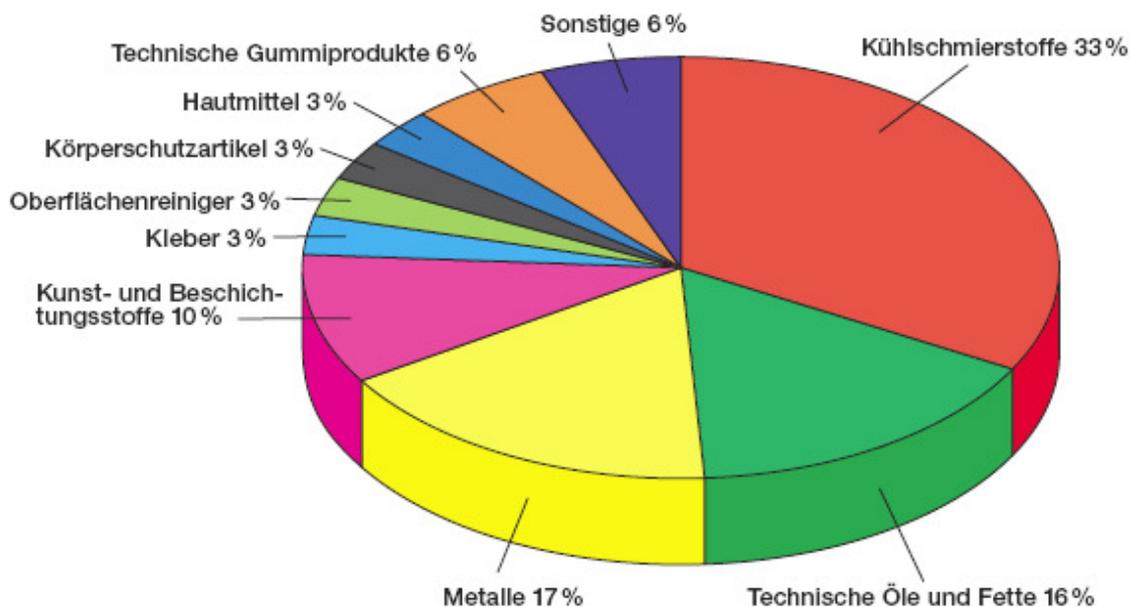


Abb. 14 Auslöser von Hautkrankheiten mit bestätigtem BK-Verdacht<sup>46</sup>

<sup>43</sup> vgl. Opey, 1998, S.4

<sup>44</sup> vgl. [http://www.baua.de/nr\\_53904/de/](http://www.baua.de/nr_53904/de/)

[Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Berufskrankheiten/pdf/Berufskrankheitengeschehen.pdf?](http://www.baua.de/nr_53904/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Berufskrankheiten/pdf/Berufskrankheitengeschehen.pdf?) (28.06.2008)

<sup>45</sup> vgl. Adam, 2005, S.4

<sup>46</sup> Abbildung: Adam (2005:4)

All diese Auslöser fallen bei zerspanender Bearbeitung von Metallen an. Um als Unternehmen langfristig erfolgreich zu sein, sollte man seine Mitarbeiter nicht ausbeuten, da sonst die Motivation und Mitarbeiterzufriedenheit und damit auch die Produkt- und Servicequalität abnehmen. In weiterer Folge wandern Kunden aufgrund der schlechteren Produkte und Service aber auch wegen eines möglicherweise negativen Images ab und ein Teufelskreis entsteht. Fällt ein Mitarbeiter aus, so entstehen dem Arbeitgeber Kosten, sei es die Lohnfortzahlung, der erhöhte Einsatz von anderen Arbeitnehmern zur Kompensation oder Lieferschwierigkeiten im Falle von Engpässen. Kümmert sich ein Unternehmen um seine Mitarbeiter, wird dies sowohl durch einen Gewinn an Qualität, Motivation und Image honoriert. In weiterer Folge entsteht daraus ein Vorsprung zur Konkurrenz. Eine Produktion mit Hilfe von KSS hat allerdings den wesentlichen Nachteil, dass ein Waschen der Teile nötig ist um ein weiteres Bearbeiten möglich zu machen. Diese Reinigung erfordert eine Waschanlage, den Einsatz von Chemikalien und Energie und kostet vor allem Zeit, wodurch sich die Cash-to-cash-cycle-time verlängert.

Die Idee der Trockenbearbeitung ist nicht neu, auch haben sich die Gründe für eine kühlsmiermittelfreie Bearbeitung nicht verändert. Damals wie heute waren es wirtschaftliche Motive, die die Trockenbearbeitung vorantrieben. Zwischen 1930 und 1940 entschied sich das Deutsche Unternehmen Carl Leipold Metallwarenfabrik GmbH aufgrund des damalig vorherrschenden Mangels an Schneidöl und den damit verbundenen hohen Preisen dazu, Maschinen trocken laufen zu lassen. Das Ergebnis waren reduzierte Werkzeugstandzeiten und erhöhte Taktzeiten. Würde man diesem Ansatz heute folgen, wären Taktzeiten im Sekundenbereich nicht mehr realisierbar und ein wirtschaftlicher Einsatz damit ausgeschlossen. Wie zuvor schon erwähnt, liegen heute die Aufwendungen für den KSS-Einsatz bei einem Vielfachen der Werkzeugkosten.<sup>47</sup>

Bis heute ist der primäre Beweggrund der Umstellung auf Trockenbearbeitung die Reduktion des KSS-Verbrauchs und den damit verbundenen Kosten, wie etwa Verlustströme, Pflege, Wartung und Entsorgung, aber auch die ökologische Verträglichkeit spielt eine zunehmend stärkere Rolle. Es gibt für die Umstellung auch einige sekundäre Faktoren, man bedenke, dass

---

<sup>47</sup> vgl. Opey, 1998, S.186

durch das geeinte Europa der Umgang mit KSS und deren Inhaltsstoffen durch strengere Restriktionen und Auflagen erschwert wird und sich infolge dessen das Risiko juristischer Konsequenzen für den Anwender erhöht. Trockenbearbeitung sichert den Zeit- und Kompetenzvorsprung gegenüber Mitbewerbern, dadurch entstehen Wettbewerbsvorteile, welche sich als Marketingstrategie einsetzen lassen. Um Trockenbearbeitung erfolgreich umsetzen zu können ist es nötig, über ein umfassendes Prozessverständnis zu verfügen. Für eine wirtschaftliche Trockenbearbeitung müssen häufig die Voraussetzungen neu geprüft und individuelle technologische Lösungen gesucht werden. Eine umfassende Gesamtlösung kann nicht realisiert werden, da die Individualität der einzelnen Prozesse bei der Einführung einer erfolgreichen Trockenbearbeitung umfassend analysiert und integriert werden muss.<sup>48</sup>

Trockenbearbeitung lässt sich also nicht durch einfaches Weglassen des KSS umsetzen, da die Spanbildung teilweise durch die erhöhte Zerspantemperatur negativ beeinflusst wird, die den Werkzeugverschleiß erhöht.<sup>49</sup>

---

<sup>48</sup> vgl. Weinert, 2004, S.2

<sup>49</sup> vgl. Ophhey, 1998, S.19

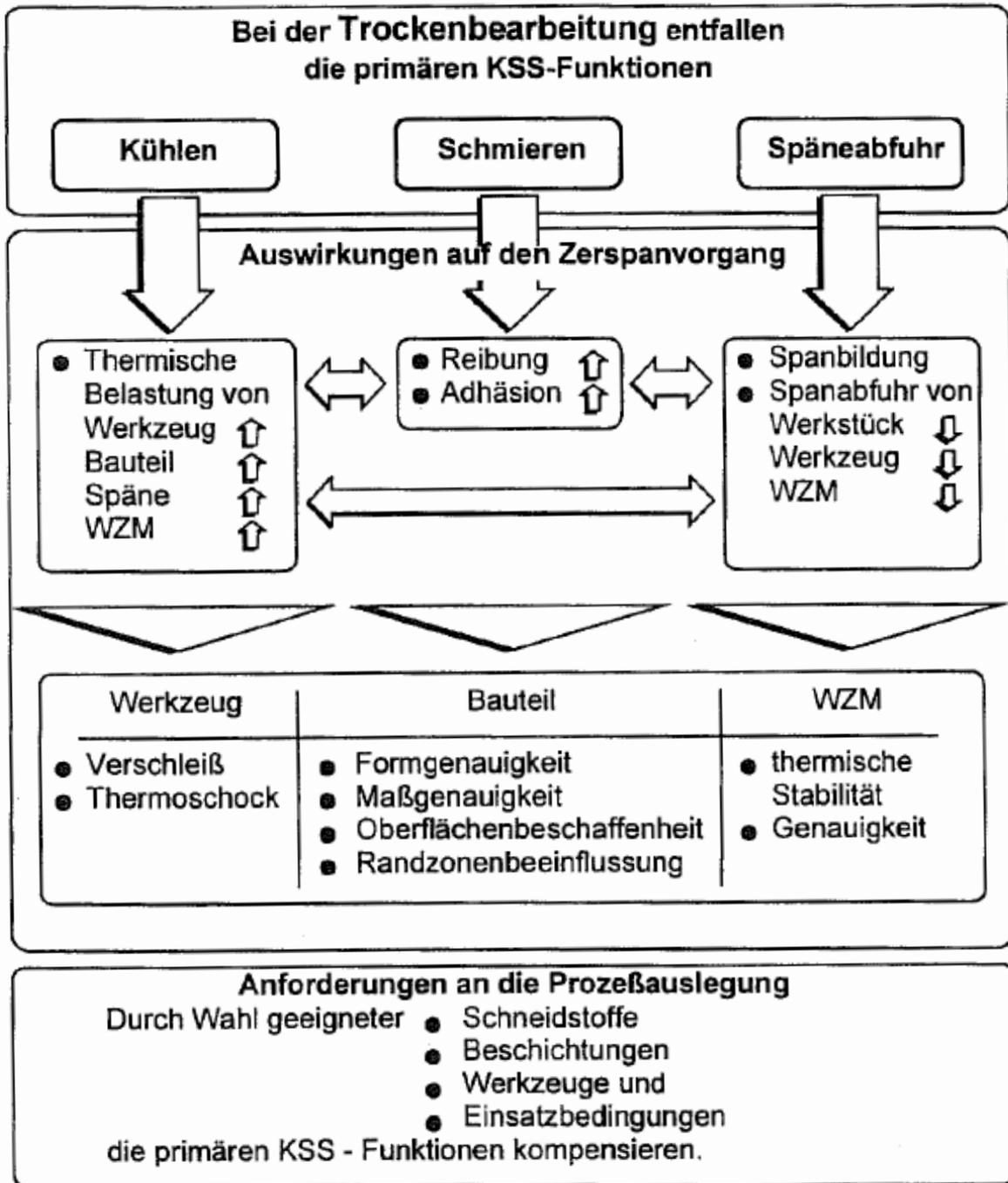


Abb. 15 Bei der Trockenbearbeitung entfallen die primären KSS-Funktionen Kühlen, Schmieren und Späneabtransport<sup>50</sup>

Es gilt die primären Funktionen des KSS bei der Trockenbearbeitung zu kompensieren.

<sup>50</sup> Abbildung: Ophrey (1998:20)

Besonders interessant ist das Spanen ohne KSS bei hohen Schnittgeschwindigkeiten im Rahmen des sogenannten HSC (high speed cutting). Ab wann es sich um HSC handelt ist strittig, so wird meist ab einer Schnittgeschwindigkeit von 300 m/min von HSC gesprochen, wobei Dieter Prinz von der Clarkson GmbH im Rahmen der 7. österreichischen HSC-Tagung HSC als Bearbeitung mit Drehzahlen über 8000 U/min definierte und somit nicht an der Schnittgeschwindigkeit selbst festhält sondern durch die reine Berücksichtigung der Drehzahl den Werkzeugradius aus der Betrachtung ausnimmt.<sup>51</sup>

Im Schnittgeschwindigkeitsbereich des HSC ist ein Einsatz von Kühlschmiermitteln äußerst schädlich, sodass HSC immer auch Trockenbearbeitung ist. Negative Effekte des KSS-Einsatzes in der Hochgeschwindigkeitszerspanung sind etwa durch Thermoschocks zu erwarten, die auftreten nachdem die Schneide aus dem Werkstück gezogen wird und vom KSS-Strom erfasst wird. Die thermische Wechselbeanspruchung führt bei Hartmetall aufgrund dessen Sprödigkeit zu einer drastischen Standzeitverkürzung durch Ausbröckelung. Da bei der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung mehr als 80% der Prozessenergie in die Späne gehen, müssen diese möglichst schnell und sicher aus der Maschine abtransportiert werden. Dieser Abtransport stellt eine Herausforderung dar, da lediglich die Möglichkeit besteht die Späne abzusaugen. Durch die hohen Bearbeitungsgeschwindigkeiten und die enormen Drehzahlen werden Späne in den meisten Fällen kleiner als bei herkömmlichen Verfahren.<sup>52</sup>

Häufig erreichen Späne, aber im Falle eines Werkzeugbruchs auch Werkzeuge oder deren Teile, bei HSC enorme Geschwindigkeiten, die im Bereich von Schusswaffen liegen können, wodurch eine aufwändigere Maschineneinhausung unabdingbar ist.

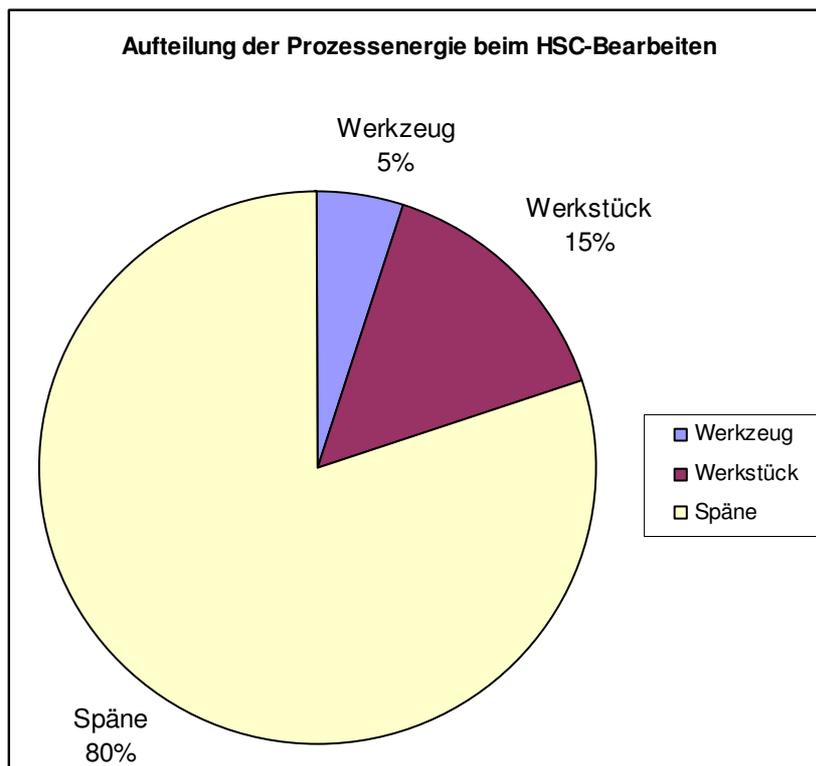
Die verstärkte Abführung der Prozessenergie über Späne führt zu einer Abnahme der über Werkstück und Werkzeug abgeführten Wärme. Somit treten die Werkstücke kalt in die Bearbeitung ein und verlassen diese im warmen Zustand. Mitunter erfordert dieser Umstand eine CNC-Korrektur um mit geforderter Präzision fertigen zu können.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> vgl. Dieter Prinz, 1999

<sup>52</sup> vgl. Opey, 1998, S.136ff

<sup>53</sup> vgl. ebenda, 1998, S.136ff



**Abb. 16 Aufteilung der Prozessenergie HSC-Bearbeitung**<sup>54</sup>

Ein weiterer Grund die HSC-Bearbeitung trocken zu realisieren ist, dass bedingt durch die hohen Schnittgeschwindigkeiten bzw. Drehzahlen die Kühlschmiermittel die Wirkstelle gar nicht erreichen würden.

Ein Beispiel für die erfolgreiche wirtschaftliche Umstellung von konventioneller auf Hochgeschwindigkeitsbearbeitung sei im Folgenden kurz erläutert:

- Senkung des Flächenbedarfs um 58% durch geringere Anzahl an erforderlichen Bearbeitungsmaschinen
- Einsparen von 38% der Werkzeuge durch angepasste Bearbeitungsstrategien
- Reduktion der Bearbeitungszeit je Teil um 60% durch höhere Bearbeitungsparameter und die Reduktion der Werkzeugwechsel
- Insgesamt wurde somit eine Senkung der Bearbeitungskosten auf 62% der ursprünglichen Kosten erreicht<sup>55</sup>

<sup>54</sup> vgl. Abbildung: Ophrey (1998:140)

<sup>55</sup> vgl. Klocke, 1999

Der Vollständigkeit halber sei noch darauf hingewiesen, dass auch die Möglichkeit der sogenannten Minimalmengenkühlschmierung existiert. Bei dieser wird lediglich eine minimale Menge, im Bereich weniger Milliliter pro Stunde, an KSS an aufgebracht. Es handelt sich hierbei eigentlich um keine Trockenbearbeitung obwohl sie in der Fachliteratur mitunter als solche bezeichnet wird. Viel treffender dafür ist der Begriff Pseudo- oder Quasi-Trockenbearbeitung. Bei der MMKS wird nicht im eigentlichen Sinn gekühlt, sondern vielmehr die Entstehung von Reibungswärme verhindert, wodurch auch andere Bezeichnungen, wie etwa MMS, gerne für diese Bearbeitungstechnik angewandt werden. Häufig, fast ausschließlich beim Tieflochbohren, wird der Schmierstoff über einen Kanal im Werkzeug an die Wirkstelle geführt, sodass der Abtransport der Späne erleichtert wird. Bei MMKS-Bearbeitung wird der Schmierstoff also zielgerichtet und dosiert an die Wirkstelle herangeführt und an dieser auch verbraucht. Aus diesem Grund sind die anfallenden Späne, aber auch Werkzeuge und Werkstücke, weitestgehend trocken und eine aufwändige Aufbereitung der Späne entfällt ebenso wie die Reinigung der Werkstücke.<sup>56</sup>

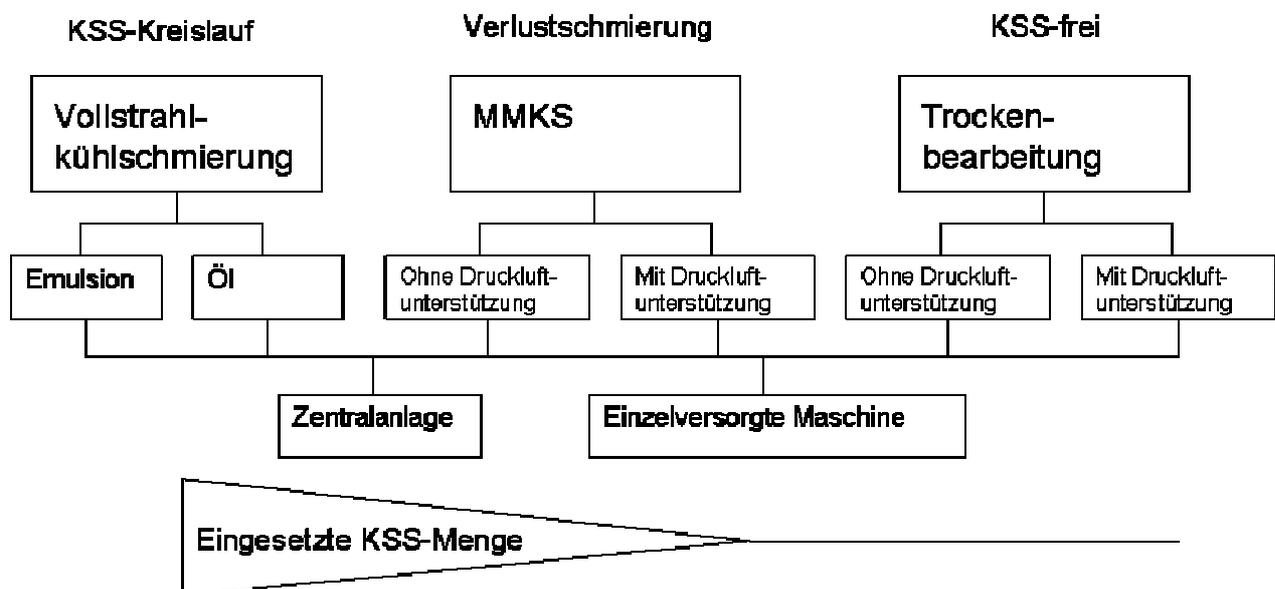


Abb. 17 Kühlschmierstoffkonzepte<sup>57</sup>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Umstellung von konventioneller auf Hochleistungsbearbeitung im Sinne einer öl- und kühlsmierstofffreien, spanenden Bearbeitung ein zwar aufwändiger jedoch lohnender Akt ist. Der Gewinn an Know-how, die

<sup>56</sup> Vgl. Weinert, 1998, S.41ff

<sup>57</sup> Vgl. Abbildung: Weinert (1998:42)

ökologische Besserstellung der Produkte und die in weiterer Folge geförderte Mitarbeitermotivation führen mit Hilfe von Prozessverkürzungen und niedrigeren Herstellungskosten zu einem den Kunden „näheren“ Unternehmen. Man ist in der Lage, schneller und günstiger zu fertigen und kann somit Kundenbedürfnisse schneller befriedigen. Eine HSC-Bearbeitung lässt sich allerdings in den meisten Fällen nicht auf den gleichen Maschinen realisieren, die in den Unternehmen bisher die Bearbeitungen übernommen haben. Wie bereits erwähnt ist ein einfaches Abschalten der Kühlschmierstoffzufuhr zu wenig und in Kombination mit einem notwendigen Senken der Drehzahlen und damit verbundenen Schnittgeschwindigkeiten nicht wirtschaftlich. Würde die unrealistische Möglichkeit bestehen, die Spindeldrehzahlen einfach anzuheben und würde man die KSS-Zufuhr deaktivieren, wäre es dennoch nicht zielführend, da eine Maschine für den HSC-Einsatz besonders schwingungsdämpfende und temperaturunempfindliche Maschinenbetten, Verfahrschlitten mit hohen Beschleunigungen, einer schnellen Steuerung sowie Regelung und HSC-taugliche Werkzeuge benötigt.

#### Nachteile der Nassbearbeitung in der Kern-Produktion von EVVA:

Külschmiermittel (KSM) haben den wesentlichen Nachteil, dass die Werkstücke nach Bearbeitung gründlich gereinigt werden müssen, da sie, je nach verwendeten KSM, entweder ölig oder mit einem trockenen Film besetzt sind. Das Reinigen der Werkstücke dauert im Fall der Kerne zehn Minuten für bis zu 880 Stück, wobei diese Zeit selbst weniger ins Gewicht fällt, als die Transport und Liegezeiten die anfallen, bis die Kerne dem nächsten Bearbeitungsschritt unterzogen werden können. Durch die Hochgeschwindigkeitstrockenbearbeitung kann das Waschen der Teile als Verschwendung betrachtet werden, verursacht das Waschen doch vier Tage Liegezeiten und damit beinahe die Hälfte der gesamten Durchlaufzeit von der Stange zur Montage.

## **5 Mechanische Schließsysteme**

Bevor näher auf die Produktion eingegangen wird, soll erklärt werden wie Zylinderschlösser funktionieren und welche mechanischen Zylinderschlosstypen von EVVA angeboten werden.

## **5.1 Allgemeine Funktionsweise von Zylinderschlössern**

Aus welchen Bauelementen ein Zylinderschloss besteht, welche Funktionen diese übernehmen und wie der Sperrvorgang allgemein vor sich geht, soll nun erläutert werden.

Ein Zylinderschloss besteht (mindestens) aus folgenden Hauptelementen:

- Gehäuse
- Kern: nimmt den Schlüssel auf
- Sperrnase: bewegt Sperrriegel
- Kupplung: trennt beide Kerne mechanisch voneinander
- Sicherungsring: stellt sicher, dass der Kern im Gehäuse bleibt
- Sperrteile: führen Abfrage zwischen Schlüssel und Sperrschiebern oder –  
stiften durch und ermöglichen bei gegebener Berechtigung das Sperren

Die häufigste Bauform bei Zylinderschlössern ist die Kompaktbauweise. Bei dieser besteht das Gehäuse aus einem Stück. Der Nachteil an dieser Bauweise liegt in der erforderlichen aufwändigen Lagerhaltung, verursacht durch die große Zahl an vom Markt geforderten verschiedenen Baulängen.

Seit etwa 1995 bietet EVVA Zylinderschlösser in modularer Bauweise an, da sie vom Markt gefordert werden. Somit hat der Kunde im Extremfall noch an der Baustelle die Möglichkeit die Länge des Zylinderschlusses zu ändern. Etwa 15% der von EVVA verkauften Zylinderschlösser sind modularer Bauart.

Zylinderschlösser in Modul-Bauweise sind zwar in der Herstellung teurer, ermöglichen aber eine ökonomischere Lagerhaltung und geben zudem die Chance, erst bei der Endmontage die spätere Länge zu wählen, wodurch sie in etwa auf dem gleichen Herstellungskostenniveau liegen wie Kompaktzylinder. Die modulare Bauweise erfordert einige hochwertige Bauelemente, die für Kompaktzylinder nicht nötig sind z.B. die aus hochwertigem Edelstahl hergestellten, vakuumgehärteten, präzise bearbeiteten Sonderschrauben. Die Idee, Modulzylinder anzubieten hat sich als durchaus positiv erwiesen, neue Produkte werden deshalb nur noch in Modulbauweise angeboten. Die Zwischenachse ist ebenso wie die Sonderschrauben für alle Produkte in Modulbauweise gleich, die Gehäusemodule jedoch unterscheiden sich stark.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

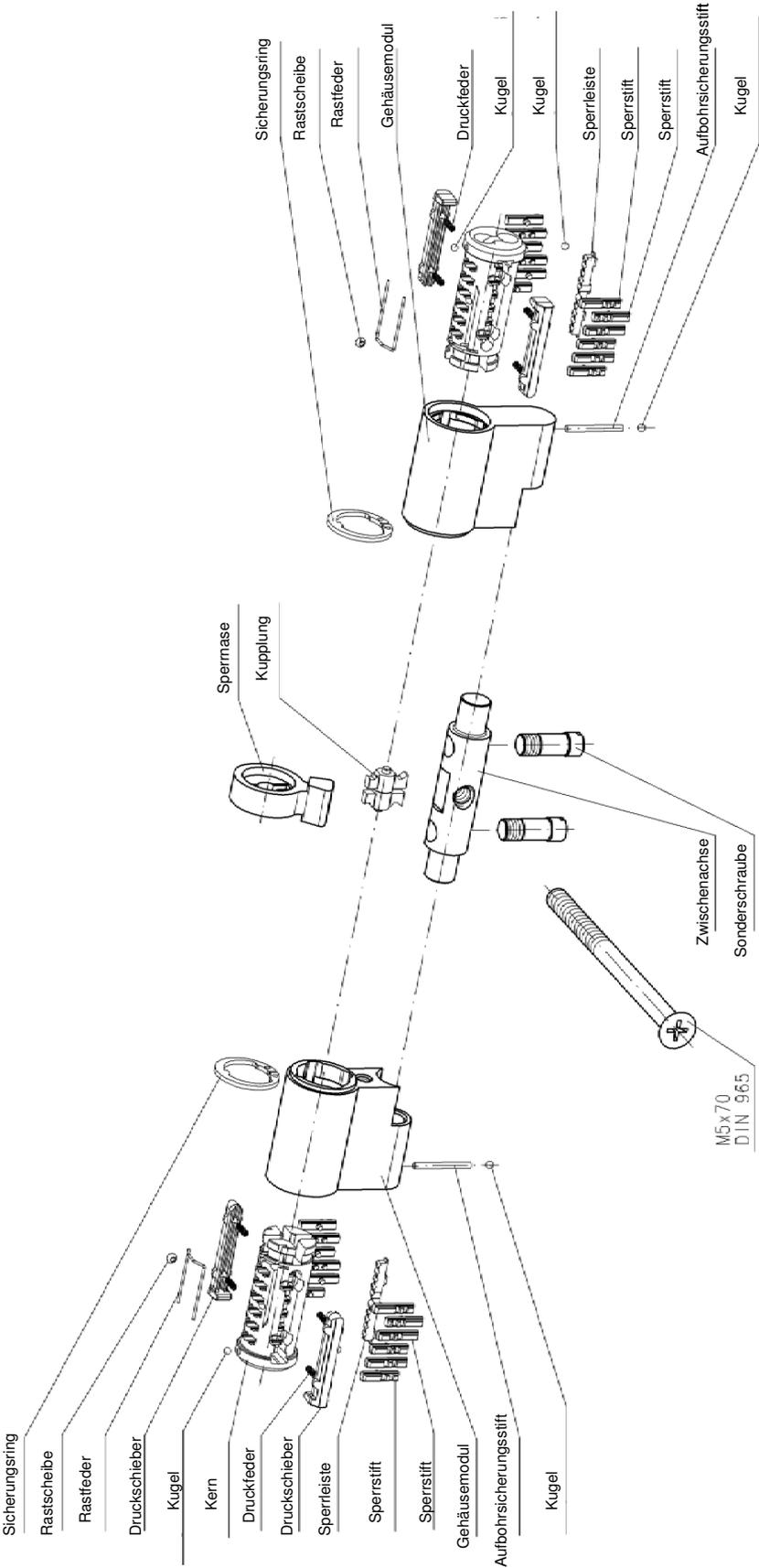


Abb. 18 3KS-Modulzylinderschloss

## **5.2 Beschreibung der verschiedenen mechanischen Systeme**

EVVA bietet eine Reihe mechanischer Schließsysteme an, der Kunde kann aus dem Angebot ein für seine Bedürfnisse optimales Produkt wählen. Nicht jedes System eignet sich für alle Ansprüche. Werden etwa höchste Sicherheit und/oder sehr große Schließanlagen gefordert, muss ein höherwertiges System ausgewählt werden. Steht dies nicht im Vordergrund kann auch auf einfache und dementsprechend günstigere Produkte zurückgegriffen werden.

Im Folgenden werden die einzelnen Systeme kurz, der Reihe nach von einfach bis hochocker, erklärt. Bei jedem System wird zudem kurz auf die Kombinatorik eingegangen, um zu zeigen wie viele verschiedene Möglichkeiten es gibt. Somit sind jedes Zylinderschloss und jeder Schlüssel Einzelstücke, es sei denn der Kunde bestellt mehrere exakt gleiche.

### **5.2.1 Normalprofil**

Das Normalprofil ist ein einfaches Stiftsystem und ist in fünf-, sechs- oder siebenstiftiger Ausführung erhältlich, kann jedoch nur in Kompaktbauweise geordert werden. Der Unterschied zum GPI liegt im Profil, das beim Normalprofil wesentlich einfacher ist. Es wird hauptsächlich dort eingesetzt, wo keine besonders hohe Sicherheit gefordert wird.

#### **Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 5, 6 oder 7

Varianten der Stifte: 10

$$10^5 = 100.000$$

$$10^6 = 1.000.000$$

$$10^7 = 10.000.000$$

### **5.2.2 GPI (Grundprofil-Integriert)**

Das GPI-System ist ein fünf oder sechs Stiftsystem, bei dem die Abfragestifte im Gehäuse liegen. Das GPI-Profil ist ein überlapptes Profil, was das Abtasten erheblich erschwert. Hierbei handelt es sich um ein einfaches Schloss, das aber immer noch gerne von Kunden

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

gekauft wird. Dieses Produkt kann auch mit Aufbohr- und Kernziehschutz ausgestattet werden. GPI ist nur in Kompaktbauweise erhältlich.

**Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 5, 6 oder 7

Varianten der Stifte: 10

Profilanzahl: 8

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

$$10^5 \times 2^8 = 25.600.000$$

$$10^6 \times 2^8 = 256.000.000$$

$$10^7 \times 2^8 = 2.560.000.000$$

### 5.2.3 DPI (Doppel-Profil-Integriert)

Das DPI-System vereint die Vorteile von Längs- als auch Querprofilen, wodurch starke Schlüsselquerschnitte ermöglicht werden. Der Querschnitt durch das Längsprofil des Schlüssels lässt bei Betrachtung den Schriftzug „EVVA“ erkennen, wodurch lebenslanger Schutz des EVVA-Schlüsselprofils durch den Markenschutz gewährleistet wird. Zusätzlich wird serienmäßig sowohl eine Aufbohr- als auch Abtastsicherung integriert.

DPI kann in Modul- aber auch in Kompaktbauweise geordert werden.

Optional ist auch ein Kernziehschutz erhältlich.

**Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 5

Varianten der Stifte: 10

Profilanzahl: 6

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

Querprofile: 10

Zustände: 2

$$10^5 \times 2^6 \times 2^{10} = 6.553.600.000$$

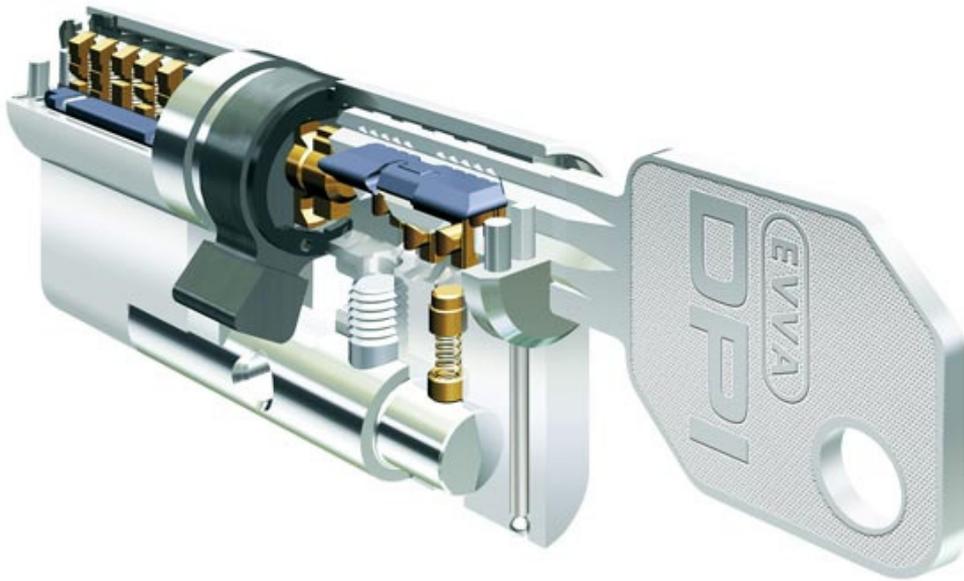


Abb. 19 DPI-Zylinderschloss - Schnittansicht<sup>58</sup>

#### 5.2.4 DPS

Das DPS-System ist dem DPI sehr ähnlich, der Unterschied liegt lediglich im Profil. DPS ist sowohl in Modul- als auch in Kompaktbauweise erhältlich.

##### **Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 5

Varianten der Stifte: 10

Profilanzahl: 6

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

Querprofile: 10

Zustände: 2

$$10^5 \times 2^6 \times 2^{10} = 6.553.600.000$$

---

<sup>58</sup> Abbildung:

[http://www.evva.at/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz\\_DPI\\_600x400\\_q5\\_06.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=9e664d99e3275ac62463b15021089cae](http://www.evva.at/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz_DPI_600x400_q5_06.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=9e664d99e3275ac62463b15021089cae) (03.02.2009)

### 5.2.5 DPX

Das DPX-System ist ebenfalls mit DPI verwandt, bietet aber eine höhere Sicherheit bedingt durch die beidseitige Querprofilierung. Bedingt durch die hiermit gewonnenen zusätzlichen Möglichkeiten der Codierung, ist es besser für den Einsatz in Schließanlagen geeignet. Es wird mit serienmäßiger Aufbohr- und Abtastsicherung geliefert.

DPS ist sowohl in Modul- als auch in Kompaktbauweise erhältlich.

#### **Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 5

Varianten der Stifte: 10

Profilanzahl: 6

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

Querprofile links: 10

Zustände: 2

Querprofile rechts: 10

Zustände: 2

$$10^5 \times 2^6 \times 2^{10} \times 2^{10} = 6,711 \times 10^{12}$$

### 5.2.6 DPE (Doppel-Profil-Erweitert)

Das DPE-System ist ebenfalls mit DPI verwandt, besitzt aber höhere Sicherheit und mehr Codiermöglichkeiten durch 6-stiftige Kontrolle im Zylinderkern. Zusätzlich wird der Schlüssel durch einen speziellen Kontrollstift abgefragt.

DPE wird nur in Modulbauweise hergestellt.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

### **Kombinatorik:**

Stiftanzahl: 6

Varianten der Stifte: 10

Profilanzahl: 6

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

Querprofile: 10

Zustände: 2

Schlüsselrücken: 2

$$10^6 \times 2^6 \times 2^{10} \times 2 = 1,311 \times 10^{11}$$

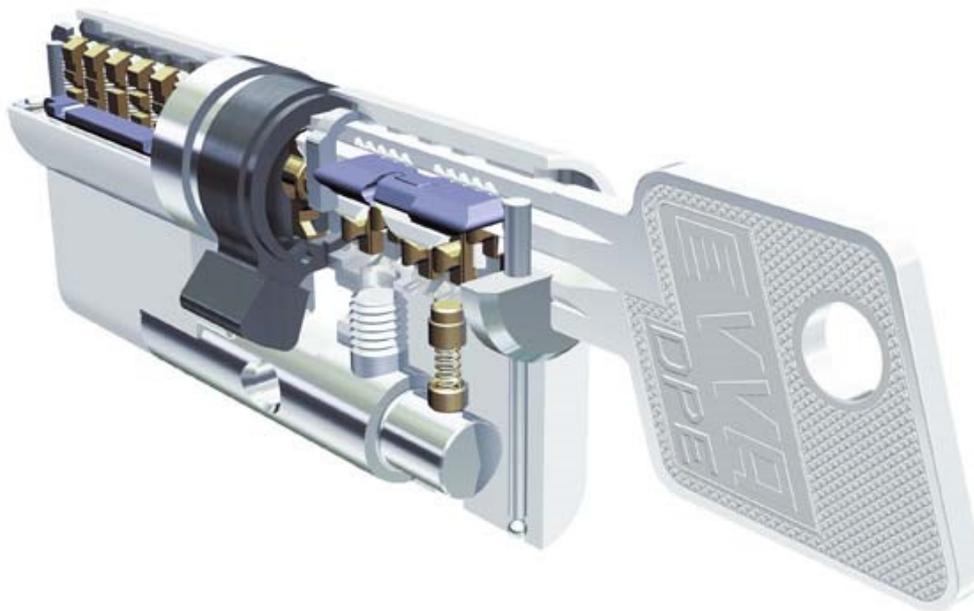


Abb. 20 DPE-Zylinderschloss - Schnittansicht<sup>59</sup>

## **5.2.7 DUAL**

DUAL ist ein Wendeschlüsselsystem, es ermöglicht dem Nutzer ein Einsetzen des Schlüssels in jeder Lage. Ein Sperrstiftsystem und ein Längsprofil ergänzen einander und stellen die

---

<sup>59</sup> Abbildung:

[http://www.evva.at/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz\\_DPE\\_600x400\\_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=e537cbb06f32cd6c2ca874d7578ba93d](http://www.evva.at/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz_DPE_600x400_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=e537cbb06f32cd6c2ca874d7578ba93d) (03.02.2009)

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Variationskomponenten dar. Beim Sperren wird der Schlüssel über zwölf gefederte Sperrstifte über zwei Sperrstifte abgefragt. Hoher technischer Schlüsselschutz im Sinne von Nachschlüsselsicherheit ist durch versetzte Ebenen gewährleistet. Zudem ist der Schlüssel sehr dick, deshalb sehr robust und gibt dem Kunden durch dessen Haptik ein Gefühl besonderer Sicherheit. DUAL ist nur in Modulbauweise erhältlich.

### **Kombinatorik:**

Stiftanzahl Seite 1: 6

Stiftanzahl Seite 2: 6

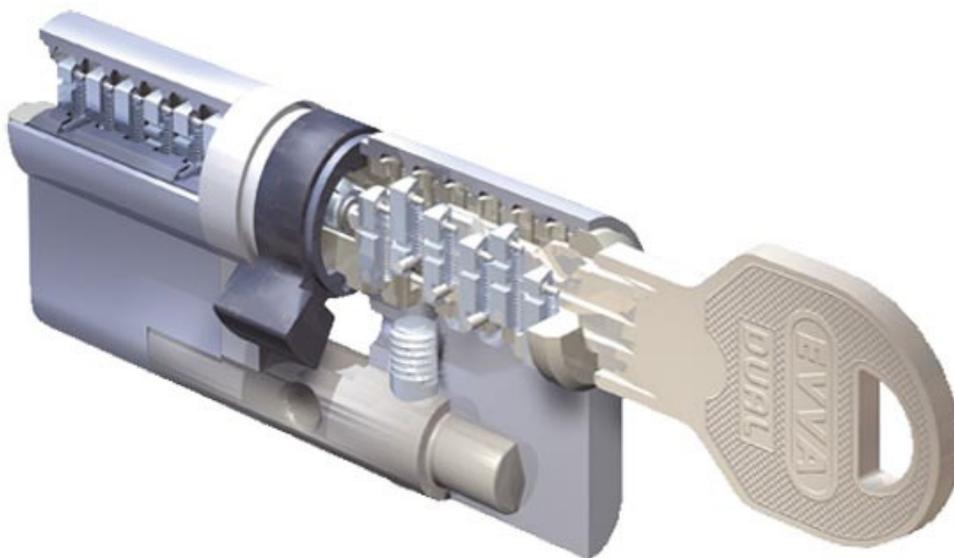
Varianten der Stifte Seite 1: 6

Varianten der Stifte Seite 2: 4

Profilanzahl: 6

Zustände (vorhanden oder nicht vorhanden): 2

$$6^6 \times 4^6 \times 2^6 = 12.230.590.464$$



**Abb. 21 DUAL-Zylinderschloss - Schnittansicht<sup>60</sup>**

<sup>60</sup> Abbildung:

[http://www.evva.at/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz\\_DUAL\\_600x400\\_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20%3C%2Fa%3E&md5=a46a970346052876959b3f0fbd8f851a](http://www.evva.at/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz_DUAL_600x400_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20%3C%2Fa%3E&md5=a46a970346052876959b3f0fbd8f851a) (03.02.2009)

### 5.2.8 3KS (3-Kurven-System)

Das 3KS-System fragt einen Wendeschlüssel mit sechs Schlüsselkurven über 12 ungefederte, massive Zuhaltungselemente ab, weiters kontrolliert eine Sperrleiste im Kern die Querprofilierung des Schlüssels. Serienmäßig sind Sicherungen gegen Aufbohren und Kernziehen durch Hartmetall-Druckschieber im Kern und Hartmetallstifte im Gehäuse gegeben. Durch den Einsatz zwangsgesteuerter Sperrstifte ist dieses System unempfindlich gegen Vereisung und Verschmutzung. Prinzipbedingt ist es nicht möglich Schlösser dieser Art mittels Picking zu öffnen. 3KS ist nur in Modulbauweise orderbar.

#### **Kombinatorik:**

Abfragepositionen an einfacher Schlüsselkurve: 6

Abfragepositionen an Doppelkurve: 6

Varianten der Zuhaltungselemente an einfacher Schlüsselkurve: 9

Varianten der Zuhaltungselemente an Doppelkurve: 7

Sperrleiste: 10

Zustände: 2

Profilanzahl: 8

$$9^6 \times 7^6 \times 2^{10} \times 8 = 5,122 \times 10^{14}$$

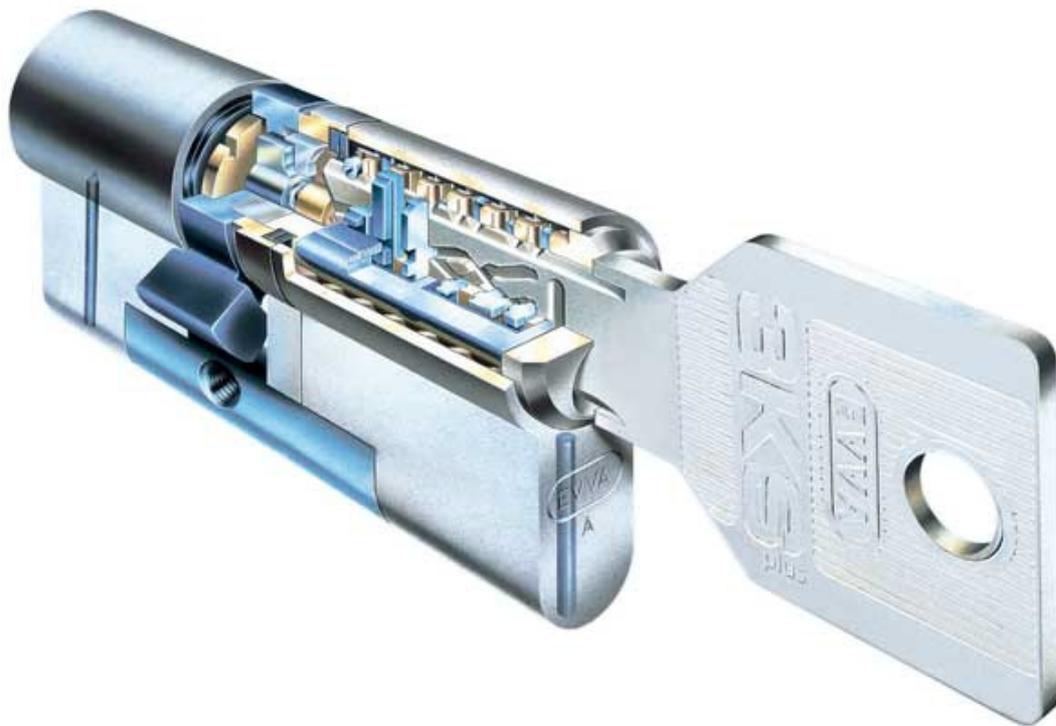


Abb. 22 3KS-Zylinderschloss - Schnittansicht<sup>61</sup>

### 5.2.9 MCS (Magnetic-Code-System)

Das MCS ist ein weltweit einzigartiges Schließsystem. Die Abfrage erfolgt über eine 8-fache Magnetisierung am Schlüssel durch gekapselt gelagerte, anschlaglos drehbare Magnetrotore links und rechts vom Schlüsselkanal, durch ein Profilsystem und durch eine zwangsgesteuerte Sperrstiftabfrage an Schlüsselrücken mit Manipulationskontrolle. Es ist nicht möglich, die magnetische Codierung im Zylinder abzufragen. EVVA ist weltweit das einzige Unternehmen, das technologisch in der Lage ist einen solchen Schlüssel herzustellen. MCS ermöglicht es wie kein anderes System, große und komplizierte Schließanlagen mit vielen Hierarchiestufen herzustellen.

Serienmäßig wird ein Aufbohr- und Kernziehschutz integriert. MCS ist nur in Modulbauweise erhältlich.

<sup>61</sup> Abbildung:

[http://www.evva.at/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz\\_3KSplus\\_600x426\\_q3\\_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=942fca0f815088b8ef1948b0382c4ca9](http://www.evva.at/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz_3KSplus_600x426_q3_08.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=942fca0f815088b8ef1948b0382c4ca9) (03.02.2009)

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

**Kombinatorik:**

Magnetpillen: 8

Magnetisiermöglichkeit je Pille: 8

Seitenschieber: 7

Zustände: 2

Profilanzahl: 4

$$8^8 \times 2^7 \times 4 = 8.589.934.592$$



Abb. 23 MCS-Zylinderschloss - Schnittansicht<sup>62</sup>

---

<sup>62</sup> Abbildung:

[http://www.evva.at/index.php?eID=tx\\_cms\\_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz\\_MCS\\_600x400\\_10.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose\(\)%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=82e8a69457b55f6e2d367b8f3ac2ae39](http://www.evva.at/index.php?eID=tx_cms_showpic&file=uploads%2Fpics%2FSchnittz_MCS_600x400_10.jpg&width=800m&height=600m&bodyTag=%3Cbody%20style%3D%22margin%3A0%3B%20background%3A%23fff%3B%22%3E&wrap=%3Ca%20href%3D%22javascript%3Aclose()%3B%22%3E%20%20%3C%2Fa%3E&md5=82e8a69457b55f6e2d367b8f3ac2ae39) (03.02.2009)

## **6 Aktuelle Produktionssituation**

Einleitend sei nochmals darauf hingewiesen, dass bedingt durch die gewachsene Produktion und der zentralen, durch die hohen Grundstückspreise bedingten, räumlich eher beengten Produktionsfläche Produkte während ihrer Entstehung große Wege zurücklegen müssen. Gut erkennbar ist dies in der Materialflussillustration am Beginn dieser Arbeit. Bedingt durch die räumlichen Gegebenheiten ist es meist nicht möglich eine durchgehende Linienproduktion im eigentlichen Sinne zu realisieren.

Aufgrund des hohen Aufwandes kann leider nicht auf jedes Bauelement eines Zylinderschlusses eingegangen werden, so fällt das Hauptaugenmerk auf den wichtigsten aber auch kompliziertesten Teil eines Zylinderschlusses, nämlich den Kern.

### **6.1 Räumnadelverwaltung**

Die Verwaltung der Räumnadeln wurde früher über den Maschinenbau per Bedarfsmeldung abgewickelt. Diese Bedarfsmeldung wurde von einem, für die betroffene Maschine verantwortlichen, Facharbeiter ausgefüllt und an den Abteilungsleiter des Maschinenbaus, oder dessen Stellvertreter, gesendet. Von der Maschinenbauabteilung aus wurde dann die Herstellung einer neuen Räumnadel in die Wege geleitet, da damals Räumnadeln aufgrund der hohen Komplexität und Genauigkeit außer Haus gefertigt werden mussten. Vor etwa zwei Jahren wurde die Verwaltung der Räumnadeln verändert, sodass es nun nicht mehr nötig ist den „Umweg“ über den Maschinenbau zu gehen. Der Bestellvorgang wurde verändert und Räumnadeln werden zudem nicht mehr zugekauft sondern im Haus gefertigt. Dieser Weg wurde gewählt, weil die Kosten für eine Räumnadel nun wesentlich geringer sind, die Lieferzeit drastisch verkürzt wurde und, ein besonders wichtiger Aspekt, das Know-how des Räumens nicht transferiert wird. In der nachstehenden Tabelle sind einige Daten zur Herstellung von Räumnadeln im und außer Haus einander gegenübergestellt.

	<b>interne Fertigung</b>	<b>externe Fertigung</b>	<b>Einsparung</b>
<b>Kosten</b>	500€	1000€ - 1500€	50% - 67%
<b>Lieferzeit</b>	2-4 Wochen	8-16 Wochen	50% - 88%
<b>Sonstiges</b>		Know-how Transfer	

**Abb. 24 Gegenüberstellung interne und externe Fertigung von Räumnadeln**

Die Räumnadelverwaltung und -fertigung übernimmt seitdem ein Facharbeiter, der viel Erfahrung im Präzisionsschleifen hat. Um einen Produktionsausfall durch eine gerissene Räumnadel zu verhindern, wurde eine Reserve von mindestens je einer Räumnadel angelegt und zentral von ebengenannter Fachkraft verwaltet. Ersatz für eine beschädigte Räumnadel kann nun formlos angefordert werden. Es wurde bewusst keine zwingende Form der Anforderung vorgeschrieben um schneller das defekte Werkzeug tauschen zu können. Sobald die letzte Räumnadel einer Art aus der Reserve angefordert wird, muss nachproduziert werden. Um Räumnadeln wirtschaftlich fertigen zu können ist es mit steigender Komplexität der Nadel nötig, mehr als ein Stück herzustellen, da aufwändige Einrichtarbeiten und ähnliches erforderlich sind.

Im Anschluss an die Beschreibung der Produktionssituationen der einzelnen mechanischen Systeme werden diese in Anlehnung an die Wertstrom-Darstellung aufgezeigt. Diese Darstellung wurde gewählt, um einen guten Überblick über den Produktionsfluss und eventuellen Schwachstellen zu erlangen. Zudem sind hiermit auf einem Blick Lagerzeiten, Rüstdauer und Taktzeiten erkennbar und ermöglichen in Kombination mit werksinternen Produktionsvisualisierungstools und Gesprächen mit Verantwortlichen ein Aufspüren von Bottlenecks und Verschwendungen in der Produktion.

## **6.2 DPE-Kern**

Das Ausgangsmaterial für einen DPE-Kern bilden drei Meter lange Messing- oder Neusilberstangen. Diese werden von einem Mitarbeiter ausgelagert, mit einem Transportwagen zu einer einfachen Sägevorrichtung gefahren, in diese eingelegt und auf einen Meter lange Stangen zugeschnitten. Die gekürzten Stangen werden danach mit dem Transportwagen zu den Stangenladern gefahren und in diesen eingeladen. Von dort aus

entnimmt das angeschlossene Dreh-Fräszentrum, EMCO turn 332, automatisch Stangen bei Bedarf. Je Stange fallen inklusive Ein- und Auslagerung fünf Minuten an. In diesem CNC gesteuerten Dreh-Fräs-Zentrum erfolgen alle Bearbeitungsschritte unter Einsatz von Kühlschmierstoffen. Zunächst wird die äußere Form abgedreht, danach kommt ein zweiter Greifer zum Einsatz und der Rohkern wird von der Stange abgestochen. Nun werden weitere vorbereitende Bearbeitungen getätigt, während bereits der nächste Rohling entsteht. Am Ende der Bearbeitungsschritte werden die Kerne in ein leicht gepolstertes Auffangbehälter ausgeworfen. Dort warten die Teile etwa einen Tag lang, bis sie von einem Mitarbeiter in eine Sonderpalette mit einem Fassungsvermögen von je 110 Stück eingeschlichtet werden. Die Taktzeit der Produktion beträgt 210s, das Einschlichten einer Palette dauert im Schnitt fünf Minuten je Palette. Gefüllte Paletten werden weiter in Schäfer-Kisten verladen, zu je sechs Paletten je Kiste. Das Rüsten einer EMCO turn 332 nimmt zwischen zwei und fünf Stunden in Anspruch.

Nun warten die Rohteile etwa 2 Tage lang, mitunter wird auf Hangschlösser gewartet, bevor sie von einem Saaldiener abgeholt und zur Galvanik-Abteilung gefahren werden. In der Galvanik angekommen, werden die Kerne bis sie in einer Waschanlage von Rückständen von Kühlschmierstoffen gereinigt. Das Reinigen dauert zehn Minuten je Waschgang und fasst maximal 8 Paletten. Das heißt, es können bis zu 880 Stück innerhalb von zehn Minuten gereinigt werden. Nach dem Waschen warten die Kerne solange vor der Abteilung, bis sie von einem Saaldiener zurück in die Abteilung „Fertigbearbeitung + Spanabhebende Vorbereitung + CNC“, im Folgenden kurz als Fertigungsbearbeitungsabteilung bezeichnet, gefahren werden. Das Warten auf die Abholung dauert etwa zwei Tage. Der Transport erfolgt mittels Hubwägen.

Dort angelangt werden die Kerne als Bestand bei der DPI-Kern-Fertigungsmaschine (V0167000; Kst 31109), deren Taktzeit zehn Sekunden beträgt, abgelegt. Sie werden sobald als möglich, in der Regel aber praktisch ohne erwähnenswerte Wartezeit, in den zugehörigen Rütteltopf geschüttet und die Bearbeitung gestartet. Nach der Zuführung der Kerne werden diese gerichtet und die Sperrkanäle ebenso wie die Stirnseite geräumt. Auf Wunsch werden als Aufbohr- und Kernziehschutz drei HM-Stifte gefüllt, die so eingesetzt werden, dass sie nicht wieder herausfallen können. Nun wird eine Kugel eingepresst, die in weiterer Folge eine Feder und einen Bügel für die Abfrage der Schlüssellückencodierung aufnimmt. Die Ausgabe

der bearbeiteten Kerne erfolgt wahlweise palettiert oder als Schüttgut. Sind nur wenige Stück gefordert, besteht die Möglichkeit, Kerne händisch einzeln zuzuführen und ohne Palettierung als Schüttgut ausgeben zu lassen. Die Ausgabe als Schüttgut sollte aber vermieden werden, da sonst die Kerne leichte Beschädigungen aufweisen können, wodurch unter Umständen die Funktion und Qualität fertiger Zylinderschlösser beeinträchtigt werden. Die so bearbeiteten Kerne werden als Bestand zur Schieberprofil-Maschine (Kst 31307) gebracht, die gleich daneben steht. Es dauert bis zu einem Tag, bis die Kerne weiterbearbeitet werden. Die Maschine erfordert manuelles Einlegen durch einen Maschinenbediener und bedingt dadurch fordert diese ständige Anwesenheit desselben. Die Schieberprofil-Maschine besitzt acht Stationen und bearbeitet Kerne mit einer Taktzeit von elf Sekunden. Nun warten die Teile etwa einen Tag lang bis sie wieder zur Galvanik-Abteilung gebracht werden. Dort beginnt dann der auftragsbezogene Part der Fertigung, der, Vorgaben zufolge, nicht länger als zwei Tage dauern darf. Fast 94% aller Kerne in Modulbauweise werden vernickelt. Sie können jedoch auch beispielsweise verchromt werden, sollen sie ihre ursprüngliche Farbe behalten, werden sie klarsichtlackiert, damit keine Oxidation stattfinden kann. Das Galvanisieren erfolgt in einer großen Anlage, welche gleichzeitig maximal 3200 Kerne aufnehmen kann. Der Prozess nimmt zehn Minuten in Anspruch.

Wünscht ein Kunde eine spezielle Oberflächenbehandlung, die nicht im Haus realisiert werden kann, verlängert sich der auftragsbezogene Part. Nach der Oberflächenveredlung werden die Kerne in die Fertigungsbearbeitungsabteilung transportiert. Nun werden die Schlüsselprofile in den Kern geräumt, hierfür werden die Kerne händisch in eine Maschine der Marke „Giuliani“ geladen und über Räummesser gezogen. Diese Räummesser müssen mittels zweier Schrauben auftragsbezogen getauscht werden, um das gewünschte Profil zu erreichen. Im Schnitt wird so eine Palette, also 110 Stück, innerhalb von 20 Minuten bearbeitet. Hieraus lässt sich eine Taktzeit von elf Sekunden errechnen. Die Rüstzeit von einem Profil auf ein anderes beträgt fünf bis acht Minuten. Im Anschluss daran erfolgt das Entgraten der Kerne mit einer Taktzeit von zehn Sekunden, die Rüstzeit hierbei liegt bei fünf Minuten. Das Entgraten erfolgt mit einer Vorrichtung, in die der Kern lediglich manuell eingelegt werden muss. Beide Prozessschritte werden von der gleichen Person ausgeführt und erfordern prinzipbedingt die ständige Anwesenheit eines Maschinenbedieners.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

### Wertstromdarstellung

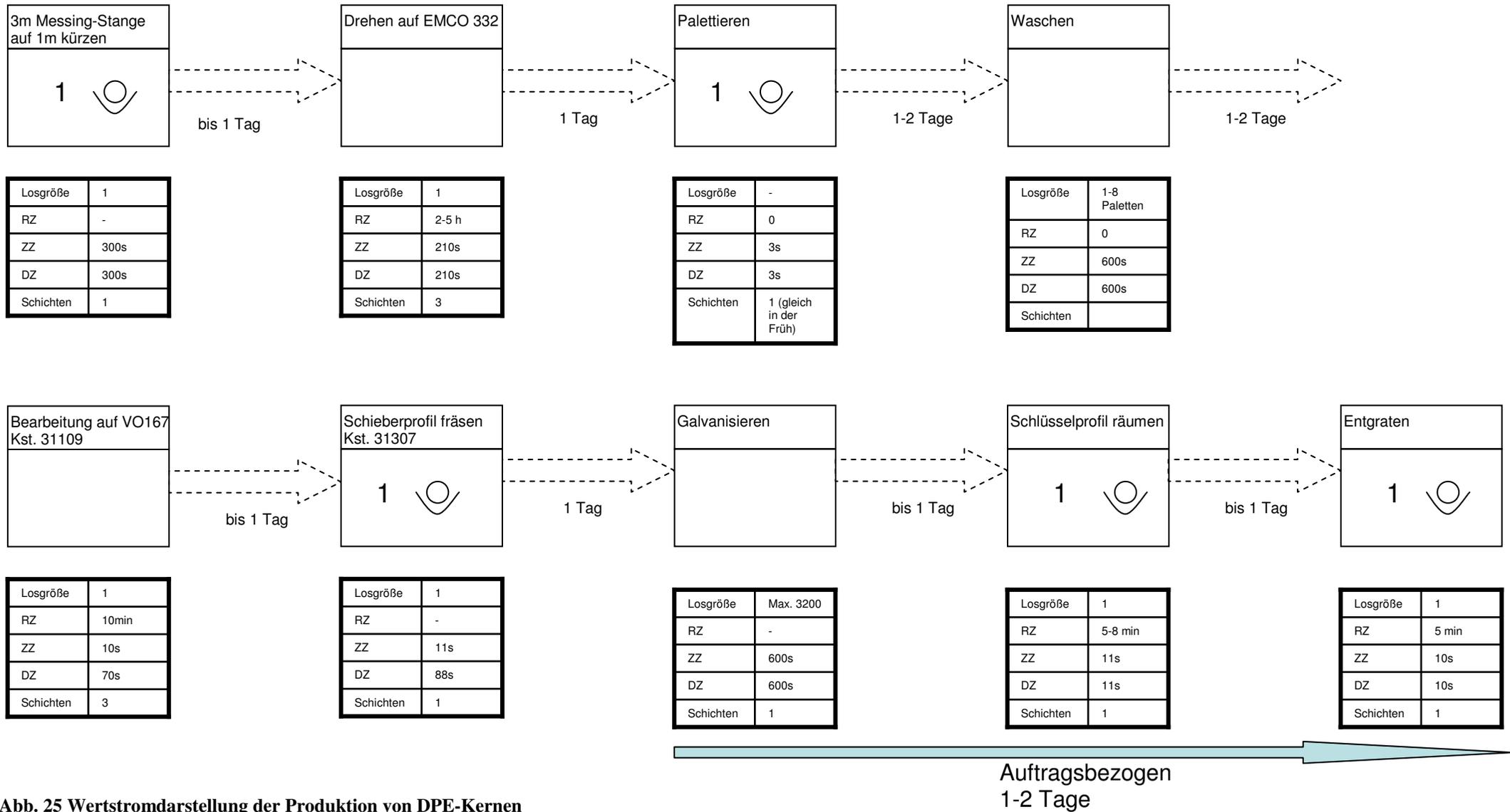


Abb. 25 Wertstromdarstellung der Produktion von DPE-Kernen

### **6.3 DPI-5 Kern – Modulbauweise**

Die Produktion eines DPI-5 Kerns in Modulbauweise ist der eines DPE Kerns weitestgehend gleich, mit dem wesentlichen Unterschied, dass die Bearbeitung in den EMCO Dreh- und Fräszentren kürzer dauert. Die Taktzeit bei der Herstellung eines Kerns liegt bei 192 Sekunden. Auch ist der Ablauf in der DPI-Kern-Fertigungsmaschine (VO167000; Kst 31109) etwas anders. Es wird bauartbedingt keine Kugel eingepresst, da bei diesem Produkt keine Schlüsselrückenabfrage installiert wird. Die Taktzeit bleibt jedoch dieselbe, da die Station, in der die Kugel eingepresst werden würde, durchfahren werden muss.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

### Wertstromdarstellung

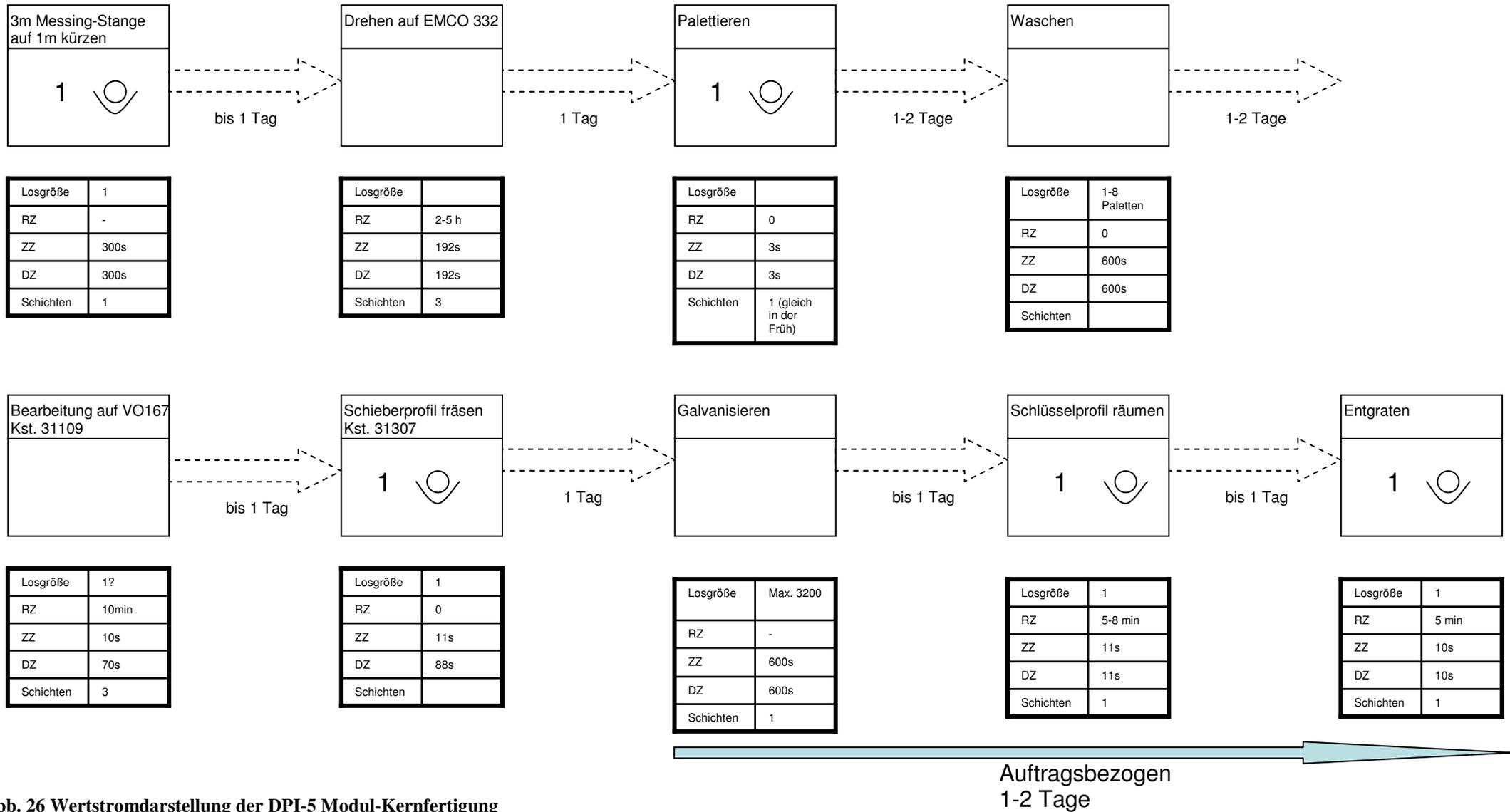


Abb. 26 Wertstromdarstellung der DPI-5 Modul-Kernfertigung

## **6.4 DUAL-Kern**

Die Bearbeitung eines DUAL-Kerns beginnt wie die von DPI-5 Modulkernen und DPE-Kernen, durch das Zuschneiden von drei Meter langen Messing- oder Neusilberstangen, auf einen Meter langen Stangen. Danach erfolgt das Abdrehen, Abstechen und Grundbearbeiten in den EMCO Dreh- und Fräszentren ähnlich wie bei den vorhin genannten Produkten. Da aber mehr und komplexere Bearbeitungsschritte erforderlich sind, dauert die Herstellung der Kernrohlinge länger. Die Taktzeit beträgt 270 Sekunden je Teil.

Jeden Morgen werden die mit KSS verunreinigten Halbzeuge durch einen Mitarbeiter in Sonderpaletten mit einem Fassungsvermögen von je 110 Stück eingeschichtet. Um eine Palette zu bestücken, werden wie bei den anderen Systemen fünf Minuten benötigt.

Nun warten die Teile in Schäferkisten zu je sechs Paletten darauf, in die Abteilung Galvanik transportiert zu werden. Dort angelangt, werden die Kerne von durch KSS verursachte Rückstände durch Waschen befreit. Der Reinigungsprozess ist bei allen Produkten gleich und kann weiter oben nachgelesen werden. Nach der Reinigung werden die Kerne wieder zu je sechs Paletten in Schäferkisten verladen und vor die Abteilung gestellt. Dort warten sie, bis sie von einem Saaldiener mittels Hubwagen zurück zur Fertigungsbearbeitungsabteilung gebracht werden.

Die ankommenden Teile werden nun zu dem Arbeitsplatz gebracht, wo im Anschluss das Schlüsselkanal-Grundprofil geräumt wird. Das Räumen des Grundprofils erfolgt in einer halbautomatischen Vorrichtung. Es werden, je nach gewünschtem Profil, mindestens drei Räumnadeln durch jeden Kern gezogen. Der Mitarbeiter steckt den zu bearbeitenden Kern auf die gewünschte Räumnadel und führt sie in die Nadelaufnahme der Vorrichtung ein. Die Vorrichtung zieht mittels Hydraulik die Räumnadel durch den Kern und wirft die Nadel danach in eine Schale aus. Der Mitarbeiter wiederholt dies so oft, bis das gewünschte Profil zur Gänze in den Kern geräumt wurde. Zu beachten ist jedoch, dass kein Zug übersprungen werden darf, da sonst die Räumnadel reißen würde. Im Falle eines Abreißen sind mögliche Verletzungen durch umher fliegende Teile nicht ausgeschlossen, zudem ist eine solche Räumnadel aufgrund der hochfesten Materialien, der hohen geforderten Präzision und der komplizierten Bearbeitung sehr teuer. Das Profilräumen einer Palette Kerne dauert 50

Minuten. Bearbeitete Kerne werden als Bestand zum nächstfolgenden Prozess gestellt. Etwa zwei Tage nach der Profilräumung wird das Querräumen begonnen. Hierbei werden in den Kern Kanäle für die Sperrstifte geräumt. Die Bearbeitung erfolgt durch eine semiautomatische Maschine mit zwei Stationen. Ein Mitarbeiter legt Kern für Kern in die Maschine ein, mittels Hydraulik werden nun Räumnadeln durch die Sperrstiftkanäle gezogen. Weil der Materialabtrag für einen Durchgang zu groß wäre, wird der Kern weitergetaktet in den nächsten Zug, wo nun in einem zweiten Durchgang die Räumung vollendet wird. Der bearbeitete Kern wird ausgeworfen und vom Maschinenbediener in einer Sonderpalette abgelegt. Die Bearbeitung von 110 Stück, also einer Sonderpalette, dauert 22 Minuten, dies entspricht einer Taktzeit von zwölf Sekunden.

Die fertig bearbeiteten Paletten warten nun etwa drei Tage lang, bis sie von einem Saaldiener zur Galvanik-Abteilung transportiert werden. Nun beginnt der auftragsbezogene Part der Fertigung. In der Galvanik wird, je nach Kundenwunsch, die Oberfläche der Kerne veredelt. Die meisten Kerne werden vernickelt ausgeliefert. Vernickelte Oberflächen können in der hauseigenen Galvanisierungsanlage erzeugt werden. Fordert ein Kunde jedoch eine andere Behandlung, so wird diese außer Haus realisiert, allerdings nicht innerhalb der sonst geforderten Individualisierungszeit von maximal zwei Tagen. Das Galvanisieren erfolgt bei allen Typen auf die gleiche Weise, näheres über diesen Prozess ist bei der Beschreibung der DPE Kernfertigung nachgelesen werden.

Nach der Oberflächenveredelung in der Galvanik-Abteilung warten die Kerne etwa einen Tag lang, bis sie von einem Saaldiener in die Fertigungsbearbeitungsabteilung gefahren werden. Dort angelangt, werden auftragsbezogen die Schlüsselprofile geräumt. Hierbei wird wieder die Vorrichtung verwendet, auf der auch das Grundprofil geräumt wird. Es wird nun von einem Mitarbeiter der Kern auf eine Räumnadel gesteckt und in die dafür vorgesehene Aufnahme gefädelt, danach löst der Hydraulikzylinder aus und zieht die Räumnadel durch den Kern. Es werden nacheinander so viele Räumnadeln durch den Kern gezogen, bis die geforderte, auftragspezifische Schlüsselprofilräumung entstanden ist. Hier gilt es ebenso die Reihenfolge der einzelnen Züge genau einzuhalten. Die Folge des Nichteinhaltens wäre ein potentiell Abreißen der Räumnadel verbunden mit Verletzungsgefahr für den Maschinenbediener und ein nicht unerheblicher finanzieller Schaden, verursacht durch die Herstellung einer neuen Räumnadel. Reißt dennoch eine Räumnadel, beispielsweise dadurch, dass sie nicht früh genug

nachgeschliffen wurde, oder ein Bedienfehler vorlag, wird diese so schnell als möglich gegen eine neue ersetzt. Wie lange das Schlüsselprofilräumen dauert, hängt im Wesentlichen von dem gewünschten Profil ab, woraus sich die Zahl der benötigten Züge ergibt. Deshalb kann nur eine Durchschnittsdauer von 27 Sekunden angegeben werden.

Nachdem das Schlüsselprofil in den Kern geräumt wurde, muss dieser noch entgratet werden, damit ein komplikationsloser Zusammenbau und Betrieb gewährleistet ist. Das Entgraten geschieht in einer Vorrichtung, die händisches Einlegen erfordert. Für das Entgraten eines Kerns werden sechs Sekunden benötigt, dies geschieht direkt im Anschluss an das Schlüsselprofilräumen. Es kann eine Wartezeit von etwa einer Stunde angenommen werden, da das Entgraten von der selben Person ausgeführt wird, die zuvor die Schlüsselprofile in die Kerne geräumt hat. Nachdem die Kernbearbeitung damit abgeschlossen wurde, warten diese nur noch darauf, montiert zu werden.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

### Wertstromdarstellung

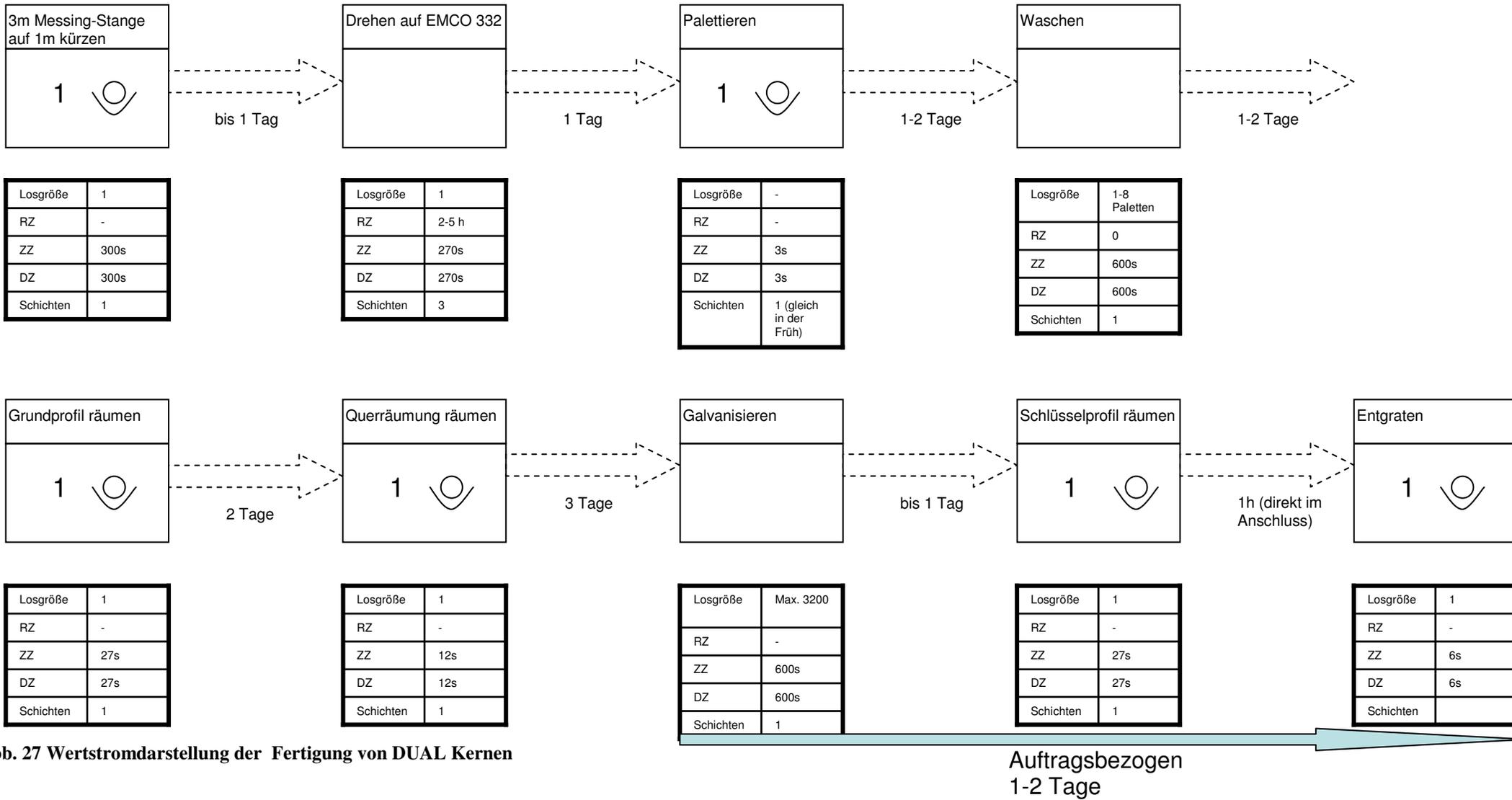


Abb. 27 Wertstromdarstellung der Fertigung von DUAL Kernen

## 7 Zukünftige Produktionssituation

EVVA möchte seinen Maschinenpark modernisieren, da teilweise noch sehr alte Maschinen in Schlüsselpositionen ihren Dienst versehen. Die betagten Produktionsanlagen sind natürlich serviceanfälliger, schwieriger zu rüsten, außerdem können neue Produkte auf vielen dieser Maschinen nicht gefertigt werden. Zwischen einzelnen Bearbeitungsschritten sind immer wieder teilweise große Bestände nötig, da die Zuverlässigkeit mancher Produktionsanlagen zu wünschen übrig lässt.

Im Rahmen der Modernisierung wird die Chance ergriffen, die Produktion schlanker zu gestalten. So soll hohe Flexibilität gegeben sein, um auch zukünftige Produkte problemlos fertigen zu können. Ziel ist es, auf Kundenwünsche schnell reagieren zu können, Kundenaufträge innerhalb von 48 Stunden zu erfüllen und zwar bei minimalen Durchlaufzeiten und minimalem Lager. EVVA liefert zwar schon heute mechanische Schließanlagen mit bis zu 20 Zylindern innerhalb von 48 Stunden, um dies zu bewerkstelligen sind aber große Lager nötig.

Wie bereits dargelegt, findet die Individualisierung auf den jeweiligen Kunden produktbedingt relativ früh statt. Die Ausprägung dieser Individualisierung ist stark abhängig vom jeweiligen Produkt. Die kundenindividuelle Fertigung eines 3KS Zylinderschlusses erfolgt eigentlich erst bei der Montage, obwohl sie theoretisch bereits vor der Oberflächenbehandlung beginnt. Bedingt wird dies durch die Tatsache, dass beinahe 95% aller 3KS Zylinderschlösser in vernickelter Ausführung verkauft werden und es aufgrund der Bauart lediglich drei gängige Profile gibt und vier weitere Sonderprofile, die für spezielle und damit auch seltene Anforderungen verbaut werden.

Derzeit liegt die Soll-Lagerreichweite über alle Produkte und Lagerstufen hinweg bei vier Monaten, die Ist-Lagerreichweite aber bei über fünf Monaten. In Zukunft soll diese deutlich unter vier Monaten liegen.

Allgemein lässt sich sagen, dass in Zukunft versucht wird, den Kühlschmierstoffverbrauch zu senken um dadurch Kosten zu sparen, die Mitarbeitergesundheit zu sichern und um durch umweltbewussteres Produzieren die Produkte von denen der Konkurrenz abzuheben.

Natürlich kann es nicht das einzige Ziel sein, umweltgerechter zu produzieren. Aber wenn sich die Möglichkeit bietet günstiger und flexibler zu produzieren und dabei außerdem noch die Umwelt zu schonen, dann muss dem auch nachgegangen werden. Im Folgenden werden Möglichkeiten aufgezeigt, wie dies umgesetzt werden kann.

## **Kernproduktion**

Es gibt viele Möglichkeiten, die Kernproduktion effizienter zu gestalten und von den eben beschriebenen Verfahren im Fall der Modulkernproduktion und die Herstellung von Kernen in Kompaktbauweise von der Herstellung wegzubringen. Die Produktion von Zylinderkernen in Kompaktbauweise erfolgt über viele Maschinen, räumlich zerklüftet, auf älteren Rundtaktmaschinen unter hohem KSS-Einsatz, wobei Kernrohlinge in einer eigenen Maschine von der Stange gedreht werden müssen.

Bis auf eine Ausnahme gibt es keine Serienmaschine zu kaufen, die für diese Aufgabe geeignet scheint, deshalb bleibt nur die Lösung durch eine Sondermaschine oder eine angepasste Maschine. Die Möglichkeit eine Serienmaschine für den Produktionseinsatz heranzuziehen, liegt in der Verwendung von CNC-Dreh-Fräszentren, wie etwa der EMCO turn 332. Es gibt nicht viele Hersteller, die sich auf Konstruktion und Bau von Maschinen für die Schlossindustrie spezialisiert haben. Der Kreis an Interessenten solcher Maschinen ist sehr klein und dreht sich vor allem um die Schloss- und Waffenindustrie und Hersteller von beispielsweise Kraftstoffeinspritzdüsen. Gibt man den Bau einer Sondermaschine zur Produktion von Kernen in Auftrag, wird eine bereits für einen ähnlichen Auftrag entwickelte Maschine modifiziert, sodass sie den gestellten Aufgaben gewachsen ist. Durch diese Vorgangsweise ist es nicht möglich sich von Herstellungsseite grundlegend vom Mitbewerber abzuheben. Es bietet sich ebenso keine Möglichkeit durch eine fortschrittlichere Produktionstechnologie neuartige Produkte herzustellen, die mit bisherigen Technologien nicht, oder nur unter größtem Aufwand zu fertigen wären. Gibt es noch keine Maschine für derartige Aufgaben, so wird eine Lösung vom gewählten Maschinenbauunternehmen entwickelt. Es wird nicht nach einer für den Auftraggeber optimalen Lösung gesucht, sondern nach einer, die sich in der Branche gut verkaufen lässt, somit können lediglich Kompromisse erreicht werden. Nach der Fertigstellung einer solchen Maschine werden der Auftraggeber und potentielle Interessenten, einschließlich Konkurrenten des Auftraggebers, zur Präsentation dieser Maschine eingeladen. Bei dieser Vorführung haben Unternehmen die

Chance sich über Details zu informieren und eine, für das eigene Unternehmen individualisierte Version dieser Maschine in Auftrag zu geben. Durch solches Vorgehen und den Verkauf an Konkurrenten besteht die Gefahr des allseits gefürchteten Know-how Transfers. Verstärkt wird dieses Risiko durch den engen Kreis der Interessenten. Dies soll während der finanziellen Bewertung über Zukauf oder Eigenbau im Hinterkopf behalten werden, weil diese Gefahr in den reinen Zahlenwerten nicht berücksichtigt wird.

Nachfolgend ist ein Auszug aus dem Lastenheft der EVVA-Betriebsleitung zu sehen, in dem dezidiert eine Trocken- bzw. Quasitrockenbearbeitung gefordert wird. Ebenso wird eine CNC-Steuerung verlangt, um maximale Flexibilität bei der Produktion zu erreichen. Um die Herstellung von Kernen einer Fließfertigung näher zu bringen, sollen möglichst viele Bearbeitungsprozesse direkt hintereinander gereiht sein um somit eine Bildung von Zwischenbeständen zu verhindern.

Auszug aus dem Lastenheft der EVVA-Betriebsleitung:

- Kernbearbeitung laut Teilespektrum mit maximaler Kernlänge von 41,2 mm
- Bearbeitung von der Stange (3m)
- Werkstückwerkstoff: Messing und Neusilber
- Taktzeit für einfachstes Produkt (Stiftzylinder-Kern) soll 8s
- Taktzeit für komplexestes Produkt (DUAL-Kern) soll 20s
- Auslegung auf mannlose 3. Schicht
- Bearbeitungen basierend auf dem neuesten Stand der Technik (HSC,...)
- Alle Bewegungen CNC-gesteuert, maximale Flexibilität
- Alle notwendigen Dreh-, Bohr- und Fräsoperationen müssen durchgeführt werden
- Vollautomatisches Entnehmen der Teile (Option)
- Trockenbearbeitung oder Minimalmengen Kühlschmierung (MMKS)
- Verwendung von Innengekühlten Werkzeugen (6 bar Blasluft durch die Spindel)
- Werkzeugbruchkontrolle
- Betriebsdatenerfassung

Wie aus dem Lastenheft ersichtlich, sind die Vorgaben sehr hart und fordern modernste Fertigungstechnologien. Trotzdem soll das nicht daran hindern konventionelle

Bearbeitungsverfahren zu berücksichtigen und in den Vergleich mit einzubeziehen, ist doch die für das Unternehmen günstigste und sinnvollste Lösung zu ermitteln.

### **7.1 Vergleich möglicher Bearbeitungslösungen**

Nachfolgend werden einige mögliche Lösungen für die Kernfertigung verglichen. Um die Fertigung wirtschaftlicher zu gestalten, werden möglichst viele Bearbeitungsschritte unmittelbar hintereinander im Sinne einer Fließfertigung stattfinden. Nun gilt es eine solche Maschine auszuwählen. Sie nimmt eine zentrale Rolle in der Kernfertigung ein und gibt die Randprozesse vor. Bei jeder der sechs zur Wahl stehenden Lösungen soll mit einer Detailbetrachtung begonnen werden, in der auf die Arbeitsweise und diverse interessante technische Daten eingegangen wird. Danach werden die Anschaffungskosten bestimmt und die Betriebskosten berechnet, wobei sowohl variable als auch fixe Kosten errechnet werden. Die Kostenrechnung soll hier soweit führen, dass zusätzlich nötige Prozesse berücksichtigt werden. Deren Kostenfunktionen werden, sofern dies relevant ist, hergeleitet oder einfach angegeben. Nicht in die Berechnung fließen Kosten jener Prozesse, die bei allen Lösungsmöglichkeiten anfallen würden. Dadurch werden die Prozesskosten in der Kernproduktion des Unternehmens EVVA für Außenstehende einfacher überschaubar und für Mitarbeiter konkurrierender Unternehmen verschwommener dargestellt. Damit bei Ausschreibungen kein Wettbewerbsnachteil besteht, darf diese Arbeit oder Teile daraus, aus welchen Gründen auch immer, nicht vor Ende der Sperrzeit an die Öffentlichkeit gelangen. Es werden also nur jene Kostenfunktionen errechnet, die für einen Vergleich der einzelnen Kernproduktionsmöglichkeiten nötig sind. Im Anschluss an die Betrachtung der einzelnen Lösungen, werden diese verglichen und ein Resümee gezogen.

### **7.2 EMCO turn 332**

Bisher wurden Kerne unter anderem auf EMCO turn 332 Drehzentren hergestellt. Da nun auch Kerne anderer Systeme mit der gleichen Bearbeitungsmaschine produziert werden sollen und die Taktzeiten laut Lastenheft gesenkt werden müssen, liegt der Schluss nahe, dass dies nur über eine größere Anzahl dieser Maschine realisierbar ist.

## **Detailbetrachtung**

Bei der Maschine EMCO turn 332 handelt es sich um ein modular aufgebautes, kompaktes Drehzentrum, welches großserientauglich und CNC gesteuert ist. Laut Hersteller ist die Maschinenverkleidung sogar absolut kühlenschmiermitteldicht<sup>63</sup>, wodurch die Gefahr für den Maschinenbediener sinkt, mit dem Kühlschmierstoff in Hautkontakt zu treten und dadurch hervorgerufene Hautreizungen bzw. -krankheiten zu bekommen. Obwohl dieser Maschinentyp werksseitig auf Flexibilität und weniger auf Geschwindigkeit ausgelegt ist, muss mit Rüstzeiten von zwei bis fünf Stunden gerechnet werden, wobei das reine Laden des CNC-Programms lediglich einen Bruchteil der Zeit ausmacht. Die Dauer des Rüstens hängt davon ab, von welchem Produkt auf welches andere umgestellt werden soll. Die hohen Zeiten entspringen dem großen Aufwand für Feineinstellungen, besonders aber der Notwendigkeit der Verwendung außermittiger Werkzeuge und Sonderspannmitteln, die für die einzelnen Systeme konstruktionsbedingt getauscht werden müssen. Aufgrund der hohen Taktzeiten ist es notwendig, mehrere EMCO turn 332 einzusetzen, die nötige Anzahl wird etwas später ermittelt. Für diese Anwendung muss jede EMCO um Stangenlader und Späneförderer erweitert werden, welche als Sonderzubehör erhältlich sind. Nebenbei soll an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Informationen zur Fertigung mit EMCO turn 332 Maschinen auf jahrelanger Erfahrung beruhen. Es sind vier CNC-Drehzentren dieses Typs seit dem Jahr 2000 in Teilbereichen dieser Aufgaben im Einsatz.

Die Aufstellfläche der EMCO turn 332 beträgt ohne Späneförderer und Stangenlader knapp über fünf Quadratmeter. Besagte Stangenlader sind in verschiedenen Längen erhältlich, wobei das größte Format für Stangenlängen von knapp über drei Meter aus Platzgründen für diese Anwendung nicht gewählt wird. Die bereits im Haus im Einsatz stehenden derartigen Drehzentren besitzen Stangenlader für Stangenlängen von einem Meter. Messing- und Neusilberstangen werden nur in drei Meter Länge geliefert, aus diesem Grund müssen vor der Weiterverarbeitung die Stangen gekürzt werden. Die Möglichkeit Stangen in einer Länge von einem Meter zu beziehen besteht natürlich, ist aber unwirtschaftlich, wie bereits werksintern mehrfach überprüft wurde. Aus diesem Grund soll hierauf nicht näher eingegangen werden. Derartige Maschinen für drei Meter Stangenlänge nehmen über 16 Quadratmeter an Fläche

---

<sup>63</sup> Vgl. [http://www.emco.at/Marketing/Emcoturn/Emcoturn\\_332MC/Emcoturn332MC\\_%20DE.pdf](http://www.emco.at/Marketing/Emcoturn/Emcoturn_332MC/Emcoturn332MC_%20DE.pdf) (17.09.2008)

ein, schlägt man noch etwa 15 Prozent als Arbeitsbereich auf, nimmt eine einzige Maschine beinahe 19 Quadratmeter ein. Bei Verwendung eines Stangenladers, der einen Meter lange Stangen aufzunehmen vermag, liegt die Aufstellfläche inklusive Arbeitsbereich bei zwölf Quadratmetern. Die Leistung der Hauptspindel beträgt 13 Kilowatt und die der Gegenspindel zehn Kilowatt<sup>64</sup>. Die Hauptspindel ist jene Spindel, durch die die Stange geladen wird, während die Gegenspindel das Werkstück zur Bearbeitung der zweiten Seite übernimmt. Eine kühlenschmierstofffreie Bearbeitung ist mit einer EMCO turn 332 nicht möglich, hauptsächlich bedingt durch die viel zu niedrige maximal verfügbare Drehzahlen, wenngleich das Maschinenkonzept dafür geeignet wäre.

In folgender Tabelle sind einige wichtige technischen Daten zusammengefasst.

Leistung Hauptspindel	13 kW
Leistung Gegenspindel	10 kW
Aufstellfläche (ohne Zubehör)	5,2 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich, Stangenlader und Späneförderer)	12 m <sup>2</sup>
Preis	200.000 €

**Abb. 28 einige relevante technische Daten einer EMCO turn 332 mit 1m-Stangenlader und Späneförderer**

---

<sup>64</sup> Vgl. ebenda



Abb. 29 EMCO turn 332 ohne Späneförderer und Stangenlader<sup>65</sup>

Nun sollen die Anschaffungskosten bestimmt werden, die dem Lastenheft bezüglich der Taktzeit entsprechen. Zum einen ist das Fertigen auf solchen Maschinen kühlenschmierstoffintensiv, zum anderen ist es zu langsam, das heißt die Taktzeiten der einzelnen Maschinen ist zu hoch für stückzahlintensives Herstellen von Gleichteilen. Der einzige Weg, die Taktzeit dieser Lösung zu senken liegt darin, für die Herstellung von Kernen mehrere derartige Maschinen anzuschaffen. In nachfolgender Tabelle ist zu sehen, wie viele dieser CNC-Dreh-Fräszentren ungeachtet der hohen Rüstzeiten nötig wären um deren hohe Taktzeiten auszugleichen.

System	Taktzeit	Taktzeit soll	Nötige Anzahl an EMCO turn 332
DPE	210s	≤20s	11
DPI5 (modulbauweise)	192s	≤20s	10
DUAL	270s	20s	14
GPI	108s	8s	14

Abb. 30 Bestimmung der Anzahl an EMCO turn 332 Maschinen zur Kernproduktion

<sup>65</sup> Abbildung: [http://www.intos.cz/de/vyrobek.php?id\\_vyr=30&id\\_kat=5](http://www.intos.cz/de/vyrobek.php?id_vyr=30&id_kat=5) (12.12.2008)

Wie aus obiger Tabelle entnommen werden kann, müssen 14 dieser besagten Maschinen angeschafft werden, da sonst die im Lastenheft vorgegebenen Taktzeiten nicht eingehalten werden können. Die Produktion von DPE-Kernen, beispielsweise, darf laut Lastenheft bis zu 20 Sekunden dauern, weshalb mindestens elf Stück EMCO turn 332 angeschafft werden müssen. Berücksichtigt man nun, dass für Kerne der Systeme DUAL und GPI konkrete Taktzeiten vorgegeben sind, muss die Orientierung an ebendiesen Kernen erfolgen. In dieser Betrachtung wird allerdings nicht auf Rüstvorgänge eingegangen, diese sollen erst etwas später in die Berechnung einfließen.

In der nachfolgenden Tabelle sehen wir, dass mit der eben bestimmten Anzahl an EMCO turn 332 CNC-Drehzentren eine Taktzeit erreicht wird, die auch der Vorgabe im Lastenheft entspricht.

<b>System</b>	<b>Taktzeit</b>
DPE	15s
DPI5 (modulbauweise)	14s
DUAL	20s
GPI	8s

**Abb. 31 Erreichbare Taktzeit bei Kernproduktion mittels 14 EMCO turn 332 Maschinen**

Der Kauf von 14 EMCO turn 332 inklusive Späneförderer und Stangenlader für einen Meter Stangenlänge zu je 200.000 Euro schlägt mit insgesamt 2.800.000 Euro zu Buche.

Der Produktionsprozesse mittels EMCO turn 332 müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt aussehen. Im Falle dieser Lösung ändert sich von Prozessseite wenig im Vergleich zu heute, lediglich die Bearbeitungszeiten würden sich reduzieren. Zu beachten ist, dass immer wieder Pausen zwischen den einzelnen Prozessschritten den Fluss unterbrechen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

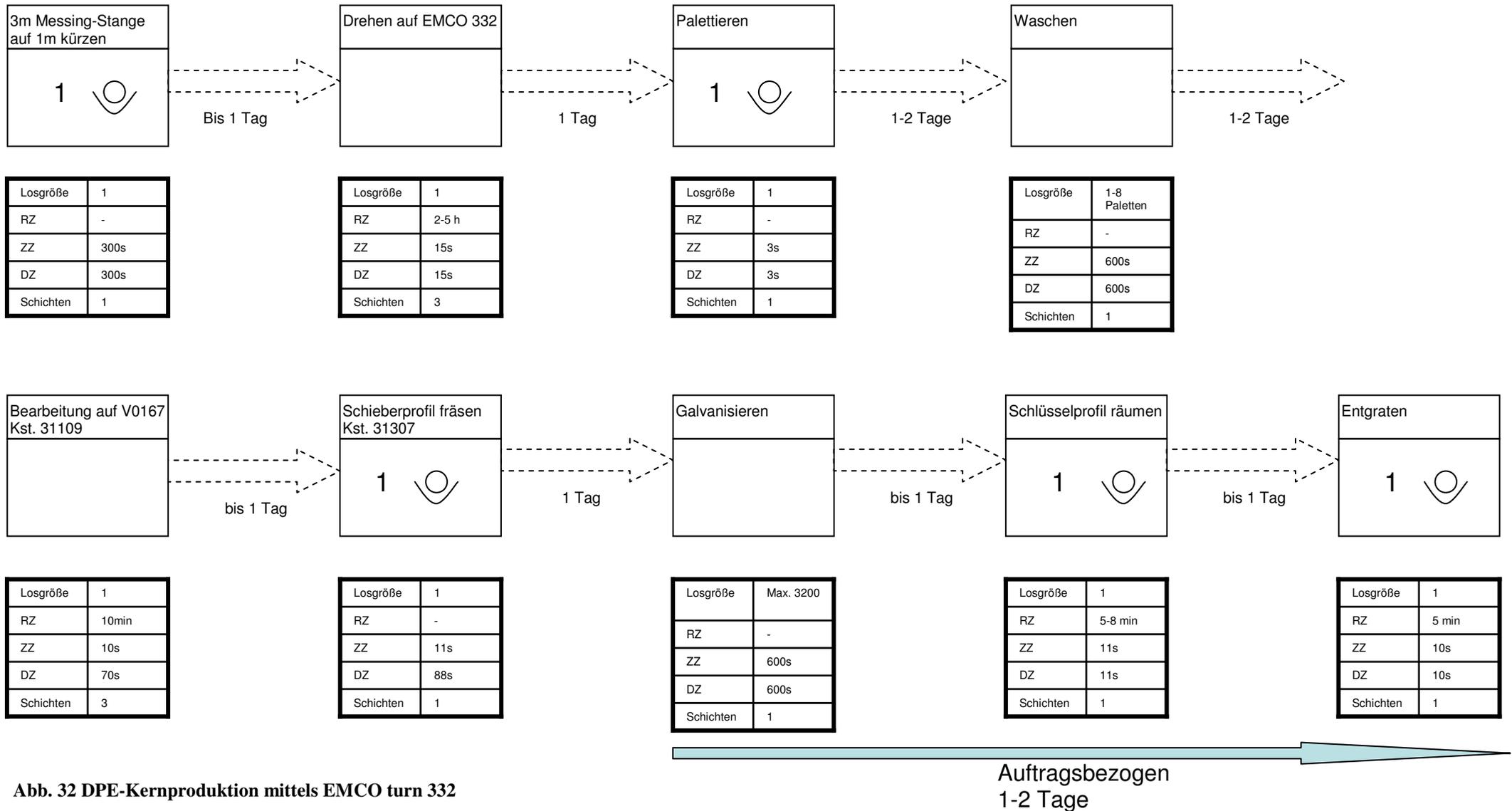


Abb. 32 DPE-Kernproduktion mittels EMCO turn 332

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

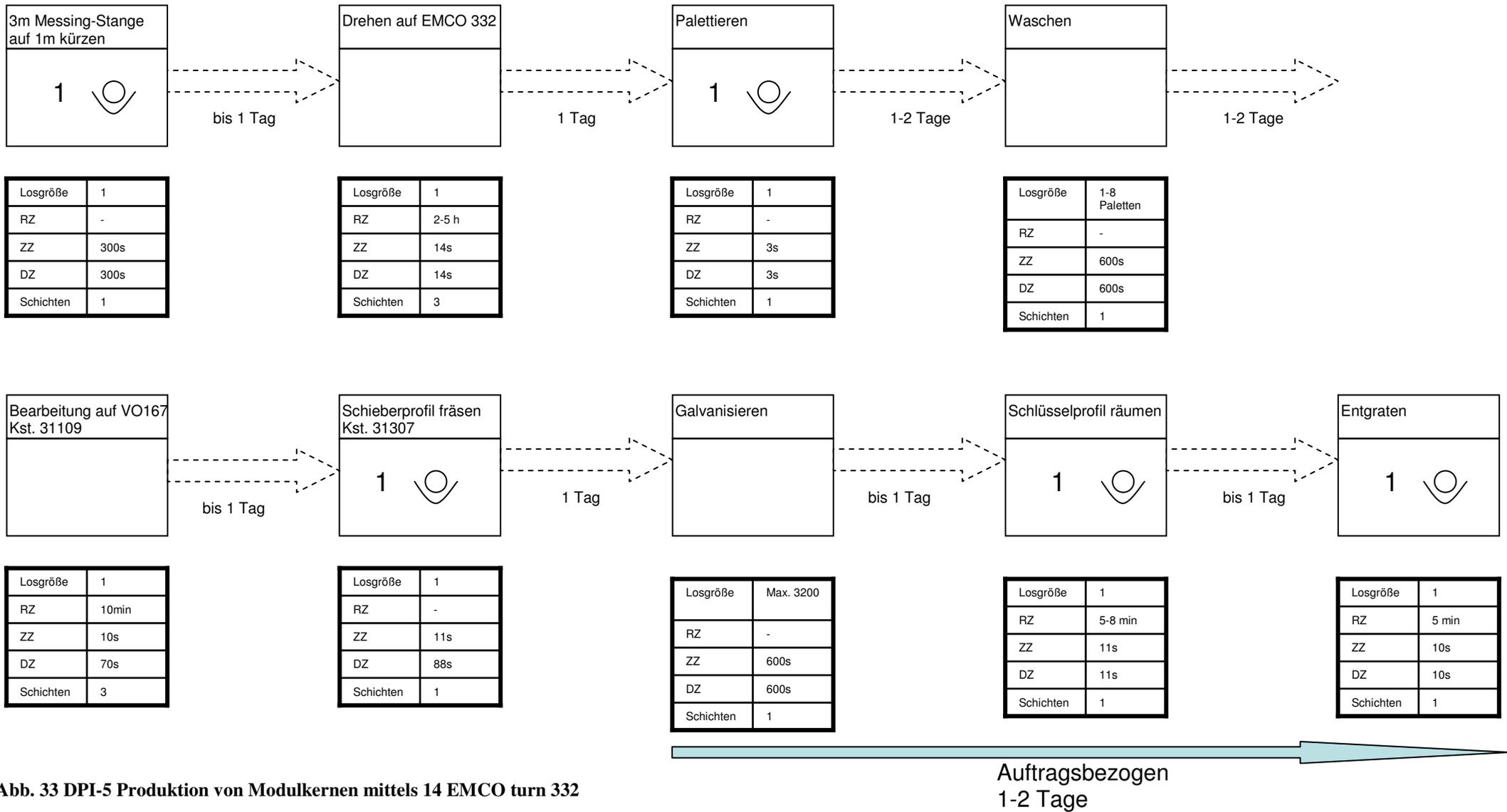


Abb. 33 DPI-5 Produktion von Modulkernen mittels 14 EMCO turn 332

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

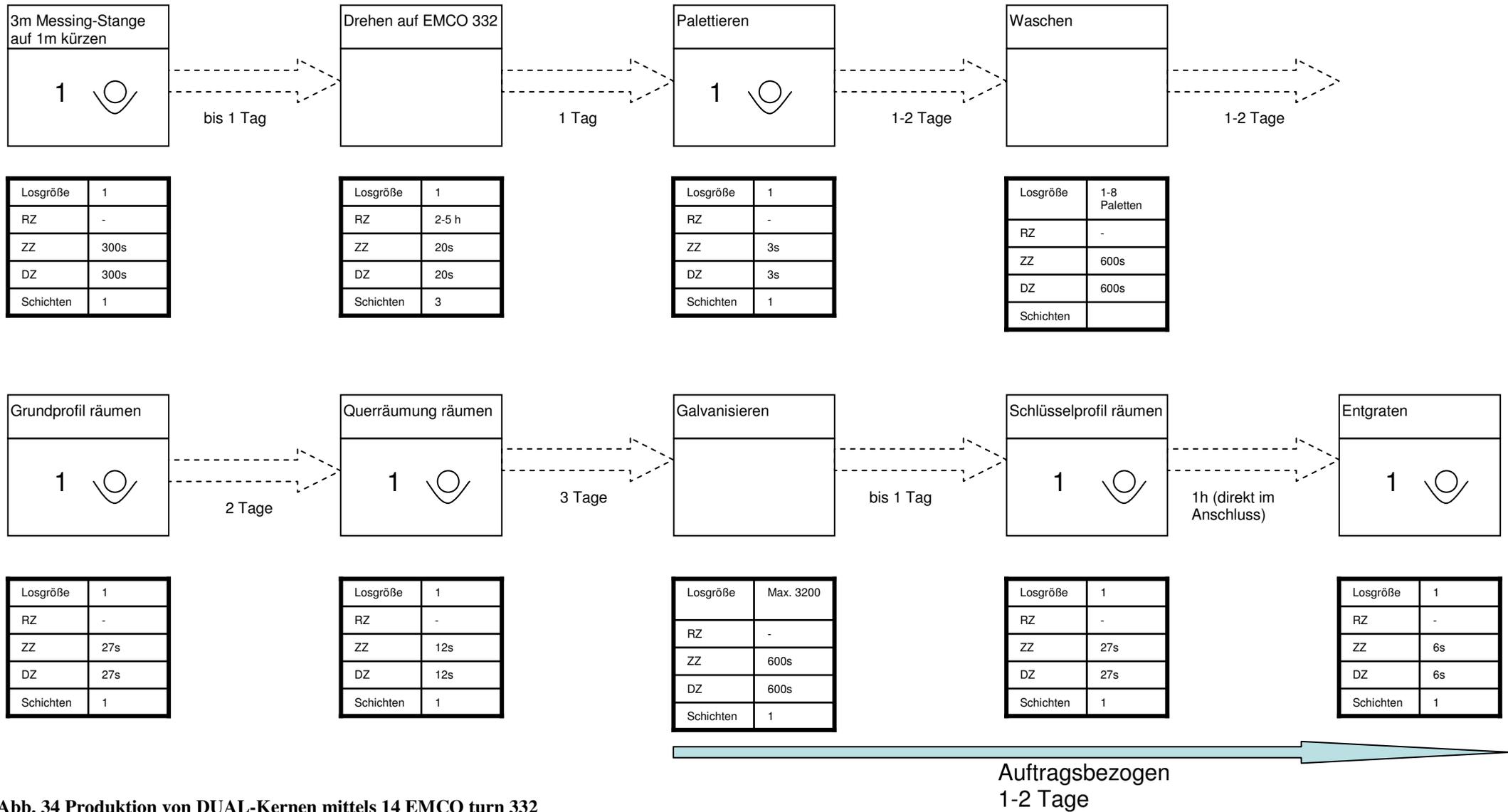


Abb. 34 Produktion von DUAL-Kernen mittels 14 EMCO turn 332

Im Anschluss werden Daten zur Ermittlung der fixen und variablen Kosten zu den einzelnen Prozessschritten ermittelt. Somit können später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend für alle am System DPE.

Es sollen jeweils in einem kurzen Text einzelne Werte erklärt werden. Im Anschluss daran werden eventuelle Rechnungen dargestellt und wichtige Werte extra aufgeführt.

Wie bereits zuvor erwähnt, liegt der Preis einer EMCO turn 332 inklusive Stangenlader für einen Meter lange Stangen und Späneförderer bei etwa 200.000 Euro je Stück, unter Berücksichtigung der Konditionen des Unternehmens EVVA. Es werden nun 14 Stück dieser Maschinen benötigt, woraus Anschaffungskosten von 2.800.000 Euro entstehen.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 200.000\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 14$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 2.800.000\text{€}$$

$$\text{Wiederbesc haffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 2.800.000\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 2.800.000\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

In Absprache mit der Betriebsleitung nehmen wir einen Nutzungsgrad von 90 Prozent an, dies führt zu einer Jahreseinsatzzeit von 5400 Stunden. Als Nutzungsdauer nehmen wir 5 Jahre an.

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Aus der Wertstromdarstellung der Produktion von DPE-Kernen entnehmen wir eine benötigte Taktzeit von 15 Sekunden.

$$\text{Taktzeit}_{EMCO\text{einzel}}^{DPE} = 210s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 14$$

$$\text{Taktzeit}_{EMCO}^{DPE} = \frac{\text{Taktzeit}_{EMCO\text{einzel}}^{DPE}}{\text{Maschinenanzahl}} = 15s$$

Laut Betriebsleitung veranschlagen wir die Nutzungsdauer mit 5 Jahren, somit soll die Investition über 5 Jahre abgeschrieben werden.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt laut Auskunft seitens der Betriebsleitung sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Der Flächenbedarf einer einzelnen EMCO inklusive Stangenlader für einen Meter lange Stangen und Späneförderer mit Späneauffangbehälter wird mit zwölf Quadratmetern angenommen. Diese Stellfläche ist nötig, damit der Zugang zu relevanten Maschinenbereichen gewährleistet ist. Bereits berücksichtigt wurde die Tatsache, dass nicht der gesamte Serviceraum ständig benötigt wird. Deshalb wird in dieser Betrachtung je Maschine ein kleinerer Platzbedarf angenommen als man für das Aufstellen einer einzelnen Maschine annehmen würde.

$$\text{Platzbedarf}_{EMCO\text{einzel}} = 12m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{EMCO} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{EMCO\text{einzel}} = 14 \times 12m^2 = 168m^2$$

Aus der Betriebskostenrechnung entnehmen wir einen jährlichen Miet- und Heizungskostensatz von 104,6 Euro je Quadratmeter.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times m^2}$$

Messungen ergaben für eine einzelne EMCO turn 332 eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 41 Kilowatt.

$$\sum_{i=1}^m \frac{\text{Leistungsaufnahme}_i}{\text{Messvorgangszahl}} = 41kW$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \sum_{i=1}^m \frac{\text{Leistungsaufnahme}_i}{\text{Messvorgangszahl}} \times \text{Maschinenanzahl} = 574kW$$

$$i = 1, \dots, m$$

$$i \dots \text{Messvorgang}$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{kWh}$$

In Anlehnung an Berechnungen seitens der Betriebsleitung, übernehmen wir einen angenommenen Instandhaltungskostensatz von zwei Prozent der Wiederbeschaffungskosten der Maschinen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2\%$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Personalkosten für einen Arbeiter liegen inklusive Lohnnebenkosten zwischen 25 und 30 Euro je Stunde. Nun nehmen wir der Einfachheit halber den Mittelwert zur Berechnung heran.

$$Personalkosten_{Arbeiter}^{\max} = 30 \frac{\text{€}}{h}$$

$$Personalkosten_{Arbeiter}^{\min} = 25 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\frac{Personalkosten_{Arbeiter}^{\max} + Personalkosten_{Arbeiter}^{\min}}{2} = Personalkosten_{Arbeiter}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{h} + 25 \frac{\text{€}}{h}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Ein Maschinenbediener ist in der Lage, etwa 3,5 EMCO turn 332 betreuen, bei 14 Maschinen ergibt sich daraus ein Gesamtbedarf von vier Maschinenbedienern.

$$Betreuungsverhältnis = \frac{3,5 EMCO \text{ turn } 332}{1 \text{ Maschinenbediener}}$$

$$\frac{\text{Maschinenanzahl}}{Betreuungsverhältnis} = \frac{14 EMCO \text{ turn } 332}{\left( \frac{3,5 EMCO \text{ turn } 332}{1 \text{ Maschinenbediener}} \right)} = 4 \text{ Maschinenbediener}$$

$$Personalbedarf_{EMCO}^{\text{Maschinenbediener}} = 4$$

Es empfiehlt sich laut der Betriebsleitung, den Stundenlohn eines Maschineneinstellers inklusive Lohnnebenkosten mit einem Drittel über jenen der Arbeiter des gleichen Betriebes anzunehmen. Dies führt nun auf Personalkosten von rund 36,7€ je Stunde und Maschineneinsteller.

$$Personalkosten_{Einsteller}^{\text{mittel}} = Personalkosten_{Arbeiter}^{\text{mittel}} \times \frac{4}{3}$$

$$Personalkosten_{Einsteller}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{h}$$

Der Vollständigkeit wegen, wird nochmals die mittlere Rüstzeit einer EMCO turn 332 angeführt, sie beträgt dreieinhalb Stunden. Die Rüstzeit ist stark davon abhängig von welchem Produkt auf welches umgestellt werden soll.

$$Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\max} = 5h$$

$$Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\min} = 2h$$

$$Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\text{mittel}} = \frac{Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\max} + Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\min}}{2}$$

$$Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\text{mittel}} = \frac{5h + 2h}{2} = 3,5h$$

Das Rüsten von 14 Maschinen der besagten Type erfordert 49 Stunden. In Absprache mit dem Bereich Materialwirtschaft soll der Umrüstvorgang dieses EMCO-Maschinenparks innerhalb einer Schicht abgeschlossen sein, daher sind sechs Maschineneinsteller in den Prozess des Umrüstens einzubinden. An dieser Stelle wird bewusst nicht aufgerundet, um wegen kleiner Abweichungen von der Sollzeit keinen siebten Maschineneinsteller einbinden zu müssen. Dies soll den Betrieb anderer produzierender Abteilungen gewährleisten.

$$Rüstzeit_{EMCO}^{\text{mittel}} = \text{Maschinenanzahl} \times Rüstzeit_{EMCOeinzel}^{\text{mittel}}$$

$$Rüstzeit_{EMCO}^{\text{mittel}} = 14 \times 3,5h = 49h$$

$$\text{Schichtarbeitszeit} = 8h$$

$$\text{Personalbedarf}_{EMCO}^{\text{Rüsten}} = \frac{Rüstzeit_{EMCO}^{\text{mittel}}}{\text{Schichtarbeitszeit}}$$

$$\text{Personalbedarf}_{EMCO}^{\text{Rüsten}} = \frac{49h}{8h} = 6,125 \approx 6$$

Aufgrund der hohen Rüstzeiten und den damit verbundenen Kosten vertritt der Bereich Materialwirtschaft die Meinung, dass ein Umrüsten von einem System auf ein anderes lediglich einmal pro Quartal erfolgen darf. Es soll nicht näher auf diese Problematik eingegangen werden.

$$\text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}} = 4$$

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer EMCO turn 332 Maschine belaufen sich auf neun Euro. Dieser Wert errechnet sich aus den Personalkosten des Abteilungsleiters, die anteilmäßig auf eine dieser Maschinen fallen und den Kosten der Betriebsleitung je

Maschine. Dieser Zahlenwert für eine Maschine ist ein tatsächlicher Wert, der aus den Berechnungen der Betriebsleitung entnommen wurde. Wie sich dieser im Detail errechnet kann hier nicht näher erläutert werden, da daraus ein Rückschluss auf den Verdienst des Abteilungsleiters und dessen Identität getätigt werden kann. Die Verwaltungskosten für 14 Maschinen dieses Typs werden nicht linear angenommen. Der Leiter der Abteilung Maschinenbau empfahl in Gesprächen diese halbiert anzunehmen. Somit liegen die Kosten hierfür bei 63 Euro pro Stunde.

$$\text{Verwaltungskosten}_{EMCO\text{einzel}} = 9 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h}$$

$$\text{Reduktionsfaktor}_{14} = 0,5$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{EMCO} = \text{Verwaltungskosten}_{EMCO\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Reduktionsfaktor}_{14}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{EMCO} = 9 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 14 \text{ Maschine} \times 0,5 = 63 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe belaufen sich laut Berechnungen der EVVA-Betriebsleitung auf 0,5 Euro pro Maschine und Stunde. Enthalten sind darin Aufwendungen wie Werkzeuge, Druckluft, Kühlschmierstoffe und Schmiermittel. Der Gesamtaufwand für Betriebsstoffe liegt bei sieben Euro je Stunde.

$$\text{Betriebsstoffe}_{EMCO\text{einzel}} = 0,5 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{EMCO} = \text{Betriebsstoffe}_{EMCO\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{EMCO} = 0,5 \frac{\text{€}}{h} \times 14 = 7 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun errechnen wir nach dem Algorithmus der Betriebsleitung aus den gewonnenen Daten die Absetzung für Abnutzung (kurz AfA). In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten gleich den Investitionskosten, da kein Förderanspruch besteht. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von 103,7 Euro.

$$\text{Wiederbeschaffungskosten} = \text{Investitionskosten} = 2.800.000\text{€}$$

$$\text{Nutzungsdauer} = 5\text{Jahre}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{2.800.000\text{€}}{5\text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 103,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir in Absprache mit der Betriebsleitung die Zinsen, die je Einsatzstunde anfallen würden, hätte man die Investitionskosten mit sechs Prozent jährlichen Zinsen veranschlagt, nebenbei bemerkt sind hier Zinseszinsen berücksichtigt. Die Kosten für die Zinsen betragen somit je Stunde 35,1 Euro.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{2.800.000\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 2.800.000\text{€}}{5\text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 35,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes wollen wir die Raumkosten bestimmen, darin sind Heizungskosten und Mietkosten inbegriffen. Die Raumkosten betragen 3,3 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{EMCO}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 168\text{m}^2 = 3,3 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Das Summieren der letzten drei Werte ergibt die Fixkosten. Diese betragen 142 Euro je Stunde.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{EMCO} = 103,7 \frac{\text{€}}{h} + 35,1 \frac{\text{€}}{h} + 3,3 \frac{\text{€}}{h} = 142 \frac{\text{€}}{h}$$

In der folgenden einfachen Berechnung bestimmen wir die Energiekosten für eine Stunde Bearbeitung, sie belaufen sich auf knapp über 63 Euro.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 574 \text{kWh} = 63,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir aus dem vorhin festgelegten Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2\% \times 2.800.000\text{€}}{5400h} = 10,4 \frac{\text{€}}{h}$$

Der Maschinenstundensatz sei die Summe aus Fixkosten, Instandhaltungskosten und Energiekosten, er liegt bei 215,5 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{EMCO} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 142 \frac{\text{€}}{h} + 63,1 \frac{\text{€}}{h} + 10,4 \frac{\text{€}}{h} = 215,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Den Vollkostensatz berechnet die Betriebsleitung von EVVA als Summe von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{mittel}}^{\text{Arbeiter}} \times \text{Personalbedarf}_{EMCO}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{EMCO} + \text{Betriebsstoffe}_{EMCO}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 215,5 \frac{\text{€}}{h} + 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times 4 + 63 \frac{\text{€}}{h} + 7 \frac{\text{€}}{h} = 395,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit, die jährlichen Rüstkosten aus den Rüstkosten und der Anzahl jährlich geplanter Rüstoperationen.

$$Rüstkosten = Rüstzeit_{EMCO}^{mittel} \times Personalkosten_{Einsteller}^{mittel}$$

$$Rüstkosten = 49h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} = 1796,7\text{€}$$

$$Rüstkosten_{jährlich} = Rüstzeit_{EMCO}^{mittel} \times Personalkosten_{Einsteller}^{mittel} \times Umrüstvorgänge_{jährlich}$$

$$Rüstkosten_{jährlich} = 49h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} \times 4 = 7.186,7\text{€}$$

Als nächstes sind die Grenzkosten zu bestimmen, welche aufgrund der Annahme einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen.

$$Grenzkosten = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$Grenzkosten = VK$$

$$Personalkosten_{EMCO}^{Arbeiter} = Personalbedarf_{EMCO}^{Maschinenbediener} \times Personalkosten_{Arbeiter}^{mittel}$$

$$Personalkosten_{EMCO}^{Arbeiter} = 4 \times 27,5 \frac{\text{€}}{h} = 110 \frac{\text{€}}{h}$$

$$VK = \left( \text{Betriebsstoffe}_{EMCO} + \text{Verwaltungskosten}_{EMCO} + \text{Personalkosten}_{EMCO}^{Arbeiter} + \text{Energiekosten} \right) \times \text{Taktzeit}_{EMCO}^{DPE}$$

$$VK = \frac{7 \frac{\text{€}}{h} + 63 \frac{\text{€}}{h} + 110 \frac{\text{€}}{h} + 63,1 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times 15s = 1,013\text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Nun sollen die fixen Kosten errechnet werden um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$Fixkosten_{\text{jährlich}} = Fixkosten_{EMCO} \times 24 \frac{h}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + Rüstkosten_{\text{jährlich}}$$

$$Fixkosten_{\text{jährlich}} = 142 \frac{\text{€}}{h} \times 24 \frac{h}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 7.186,7\text{€} = 1.251.397,2\text{€}$$

$$Kostenfunktion_{\text{jährlich}}^{EMCO} = Fixkosten_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$Kostenfunktion_{\text{jährlich}}^{EMCO} = 1.251.397,2\text{€} + 1,013\text{€} \times x$$

$$x = 1,2,3,\dots$$

*x.....Produktionsmenge*

Bei einer Produktion mit EMCO turn 332 fallen prinzipbedingt weitere Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Alle Kostenfunktionen sind linear angenommen und aus Daten der Betriebsleitung berechnet worden. Aus ebendiesem Grund wird hier nur in Ausnahmefällen näher darauf eingegangen.

Die Kostenfunktion für das Kürzen von drei Meter langen Messing- bzw. Neusilberstangen auf einen Meter Länge sei als erste angeführt. Da für diesen Prozess aber keine Kostenaufzeichnungen zugänglich waren, muss mit einer Schätzung vorlieb genommen werden.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Stangen kürzen von 3m auf 1m :

$$FK_{\text{jährlich}} = 500 \text{ €}$$

$$Kernanzahl = \frac{\text{Stangenlänge}}{\text{Kernlänge}_{\text{mittel}}}$$

$$Kernanzahl = \frac{3m}{0,036m} = 83,33$$

$$\text{Maschinens tundsatz} = 1,5 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Taktzeit} = 300 \text{ s}$$

$$VK = \frac{(\text{Maschinens tundsatz} + \text{Personalko sten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}}) \times \text{Taktzeit}}{\text{Kernanzahl}}$$

$$VK = \frac{\left(1,5 \frac{\text{€}}{h} + 27,5 \frac{\text{€}}{h}\right) \times \frac{300 \text{ s}}{3600 \frac{\text{s}}{h}}}{83,33}$$

$$VK = 0,029 \text{ €}$$

$$\text{Kostenfunk tion}_{\text{Kürzen}} = FK_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunk tion}_{\text{Kürzen}} = 500 \text{ €} + 0,029 \text{ €} \times x$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

x.....Pro duktionsme nge

Nachstehend ist die Kostenfunktion für das Fräsen des Schieberprofils (Kst. 31307) angeführt.

Schieberprofil fräsen :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kst.31307}} = 71.819,8 \text{ €} + 0,084 \text{ €} \times x$$

Für das Waschen der durch KSS verunreinigten Kerne lässt sich aus Daten der Betriebsleitung folgende Kostenfunktion errechnen.

Reinigung durch KSS verunreinigter Kerne :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} = 148.136,6 \text{ €} + 0,031 \text{ €} \times x$$

Das Palettieren nach der Produktion erfolgt von Hand, hierbei entstehen in dieser Betrachtung keine Fixkosten, sondern lediglich variable Kosten. Palettiert wird lediglich bei Bedarf, am ehesten jedoch einmal täglich zu Beginn der ersten Schicht, deshalb wird in nachstehender Rechnung nur ein Palettiervorgang je Tag berücksichtigt. Diese Tätigkeit wird nebenbei von einem Maschinenbediener der Abteilung erledigt.

Palettieren :

$$Taktzeit_{\min} = 8s$$

$$Taktzeit_{\max} = 20s$$

$$Schichten = 3$$

$$Schichtlänge = 8h$$

$$Kerne_{\max} = \frac{Schichten \times Schichtlänge}{Taktzeit_{\min}}$$

$$Kerne_{\max} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{8s} = 10.800$$

$$Kerne_{\min} = \frac{Schichten \times Schichtlänge}{Taktzeit_{\max}}$$

$$Kerne_{\min} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{20s} = 4.320$$

$$Palettiervorgänge_{\text{täglich}} = 1$$

$$Taktzeit_{\text{palettieren}} = 3s$$

$$Wegzeit = 10s \rightarrow \text{Gehen von einer Maschine zur anderen}$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 14$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} =$$

$$= \frac{Palettiervorgänge_{\text{täglich}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \left( \frac{1}{Kerne_{\min}} + \frac{1}{Kerne_{\max}} \right)}{2}$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} = \frac{1 \times 14 \times 10s \times \left( \frac{1}{10.800} + \frac{1}{4.320} \right)}{2} = 0,023s$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \text{Kerne}_{\max} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \frac{10.800 \times 3s + 14 \times 10s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 9,04h \rightarrow \text{aufteilen auf mehrere MA}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \text{Kerne}_{\min} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \frac{4.320 \times 3s + 14 \times 10s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 3,64h$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times (\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}}) \right] \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \frac{27,5 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times (3s + 0,023s) \right] \times x = 0,023\text{€} \times x$$

Aufgrund der über die KSS-Entsorgung verfügbaren Daten ist es hier nicht möglich, auf Mindestabnahmemengen oder Fixgebühren Rücksicht zu nehmen.

KSS – Entsorgung :

$$\text{Kosten}_{\text{jährlich}} = 10.304\text{€} \rightarrow \text{gesamter Standort Wien}$$

$$\text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}} = 25\% \rightarrow \text{Anteil am Gesamtvolumen}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{\text{Kosten}_{\text{jährlich}} \times \text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Taktzeit}_{\text{EMCO}}^{\text{DPE}} \right) \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{10.304\text{€} \times 0,25 \times 15s}{5400h \times 3600 \frac{s}{h}} \right) \times x = 0,002\text{€} \times x$$

Um eine Kostenfunktion über alle Prozesse zu erhalten, sind diese noch zu addieren. An dieser Stelle sei nochmals angemerkt, dass die Kostenfunktionen jährlich zu verstehen sind.

Kostenfunktion - prozessübergreifend

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = \text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{EMCO}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Kürzen}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Kst.31307}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.251.397,2\text{€} + 1,013\text{€} \times x + 500\text{€} + 0,029\text{€} \times x + 71.819,8\text{€} + 0,084\text{€} \times x + 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x + 0,023\text{€} \times x + 0,002\text{€} \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.471.853,6\text{€} + 1,182\text{€} \times x$$

### 7.3 Giuliani Proflex PRF5

Bei der Maschine Giuliani Proflex PRF5 handelt es sich um eine Kombination aus Bearbeitungszentrum und Transfermaschine die, laut Hersteller, die Vorzüge von ebendiesen Bauarten verbindet.

#### Detailbetrachtung

Die Proflex PRF5 ist vom Aufbau her eine Trommel-Transfermaschine in sehr kompakter Bauweise. Die Bearbeitung erfolgt auf dem Rundtischprinzip Die numerisch gesteuerte Maschine verfügt über 30 CNC gesteuerte Achsen, wodurch hohe Flexibilität gewährleistet ist. Die Maschine bearbeitet über fünf Stationen wobei die Bearbeitung von der Stange weg erfolgt.<sup>66</sup>

In der nachstehenden Tabelle sind einige wichtige technische Daten vermerkt

Stationsanzahl	5
Anzahl an CNC gesteuerten Achsen	30
Aufstellfläche	7,30 m x 4,42 m = 32,27 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich)	42 m <sup>2</sup>
Preis	1.089.000 €

Abb. 35 einige relevante technische Daten einer Giuliani Proflex PRF5

Wie aus der nächsten Tabelle ersichtlich ist, sind die Taktzeiten relativ hoch, sodass eine Maschine allein den Bedarf nicht erfüllen kann. Wie viele Maschinen benötigt werden wird später gezeigt und in die Berechnung einfließen.

System	Taktzeit
DPE	45s
DPI5 (modulbauweise)	40s
DUAL	65s
GPI	29s

Abb. 36 Taktzeiten zur Produktion verschiedener Systeme durch PRF5

<sup>66</sup> vgl. [http://www.giulianico.com/pdf\\_macchine/proflex.pdf](http://www.giulianico.com/pdf_macchine/proflex.pdf)

Die niedrige Stationsanzahl verursacht hohe Taktzeiten, da somit in einer Station mehr Bearbeitungsschritte zu setzen sind. Dies wird besonders bei komplexen Produkten schlagend, da teilweise Sonderbearbeitungen anfallen und sich der Takt an der langsamsten Station orientiert.



Abb. 37 Giuliani Proflex PRF5<sup>67</sup>

Am obigen Bild kann man bereits einen sehr großen Vorteil dieser Maschine erkennen, nämlich deren kompakte Bauweise. Im Vergleich zu Konkurrenzanbietern spricht der geringe Stückpreis für die Wahl einer Proflex PRF5.

Negativ zu Buche schlagen die hohen Taktzeiten und die geringe Stationsanzahl. Es stehen nur acht Bearbeitungseinheiten zur Verfügung, wodurch auch kleine Produktänderungen oder Umstellarbeiten an der Maschine bereits größere, zeitintensive Umbaumaßnahmen nach sich ziehen können. Der Rüstaufwand verstärkt sich sogar noch durch schlechte Zugänglichkeit. Es ist zudem nicht möglich die Bearbeitung KSS frei als Trockenbearbeitung auszuführen, da die Maschine nicht auf diesen Einsatzzweck hin entwickelt wurde. Daraus resultieren durch KSS verunreinigte Teile, die vor der Weiterverarbeitung gereinigt werden müssen, ebenso kommt ein Gesundheitsrisiko für betroffene Arbeitnehmer hinzu.

---

<sup>67</sup> Abbildung: <http://www.giulianico.com/proflex.html> (09.01.2009)

Im Folgenden sind die Vor- und Nachteile der Giuliani Proflex PRF5, für den vorgegebenen Verwendungszweck, stichwortartig aufgelistet.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringer Platzbedarf</li> <li>• Geringe Anschaffungskosten je Stück</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Taktzeiten</li> <li>• Geringe Stationsanzahl → hohe Rüstkosten</li> <li>• Schlechte Zugänglichkeit beim Rüsten → hohe Rüstkosten</li> <li>• Keine Trockenbearbeitung möglich</li> </ul>

Abb. 38 Vor- und Nachteile der Bearbeitung mittels Giuliani Proflex PRF5

System	Taktzeit soll	Nötige Anzahl an Proflex PRF5	Taktzeit bei drei Maschinen
DPE	≤20s	3	15s
DPI5 (modulbauweise)	≤20s	2	14s
DUAL	20s	4	22s
GPI	8s	4	10s

Abb. 39 Festlegung der nötigen Anzahl an Giuliani Proflex PRF5 Maschinen

Die Entscheidung fällt auf drei Maschinen, da dies näher an den Vorgaben des Lastenheftes liegt als bei der Anschaffung von vier PRF5.

Die Produktionsprozesse bei Verwendung von drei Giuliani Proflex PRF5 Maschinen müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt aussehen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

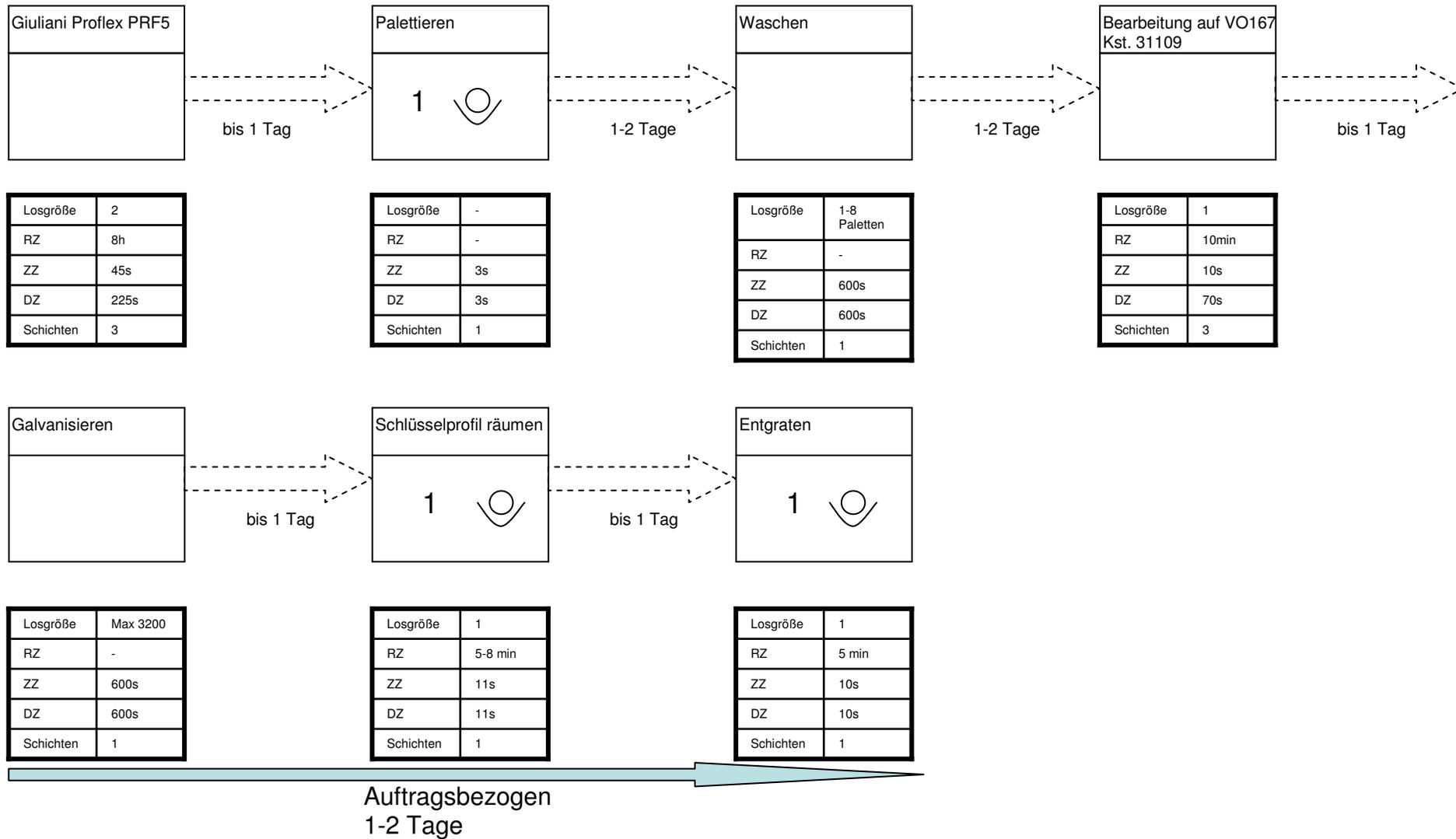


Abb. 40 Produktion von DPE Kernen mittels Giuliani Proflex PRF5

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

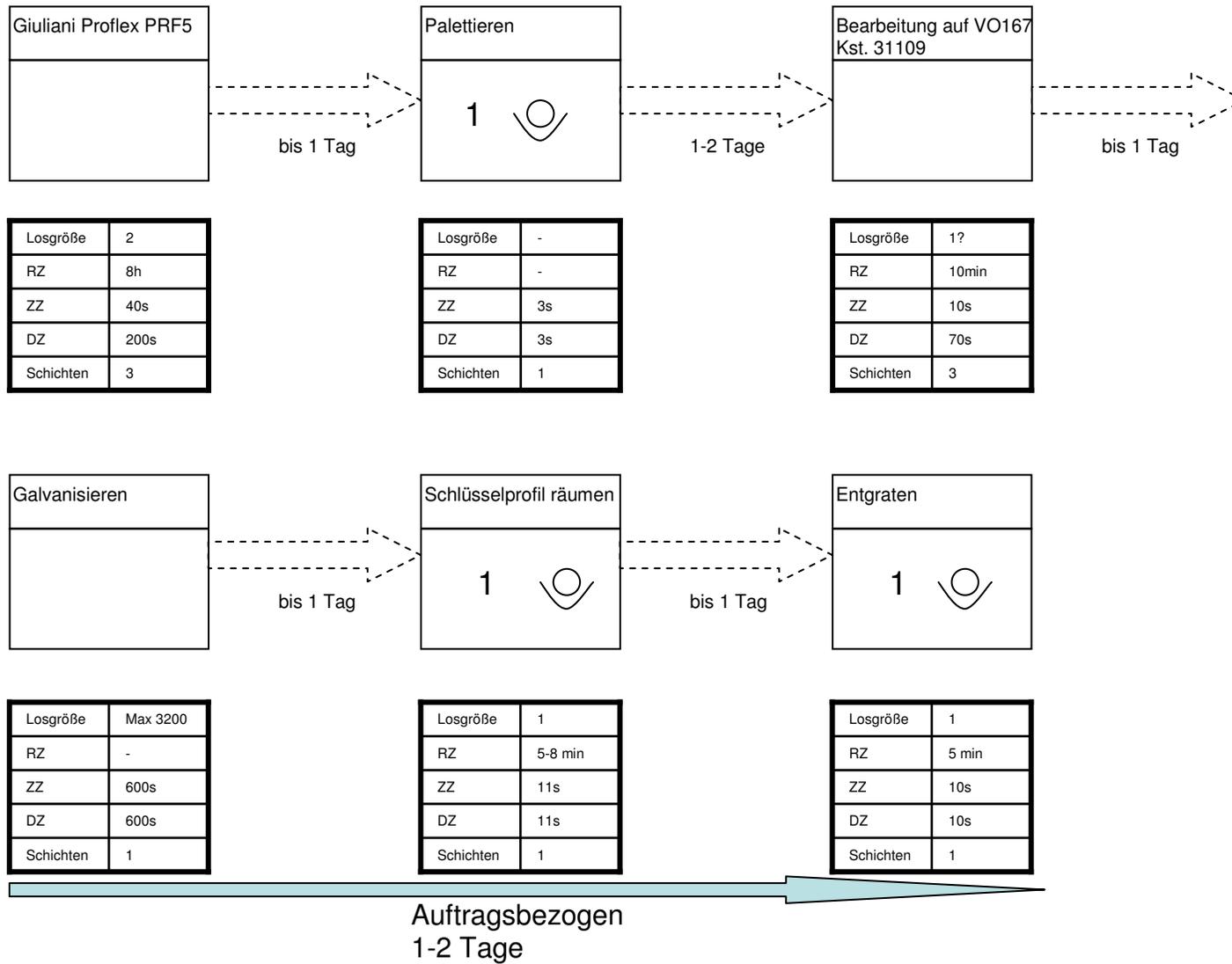


Abb. 41 Produktion von DPI5 Kernen mittels Giuliani Proflex PRF5

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

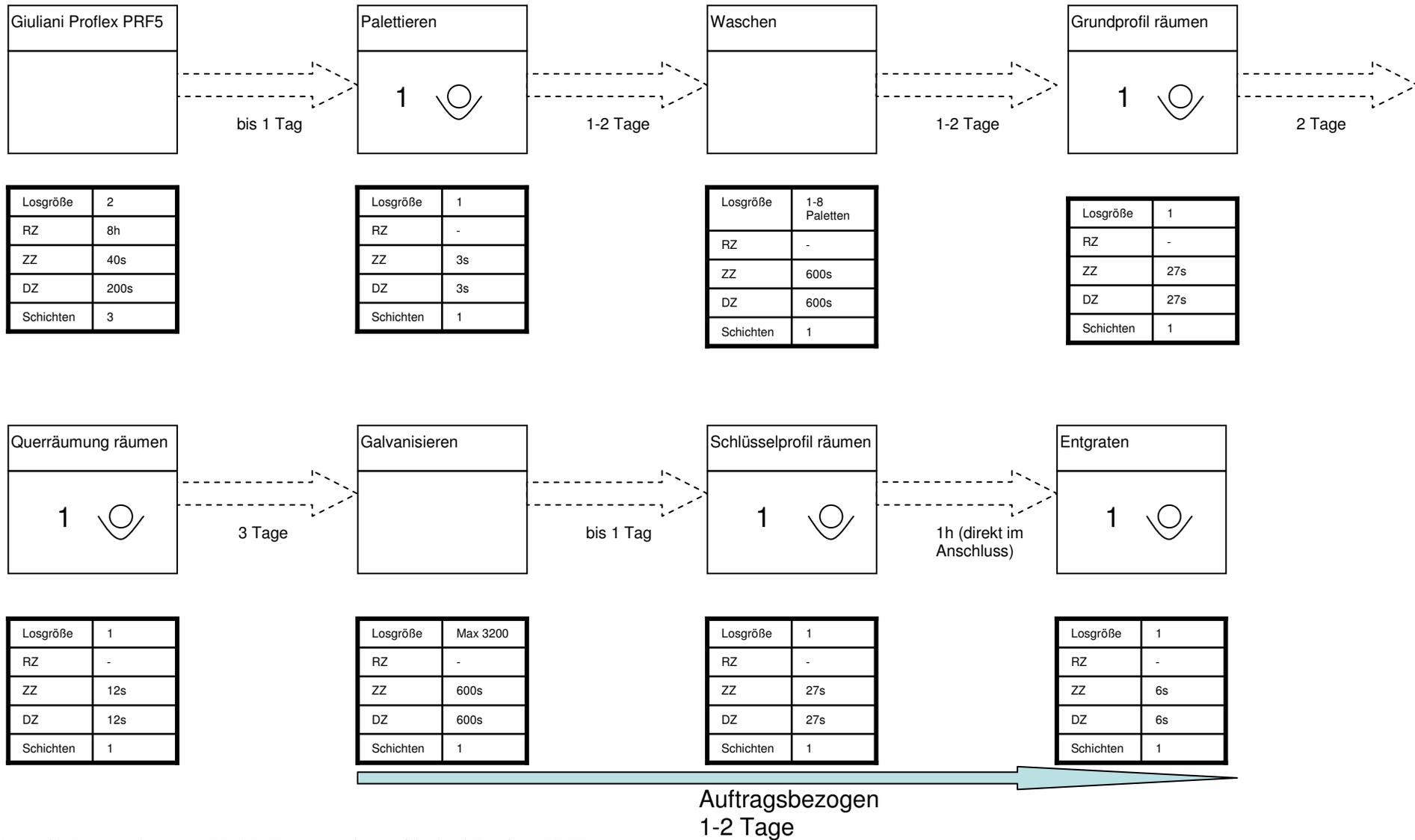


Abb. 42 Produktion von DUAL Kernen mittels Giuliani Proflex PRF5

Nun werden Daten zur Ermittlung der fixen und variablen Kosten zu den einzelnen Prozessschritten ermittelt. Somit können später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend für alle am System DPE.

Es sollen jeweils in einem kurzen Text einzelne Werte erklärt werden. Im Anschluss daran werden eventuelle Rechnungen dargestellt und wichtige Werte extra aufgeführt.

Der Preis für die Anschaffung einer Proflex PRF5 Maschine liegt bei fast 1,1 Millionen Euro, benötigt werden aber, damit die Vorgaben aus dem Lastenheft eingehalten werden können, drei solcher Maschinen. Somit sinkt die Taktzeit auf 15 Sekunden.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 1.089.000\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 3$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 3.267.000\text{€}$$

$$\text{Wiederbesc haffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 3.267.000\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 3.267.000\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Hier wird ebenfalls ein Nutzungsgrad von 90 Prozent bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angenommen.

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Aus der Wertstromdarstellung der Produktion von DPE-Kernen entnehmen wir eine benötigte Taktzeit von 15 Sekunden.

$$\text{Taktzeit}_{PRF 5 \text{ einzeln}}^{DPE} = 45s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 3$$

$$\text{Taktzeit}_{PRF 5}^{DPE} = \frac{\text{Taktzeit}_{PRF 5 \text{ einzeln}}^{DPE}}{\text{Maschinenanzahl}} = 15s$$

Laut Betriebsleitung veranschlagen wir die Nutzungsdauer mit 5 Jahren, somit soll die Investition über 5 Jahre abgeschrieben werden.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt laut Auskunft seitens der Betriebsleitung sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Flächenbedarf inklusive Arbeitsbereich wird mit jeweils 42 Quadratmeter veranschlagt.

$$\text{Platzbedarf}_{PRF5\text{einzel}} = 42m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{PRF5} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{PRF5\text{einzel}} = 3 \times 42m^2 = 126m^2$$

Aus der Betriebskostenrechnung entnehmen wir einen jährlichen Miet- und Heizungskostensatz von 104,6 Euro je Quadratmeter.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times m^2}$$

Leider liegen keine Daten der tatsächlichen mittleren elektrischen Leistungsaufnahme vor. Deshalb muss ein Schätzwert angenommen werden, der auf Maschinen mit ähnlicher Motorisierung und Ausstattung beruht. In Absprache mit Mitarbeitern der Abteilungen Maschinenbau und Mechatronik wurde eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 100 Kilowatt je Maschine für realistisch befunden.

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} = 100kW$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = 100kW \times 3 = 300kW$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{kWh}$$

Unverändert wird ein Instandhaltungskostensatz von zwei Prozent der Wiederbeschaffungskosten angenommen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2\%$$

Wie in der vorherigen Berechnung wird ein mittlerer Personalkostensatz angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} = 30 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}} = 25 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\frac{\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}}}{2} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{h} + 25 \frac{\text{€}}{h}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Pro Giuliani Proflex PRF5 Maschine wird ein Mitarbeiter zur Bedienung benötigt, somit sind insgesamt drei Maschinenbediener erforderlich.

$$\text{Personalbedarf}_{PRF5\text{einzel}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1$$

$$\text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Maschinenbediener}} = \text{Personalbedarf}_{PRF5\text{einzel}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Maschinenbediener}} = 1 \times 3 = 3$$

In dieser Berechnung geht natürlich der gleiche Personalkostensatz für das Rüsten ein wie bereits in der obigen. Die mittleren Personalkosten für einen Einsteller liegen in der Stunde bei fast 37 Euro inklusive Lohnnebenkosten.

$$\text{Personalkosten}_{Einsteller}^{\text{mittel}} = \text{Personalkosten}_{Arbeiter}^{\text{mittel}} \times \frac{4}{3}$$

$$\text{Personalkosten}_{Einsteller}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Die Rüstzeiten sind aufgrund der Bauart relativ hoch und betragen jeweils acht Stunden. Es handelt sich bei diesem Wert um einen von Fachleuten ermittelten Schätzwert.

$$\text{Rüstzeit}_{PRF5\text{einzel}} = 8h$$

$$\text{Rüstzeit}_{PRF5} = \text{Rüstzeit}_{PRF5\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Rüstzeit}_{PRF5} = 8h \times 3 = 24h$$

Auch hier soll das Umrüsten in einer Schicht erfolgen können, diese Forderung verlangt drei Maschineneinsteller.

$$\text{Schichtarbeitszeit} = 8h$$

$$\text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Rüsten}} = \frac{\text{Rüstzeit}_{PRF5}}{\text{Schichtarbeitszeit}}$$

$$\text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Rüsten}} = \frac{24h}{8h} = 3$$

Aufgrund der hohen Rüstzeiten und der damit verbundenen Kosten, vertritt der Bereich Materialwirtschaft die Meinung, dass ein Umrüsten von einem System auf ein anderes lediglich zweimal pro Quartal erfolgen darf. Es soll aus diesem Grund nicht näher auf diese Problematik eingegangen werden.

$$\text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}} = 8$$

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer Proflex PRF5 beläuft sich auf sechs Euro. Dieser Wert ist ein Schätzwert und basiert auf tatsächlichen Verwaltungskosten ähnlicher Maschinen. An dieser Stelle wird auf einen Reduktionsfaktor verzichtet, da die Maschinenanzahl mit drei Stück hierfür zu gering ist.

$$\text{Verwaltungskosten}_{PRF5\text{einzel}} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{PRF5} = \text{Verwaltungskosten}_{PRF5\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{PRF5} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 3 \text{Maschine} = 18 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe sind mit zwei Euro je Maschine und Stunde angenommen.

$$\text{Betriebsstoffe}_{PRF5\text{einzel}} = 2 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{PRF5} = \text{Betriebsstoffe}_{PRF5\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{PRF5} = 2 \frac{\text{€}}{h} \times 3 = 6 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun errechnen wir aus den gewonnenen Daten die AfA. In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten gleich den Investitionskosten, da kein Förderanspruch besteht. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von 121 Euro.

$$\text{Wiederbeschaffungskosten} = \text{Investitionskosten} = 3.267.000\text{€}$$

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{Jahre}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{3.267.000\text{€}}{5 \text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 121 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Zinsen, die anfallen würden, hätte man diese Investition nicht getätigt, berechnen sich wie folgt.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{3.267.000\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 3.267.000\text{€}}{5\text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 40,9 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes sind die Raumkosten zu bestimmen, in welchen Heizungs- und Mietkosten inbegriffen sind. Die Raumkosten betragen 2,4 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{PRF5}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times m^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 126m^2 = 2,4 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun erhält man aus der Summe der letzten drei Werte die Fixkosten, die 164,4 Euro je Stunde betragen.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{PRF5} = 121 \frac{\text{€}}{h} + 40,9 \frac{\text{€}}{h} + 2,4 \frac{\text{€}}{h} = 164,4 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Energiekosten belaufen sich auf 33 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{kWh} \times 300kW = 33 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir aus dem vorhin festgelegten Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2\% \times 3.267.000\text{€}}{5400h} = 12,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Maschinenstundensatz sei als Summe von Fix-, Instandhaltungs- und Energiekosten festgelegt und liegt bei 209,5 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{PRF5} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 164,4 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 33 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 12,1 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 209,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Den Vollkostensatz berechnet die Betriebsleitung von EVVA als Summe von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{PRF5} + \text{Betriebsstoffe}_{PRF5}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 209,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 3 + 18 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 6 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 316 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit.

$$\text{Rüstkosten} = \text{Rüstzeit}_{PRF5} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Rüstkosten} = 24\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 880\text{€}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Rüstzeit}_{PRF5} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} \times \text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = 24\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 8 = 7.040\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Als nächstes sind die Grenzkosten, welche aufgrund der Annahme einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen, zu bestimmen.

$$\text{Grenzkosten} = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$\text{Grenzkosten} = VK$$

$$\text{Personalkosten}_{PRF5}^{\text{Arbeiter}} = \text{Personalbedarf}_{PRF5}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Personalkosten}_{PRF5}^{\text{Arbeiter}} = 3 \times 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 82,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$VK = (\text{Betriebsstoffe}_{PRF5} + \text{Verwaltungskosten}_{PRF5} + \text{Personalkosten}_{PRF5}^{\text{Arbeiter}} + \text{Energiekosten}) \times \text{Taktzeit}_{PRF5}^{\text{DPE}}$$

$$VK = \frac{6 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 18 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 82,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 33 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 15 \text{s} = 0,581 \text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Nun sollen die fixen Kosten errechnet werden um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Fixkosten}_{PRF5} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + \text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = 164,4 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 7.040 \text{€} = 1.446.885,8 \text{€}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{PRF5}} = \text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{PRF5}} = 1.446.885,8 \text{€} + 0,581 \text{€} \times x$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

x.....Produktionsmenge

Bei einer Produktion mit Giuliani Proflex PRF5 fallen prinzipbedingt weitere Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Die Kostenfunktionen sind alle linear angenommen und aus Daten der Betriebsleitung berechnet worden. Aus ebendiesem Grund möchte hier, Ausnahmen ausgenommen, nicht näher darauf eingegangen werden.

Das Fräsen des Schieberprofils muss hier nicht berücksichtigt werden, da dieser Bearbeitungsschritt bereits in der Proflex PRF5 erfolgt und somit keine weiteren Kosten anfallen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Für das Waschen der durch KSS verunreinigten Kerne, lässt sich aus Daten der Betriebsleitung folgende Kostenfunktion errechnen.

Reinigung durch KSS verunreinigter Kerne :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} = 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x$$

Das Palettieren nach der Produktion erfolgt von Hand, hierbei entstehen in dieser Betrachtung keine Fixkosten, sondern lediglich variable Kosten. Palettiert wird nur bei Bedarf, am ehesten jedoch einmal täglich zu Beginn der ersten Schicht. Deshalb wird in nachstehender Rechnung ein Pallettiervorgang je Tag berücksichtigt. Diese Tätigkeit wird nebenbei von einem Maschinenbediener der Abteilung erledigt.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Palletieren :

$$Taktzeit_{\min} = 10s$$

$$Taktzeit_{\max} = 22s$$

$$Schichten = 3$$

$$Schichtlänge = 8h$$

$$Kerne_{\max} = \frac{Schichten \times Schichtlänge}{Taktzeit_{\min}}$$

$$Kerne_{\max} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{10s} = 8.640$$

$$Kerne_{\min} = \frac{Schichten \times Schichtlänge}{Taktzeit_{\max}}$$

$$Kerne_{\min} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{22s} = 3.928$$

$$Palletiervorgänge_{\text{täglich}} = 1$$

$$Taktzeit_{\text{palletieren}} = 3s$$

Wegzeit = 15s → Gehen von einer Maschine zur anderen

Maschinenanzahl = 3

$$Taktzeitaufschlag_{\text{Palletieren}}^{\text{mittel}} =$$

$$= \frac{Palletiervorgänge_{\text{täglich}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \left( \frac{1}{Kerne_{\min}} + \frac{1}{Kerne_{\max}} \right)}{2}$$

$$Taktzeitaufschlag_{\text{Palletieren}}^{\text{mittel}} = \frac{1 \times 3 \times 15s \times \left( \frac{1}{3.928} + \frac{1}{8.640} \right)}{2} = 0,01s$$

$$Personalkosten_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \text{Kerne}_{\max} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \frac{8.640 \times 3s + 3 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 7,21h$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \text{Kerne}_{\min} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \frac{3.928 \times 3s + 3 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 3,29h$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \left( \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} \right) \right] \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \frac{27,5 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times (3s + 0,01s) \right] \times x = 0,023\text{€} \times x$$

Aufgrund der über die KSS-Entsorgung verfügbaren Daten ist es nicht möglich auf Mindestabnahmemengen oder Fixgebühren Rücksicht zu nehmen.

KSS – Entsorgung :

$$\text{Kosten}_{\text{jährlich}} = 10.304\text{€} \rightarrow \text{gesamter Standort Wien}$$

$$\text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}} = 25\% \rightarrow \text{Anteil am Gesamtvolumen}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{\text{Kosten}_{\text{jährlich}} \times \text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Taktzeit}_{\text{PRF5}}^{\text{DPE}} \right) \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{10.304\text{€} \times 0,25 \times 15s}{5400h \times 3600 \frac{s}{h}} \right) \times x = 0,002\text{€} \times x$$

Um eine Kostenfunktion über alle Prozesse zu erhalten, sind diese noch zu addieren. An dieser Stelle sei nochmals angemerkt, dass die Kostenfunktionen jährlich zu verstehen sind, da die Fixkosten jährlich anfallen.

Kostenfunktion - prozessübergreifend

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = \text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{PRF5}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}}$$

$$+ \text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.446.885,8\text{€} + 0,581\text{€} \times x +$$

$$+ 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x + 0,023\text{€} \times x + 0,002\text{€} \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.591.022,4\text{€} + 0,638\text{€} \times x$$

## 7.4 Imoberdorf imo-15 CNC

Diese Maschine ist eine auf die Fertigung von kleinen Präzisionsteilen spezialisierte Rundtischmaschine.

### Detailbetrachtung

Vom Aufbau her handelt es sich bei der Maschine imo-15 CNC des schweizerischen Maschinenhersteller Imoberdorf um eine klassische Rundtischmaschine. Sie verfügt über 38 CNC gesteuerte Achsen, welche in 15 Stationen ihren Dienst versehen. Auch bei dieser Produktionsmaschine erfolgt die Bearbeitung von der Stange weg, somit ist es nicht notwendig, ein Handling für die Zufuhr von Rohteilen anzufügen.

Wichtige technische Daten sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Stationsanzahl	15
Anzahl an CNC gesteuerten Achsen	38
Aufstellfläche	14,34 m x 4,33 m = 62,10 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich)	81 m <sup>2</sup>
Preis	1.845.000 €

**Abb. 43 einige relevante technische Daten einer Imoberdorf imo-15 CNC**

Die hohe Anzahl an Stationen und CNC gesteuerten Achsen sorgen für geringere Taktzeiten als die eben besprochene Maschine und für gute Flexibilität.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

In der nächsten Tabelle sind die Taktzeiten bei der Fertigung der einzelnen Systeme angeführt.

System	Taktzeit
DPE	32s
DPI5 (modulbauweise)	30s
DUAL	50s
GPI	26s

Abb. 44 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme durch eine imo-15 CNC

Da aus der obigen Tabelle hervorgeht, dass die Taktzeiten bei weitem höher sind, als die im Lastenheft geforderten, müssen mehrere Maschinen desselben Typs angeschafft werden. Die Anzahl der notwendigen Maschinen wird etwas später bestimmt.

In den nächsten Abbildungen ist die Imoberdorf imo-15 CNC von außen und der charakteristische Rundtisch sowohl in Realität, als auch als Konstruktionszeichnung zu sehen. Der Rundtisch dient dazu, Werkstücke von einer Bearbeitungsstation zur nächsten zu takten.



Abb. 45 Außenansicht einer Imoberdorf imo-15 CNC<sup>68</sup>

<sup>68</sup> Quelle: Graf, Andreas Ing., V220000-Präsentation für GL in KW50-04.ppt, Original vermutlich aus Angebot von Fa. Imoberdorf

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG



Abb. 46 Innenansicht einer imo-15 CNC<sup>69</sup>

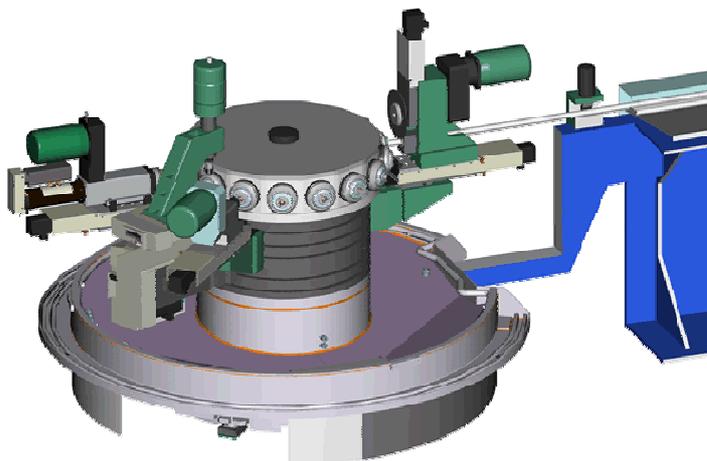


Abb. 47 CAD-Zeichnung des Rundtisches einer imo-15 CNC (einige Bearbeitungsstationen ausgeblendet)<sup>70</sup>

In obiger Abbildung ist ein Ausschnitt einer dreidimensionalen CAD Zusammenstellungszeichnung zu sehen, hier sind besonders gut der Rundtisch, einige wenige eingblendete Bearbeitungsstationen und der Stangenlader inklusive Trennstation zu erkennen.

Die Maschine imo-15 CNC bringt für diese Einsatzmöglichkeit eine Reihe an Nachteilen mit sich. Das wären zum Einen die relativ zu den Mitbewerbern hohen Anschaffungskosten, die

---

<sup>69</sup> vgl. ebenda

<sup>70</sup> vgl. ebenda

schlechte Zugänglichkeit beim Umbau und Umrüsten und zum Anderen, wie auch bei den Mitbewerbern, die Notwendigkeit des KSS Einsatzes. Durch den Zwang KSS einsetzen zu müssen, werden Werkstücke verunreinigt und müssen in einem zusätzlichen Prozessschritt gereinigt werden.

Zusammenfassend sind die Nachteile der Imoberdorf imo-15 CNC, für den vorgegebenen Verwendungszweck stichwortartig aufgelistet.

Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Taktzeiten</li> <li>• Schlechte Zugänglichkeit beim Rüsten → hohe Rüstkosten</li> <li>• Keine Trockenbearbeitung möglich</li> </ul>

Abb. 48 Nachteile der Bearbeitung mittels Imoberdorf imo-15 CNC

Nun gilt es eine Anzahl an imo-15 CNC zu finden, die den Anforderungen der Betriebsleitung gerecht wird.

System	Taktzeit soll	Nötige Anzahl an imo-15 CNC	Taktzeit bei zwei Maschinen
DPE	≤20s	2	16s
DPI5 (modulbauweise)	≤20s	2	15s
DUAL	20s	3	25s
GPI	8s	4	13s

Abb. 49 Festlegung der nötigen Anzahl an Imoberdorf imo-15 CNC Maschinen

Hier fällt die Entscheidung auf zwei Maschinen, da sonst die Kosten für die Anschaffung dieser Maschinen unverhältnismäßig hoch werden würden.

Die Produktionsprozesse durch Verwendung von zwei Imoberdorf imo-15 CNC Maschinen müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt, aussehen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

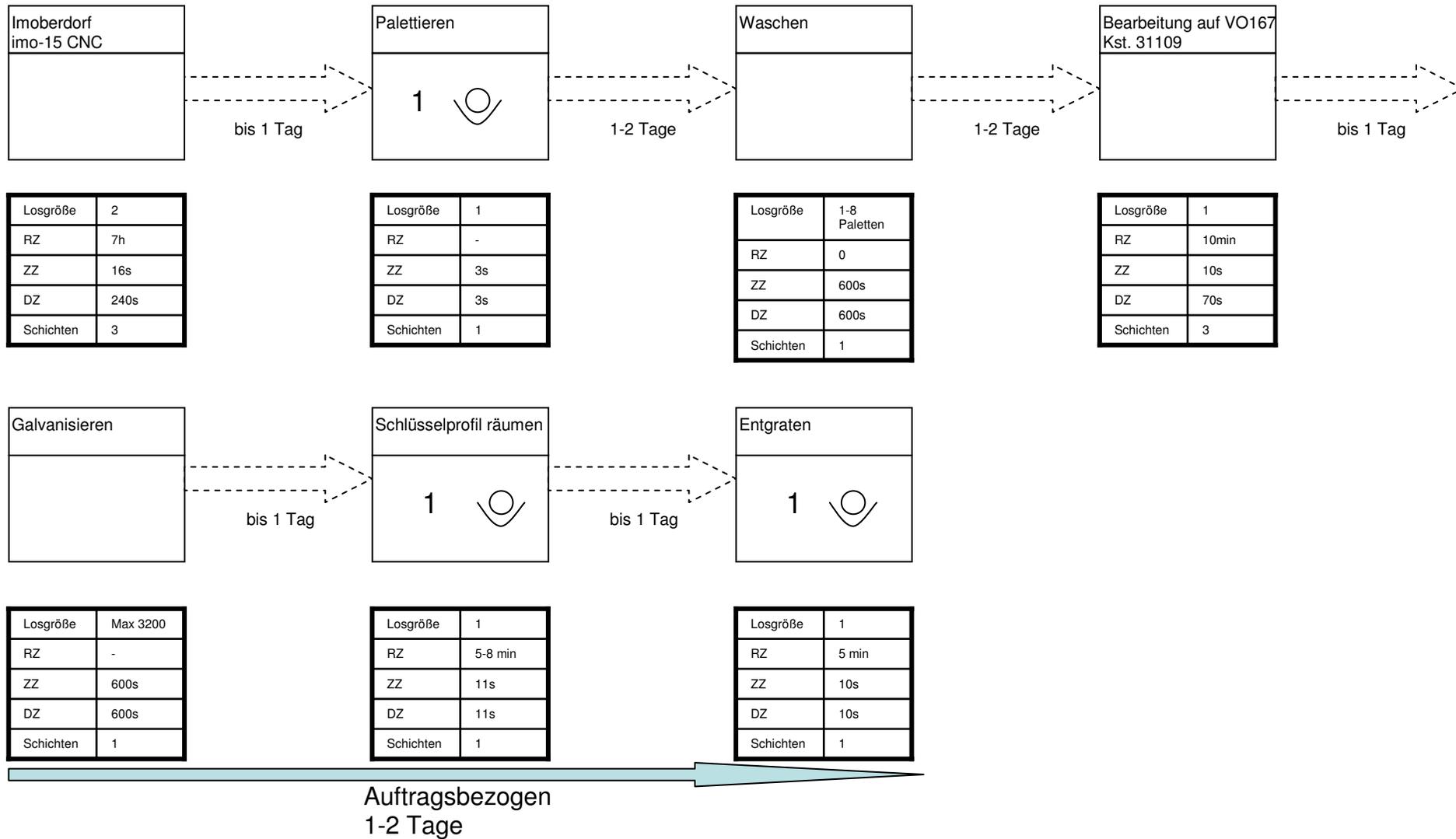


Abb. 50 Fertigungslösung für DPE Kerne mittels Imoberdorf imo-15 CNC

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

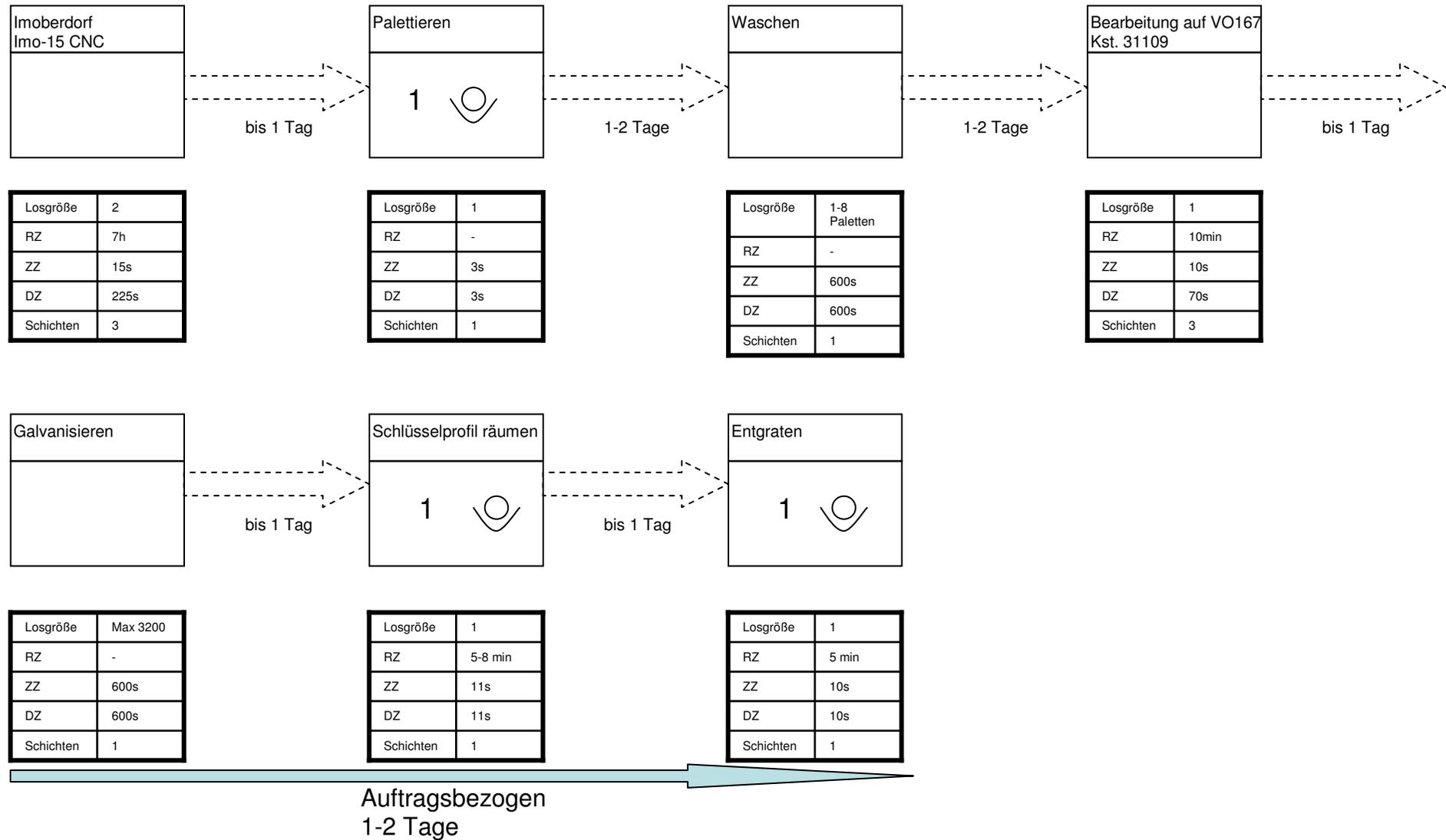


Abb. 51 Fertigung von DPI5 Kernen durch imo-15 CNC

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

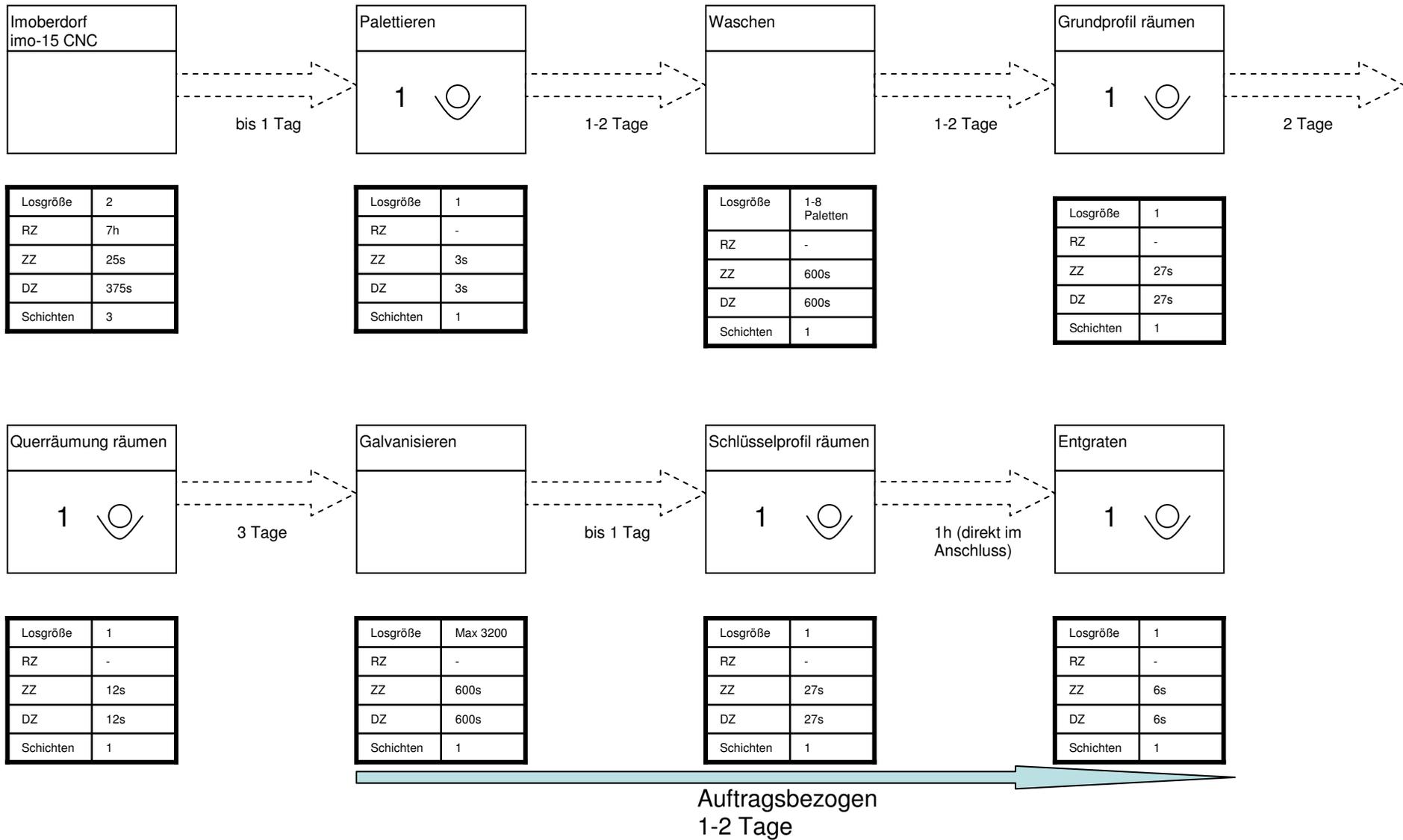


Abb. 52 Fertigung von DUAL Kernen mittels imo-15 CNC

Nun sind Daten zur Ermittlung der fixen und variablen Kosten der einzelnen Prozessschritte zu ermitteln, damit später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden können. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend am System DPE.

In kurzen Texten sind einzelne Werte erklärt, damit nachstehende Rechnungen und Bezeichnungen leichter verständlich sind.

Der Preis für die Anschaffung einer Imoberdorf imo-15 CNC Maschine liegt bei knapp 1,85 Millionen Euro. Damit die Vorgaben aus dem Lastenheft eingehalten werden können, sind zwei solcher Maschinen anzuschaffen. Daraus resultiert eine Taktzeit von 16 Sekunden.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 1.845.000\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 2$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 3.690.000\text{€}$$

$$\text{Wiederbeschaffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 3.690.000\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 3.690.000\text{€}$$

An dieser Stelle wird ebenfalls ein Nutzungsgrad von 90 Prozent bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angenommen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Aus der Wertstromdarstellung der DPE Kernproduktion entnehmen wir eine benötigte Taktzeit von 16 Sekunden.

$$\text{Taktzeit}_{\text{imo-15CNCeinzel}}^{\text{DPE}} = 32s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{DPE}} = \frac{\text{Taktzeit}_{\text{imo-15CNCeinzel}}^{\text{DPE}}}{\text{Maschinenanzahl}} = 16s$$

Laut Betriebsleitung veranschlagen wir die Nutzungsdauer mit 5 Jahren, somit soll die Investition über 5 Jahre abgeschrieben werden.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Der Flächenbedarf inklusive Arbeitsbereich wird mit jeweils 81 Quadratmeter veranschlagt.

$$\text{Platzbedarf}_{\text{imo-15CNCeinzel}} = 81m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{\text{imo15CNC}} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{\text{imo15CNCeinzel}} = 2 \times 81m^2 = 162m^2$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Unverändert werden die jährlichen Miet- und Heizungskostensätze übernommen.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}$$

Da keine Daten über eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme dieser Maschine vorliegen, muss dieser geschätzt werden. In Absprache mit Mitarbeitern der Abteilungen Maschinenbau und Mechatronik wurde eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 100 Kilowatt je Maschine geschätzt.

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} = 100 \text{ kW}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = 100 \text{ kW} \times 2 = 200 \text{ kW}$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Hier wird ebenfalls ein Instandhaltungskostensatz von zwei Prozent angenommen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2\%$$

Wie in der vorherigen Berechnung wird ein mittlerer Personalkostensatz von 27,5 Euro je Stunde angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} = 30 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}} = 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}}}{2} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Pro imo-15 CNC wird ein Mitarbeiter zur Bedienung benötigt, somit sind insgesamt zwei Maschinenbediener erforderlich.

$$\text{Personalbedarf}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Maschinenbediener}} = \text{Personalbedarf}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1 \times 2 = 2$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Personalkostensatz für das Rüsten wird inklusive Lohnnebenkosten je Stunde mit etwa 37 Euro angenommen.

$$Personalkosten_{Einsteller}^{mittel} = Personalkosten_{Arbeiter}^{mittel} \times \frac{4}{3}$$

$$Personalkosten_{Einsteller}^{mittel} = 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{h}$$

Bedingt durch die Bauart sind die Rüstzeiten relativ hoch. Sie wurden von Fachleuten auf sieben Stunden je Maschine geschätzt.

$$Rüstzeit_{imo-15CNC\text{einzel}} = 7h$$

$$Rüstzeit_{imo-15CNC} = Rüstzeit_{imo-15CNC\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$Rüstzeit_{imo-15CNC} = 7h \times 2 = 14h$$

Es wird gefordert, dass das Umrüsten innerhalb einer Schicht erfolgen können muss. Aus dieser Vorgabe resultiert ein Bedarf an zwei Maschineneinstellern.

$$Schichtarbeitszeit = 8h$$

$$Personalbedarf_{imo-15CNC}^{Rüsten} = \frac{Rüstzeit_{imo-15CNC}}{Schichtarbeitszeit}$$

$$Personalbedarf_{imo-15CNC}^{Rüsten} = \frac{14h}{8h} = 1,8 \approx 2$$

Aufgrund der hohen Rüstzeiten und der damit verbundenen Kosten beschränkt der Bereich Materialwirtschaft die Umrüstvorgänge auf vierzehn Mal je Jahr. Es soll nicht näher auf diese Problematik eingegangen werden. Kleine nicht aufwändige Umrüstvorgänge, etwa das Variieren der Länge, sind davon nicht betroffen.

$$Umrüstvorgänge_{jährlich} = 14$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer Imoberdorf imo-15 CNC belaufen sich auf sechs Euro je Stunde. Dieser Schätzwert basiert auf tatsächlichen Verwaltungskosten ähnlicher Maschinen.

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{imo-15CNCeinzel}} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{imo-15CNC}} = \text{Verwaltungskosten}_{\text{imo-15CNCeinzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{imo-15CNC}} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 2 \text{Maschine} = 12 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe sind an dieser Stelle mit zwei Euro je Maschine und Stunde angenommen.

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{imo-15CNCeinzel}} = 2 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{imo-15CNC}} = \text{Betriebsstoffe}_{\text{imo-15CNCeinzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{imo-15CNC}} = 2 \frac{\text{€}}{h} \times 2 = 4 \frac{\text{€}}{h}$$

Aus den gewonnenen Daten ist nun die AfA zu errechnen. In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten gleich den Investitionskosten, da kein Förderanspruch besteht. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von 136,7 Euro.

$$\text{Wiederbeschaffungskosten} = \text{Investitionskosten} = 3.690.000\text{€}$$

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{Jahre}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{3.690.000\text{€}}{5 \text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 136,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Die nachstehende Rechnung zeigt, wie viel an Zinsen anfallen würde, hätte man diese Investition nicht getätigt und betrachtet diese als entgangenen Gewinn.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{3.690.000\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 3.690.000\text{€}}{5\text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 46,2 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes sollen die Raumkosten bestimmt werden, die sowohl Heizungs- als auch Mietkosten beinhalten.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{\text{imo-15CNC}}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 162\text{m}^2 = 3,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Summe der letzten drei Werte ergibt die Fixkosten, welche 186 Euro je Stunde betragen.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{imo-15CNC}} = 136,7 \frac{\text{€}}{h} + 46,2 \frac{\text{€}}{h} + 3,1 \frac{\text{€}}{h} = 186 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Energiekosten belaufen sich auf 22 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 200\text{kW} = 22 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir aus dem Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2\% \times 3.690.000\text{€}}{5400h} = 13,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Maschinenstundensatz sei als Summe von Fix-, Instandhaltungs- und Energiekosten festgelegt und liegt bei 221,7 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{imo-15CNC} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 186 \frac{\text{€}}{h} + 22 \frac{\text{€}}{h} + 13,7 \frac{\text{€}}{h} = 221,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Den Vollkostensatz berechnet die Betriebsleitung als Summe von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \text{Personalbedarf}_{imo-15CNC}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{imo-15CNC} + \text{Betriebsstoffe}_{imo-15CNC}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 221,7 \frac{\text{€}}{h} + 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times 2 + 12 \frac{\text{€}}{h} + 4 \frac{\text{€}}{h} = 292,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit.

$$\text{Rüstkosten} = \text{Rüstzeit}_{imo-15CNC} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Rüstkosten} = 14h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} = 513,3\text{€}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Rüstzeit}_{imo-15CNC} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} \times \text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = 14h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} \times 14 = 7.186,7\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Als nächstes sind die Grenzkosten zu bestimmen, die aufgrund der Annahme einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen.

$$\text{Grenzkosten} = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$\text{Grenzkosten} = VK$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Arbeiter}} = \text{Personalbedarf}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Arbeiter}} = 2 \times 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 55 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$VK = (\text{Betriebsstoffe}_{\text{imo-15CNC}} + \text{Verwaltungskosten}_{\text{imo-15CNC}} + \text{Personalkosten}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{Arbeiter}} + \text{Energiekosten}) \times \text{Taktzeit}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{DPE}}$$

$$VK = \frac{4 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 12 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 55 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 22 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 16 \text{s} = 0,413 \text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Nun sollen die Fixkosten errechnet werden um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Fixkosten}_{\text{imo-15CNC}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + \text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = 186 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 7.186,7 \text{€} = 1.636.799,2 \text{€}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{imo-15CNC}} = \text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{imo-15CNC}} = 1.636.799,2 \text{€} + 0,413 \text{€} \times x$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

x.....Produktionsmenge

Bei der Produktion mit Imoberdorf imo-15 CNC fallen prinzipbedingt weitere Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Die Kostenfunktionen sind linear und aus Daten der Betriebsleitung berechnet worden, auf die, bis auf wenige Ausnahmen, nicht näher eingegangen wird.

Das Fräsen des Schieberprofils muss nicht extra berücksichtigt werden, da dieser Bearbeitungsschritt bereits in der imo-15 CNC erfolgt.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Für das Waschen durch KSS verunreinigter Kerne, lässt sich aus Daten der Betriebsleitung folgende Kostenfunktion errechnen.

Reinigung durch KSS verunreinigter Kerne :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} = 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x$$

Das Palettieren nach der Produktion erfolgt von Hand. Es entstehen nur variable Kosten, da diese Tätigkeit von einem Maschinenbediener der Abteilung nebenbei erledigt wird. Der Prozess erfolgt bei Bedarf und wird in der nachstehenden Berechnung mit einmal täglich angenommen.

Palettieren :

$$\text{Taktzeit}_{\min} = 13s$$

$$\text{Taktzeit}_{\max} = 25s$$

$$\text{Schichten} = 3$$

$$\text{Schichtlänge} = 8h$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\min}}$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{13s} = 6.647$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\max}}$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{25s} = 3.456$$

$$\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} = 1$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} = 3s$$

Wegzeit = 15s → Gehen von einer Maschine zur anderen

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} =$$

$$= \frac{\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \left( \frac{1}{\text{Kerne}_{\min}} + \frac{1}{\text{Kerne}_{\max}} \right)}{2}$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} = \frac{1 \times 2 \times 15s \times \left( \frac{1}{3.456} + \frac{1}{6.647} \right)}{2} = 0,01s$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \text{Kerne}_{\max} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \frac{6.647 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 5,55h$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \text{Kerne}_{\min} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \frac{3.456 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 2,89h$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times (\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}}) \right] \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \frac{27,5 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times (3s + 0,01s) \right] \times x = 0,023\text{€} \times x$$

Aufgrund der über die KSS-Entsorgung verfügbaren Daten ist es hier nicht möglich auf Mindestabnahmemengen oder Fixgebühren Rücksicht zu nehmen.

KSS – Entsorgung :

$$\text{Kosten}_{\text{jährlich}} = 10.304\text{€} \rightarrow \text{gesamter Standort Wien}$$

$$\text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}} = 25\% \rightarrow \text{Anteil am Gesamtvolumen}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{\text{Kosten}_{\text{jährlich}} \times \text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Taktzeit}_{\text{imo-15CNC}}^{\text{DPE}} \right) \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{10.304\text{€} \times 0,25 \times 16s}{5400h \times 3600 \frac{s}{h}} \right) \times x = 0,002\text{€} \times x$$

Um eine Kostenfunktion über alle Prozesse zu erhalten sind diese zu addieren. Die Kostenfunktionen sind jährlich zu verstehen.

Kostenfunktion - prozessübergreifend

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = \text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{imo-15CNC}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}}$$

$$+ \text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.636.799,2\text{€} + 0,413\text{€} \times x +$$

$$+ 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x + 0,023\text{€} \times x + 0,002\text{€} \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.784.935,8\text{€} + 0,470\text{€} \times x$$

## 7.5 Pfiffner HB 32/16

Die Maschine Pfiffner HB 32/16 ist eine klassische Rundtaktmaschine und basiert auf der Rundtischbauweise.

### Detailbetrachtung

Mit der Maschine HB 32/16 hat das schweizerische Maschinenbauunternehmen Pfiffner eine elektro-hydraulische Rundtaktmaschine auf den Markt gebracht, die, laut Prospekt, für die wirtschaftliche Bearbeitung von anspruchsvollen Massenprodukten geeignet ist. HB 32/16 besitzt 16 horizontale Bearbeitungsstationen, wobei Aufnahme und Auswurf zwischen der ersten und der letzten Station stattfinden. Die Weitertaktung erfolgt bauartgemäß mittels Rundtisch. Im betrachteten Modell können sämtliche Bewegungen, Vorschubgeschwindigkeiten und Eilgänge über das Bedienpult verändert werden. Dadurch ist ein Umstellen der einzelnen hydraulischen Steuerventile überflüssig und die Rüstzeit wird reduziert. Die Steuerung über die 44 CNC gesteuerten Achsen übernimmt die bewährte SINUMERIK 840D. Die Maschinensteuerung selbst beruht auf der SIMATIC S7 von Siemens, die über eine Benutzeroberfläche von Pfiffner verfügt, die die Bedienung erleichtern soll.<sup>71</sup> Die Bearbeitung erfolgt von der Stange weg und endet mit dem Auswurf, wobei die Palettierung von Hand erfolgt.

Die wichtigsten technischen Daten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Stationsanzahl	16
Anzahl an CNC gesteuerten Achsen	44
Aufstellfläche	11,35 m x 5,60 m = 63,56 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich)	83 m <sup>2</sup>
Preis	1.661.700 €

Abb. 53 einige relevante technische Daten einer Pfiffner HB 32/16

<sup>71</sup> Vgl.

[http://www.pfiffner.com/fileadmin/FILES/A\\_Bereich\\_Pfiffner\\_AG/F\\_Downloadzentrum/C\\_Produkt\\_Kataloge/A\\_Deutsch/Modellprospekt\\_HB\\_2006\\_de.pdf](http://www.pfiffner.com/fileadmin/FILES/A_Bereich_Pfiffner_AG/F_Downloadzentrum/C_Produkt_Kataloge/A_Deutsch/Modellprospekt_HB_2006_de.pdf) (18.01.2009)

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die hohe Anzahl an Stationen und CNC gesteuerten Achsen sorgen für relativ geringe Taktzeiten und in Kombination mit der Verstellmöglichkeit aller Bewegungen über das Bedienpult für eine gute Flexibilität.

In der nächsten Tabelle sind die Taktzeiten bei der Fertigung der verschiedenen Systeme angeführt.

System	Taktzeit
DPE	30s
DPI5 (modulbauweise)	28s
DUAL	40s
GPI	25s

**Abb. 54 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels HB 32/16**

Aus der obigen Tabelle sehen wir schnell, dass die Taktzeiten trotzdem bei weitem höher sind als die im Lastenheft geforderten, deshalb müssen mehrere Maschinen desselben Typs angeschafft werden. Die Anzahl der notwendigen Maschinen wird etwas später bestimmt.



**Abb. 55 Pfiffner HB 32/16 Außenansicht<sup>72</sup>**

<sup>72</sup> Abbildung: <http://www.pfiffner.com/Hydromat-R-HB.23.0.html> (18.01.2009)

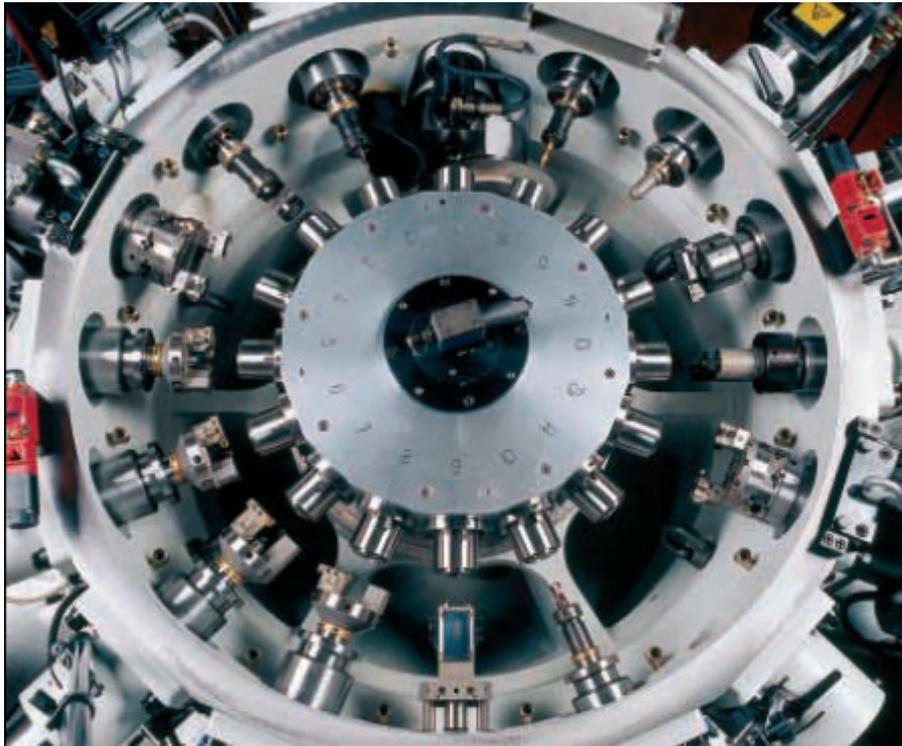


Abb. 56 Rundtisch mit Bearbeitungsstationen einer Pfiffner HB 32/16<sup>73</sup>

Die Maschine Pfiffner HB 32/16 bringt für diese Anwendung einige Nachteile mit sich, die in der nachstehenden Tabelle angeführt sind.

Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hohe Taktzeiten</li><li>• Schlechte Zugänglichkeit beim Rüsten → hohe Rüstkosten</li><li>• Maximale Spindeldrehzahl 12.000 U/min</li><li>• Keine Trockenbearbeitung möglich</li></ul>

Abb. 57 Nachteile der Bearbeitung mittels Pfiffner HB 32/16

Bauartbedingt ist eine Trockenbearbeitung mit dieser Maschine nicht möglich, deshalb muss ein weiterer Prozessschritt für das Waschen der durch KSS verunreinigten Teile eingeplant werden.

<sup>73</sup> Abbildung:

[http://www.pfiffner.com/fileadmin/FILES/A\\_Bereich\\_Pfiffner\\_AG/F\\_Downloadzentrum/C\\_Produkt\\_Kataloge/A\\_Deutsch/Modellprospekt\\_HB\\_2006\\_de.pdf](http://www.pfiffner.com/fileadmin/FILES/A_Bereich_Pfiffner_AG/F_Downloadzentrum/C_Produkt_Kataloge/A_Deutsch/Modellprospekt_HB_2006_de.pdf) (18.01.2009)

Nun gilt es eine Anzahl an HB 32/16 zu finden, die den Anforderungen der Betriebsleitung gerecht wird.

<b>System</b>	<b>Taktzeit soll</b>	<b>Nötige Anzahl an HB 32/16</b>	<b>Taktzeit bei zwei Maschinen</b>
DPE	≤20s	2	15s
DPI5 (modulbauweise)	≤20s	2	14s
DUAL	20s	2	20s
GPI	8s	4	13s

**Abb. 58 Festlegung der nötigen Anzahl an Pfiffner HB 32/16 Maschinen**

Um die Ansprüche der Betriebsleitung weitestgehend befriedigen zu können, wird für die weitere Berechnung ein Kauf von zwei Maschinen dieses Typs gewählt.

Die Produktionsprozesse durch Verwendung von zwei Pfiffner HB 32/16 Maschinen müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt, aussehen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

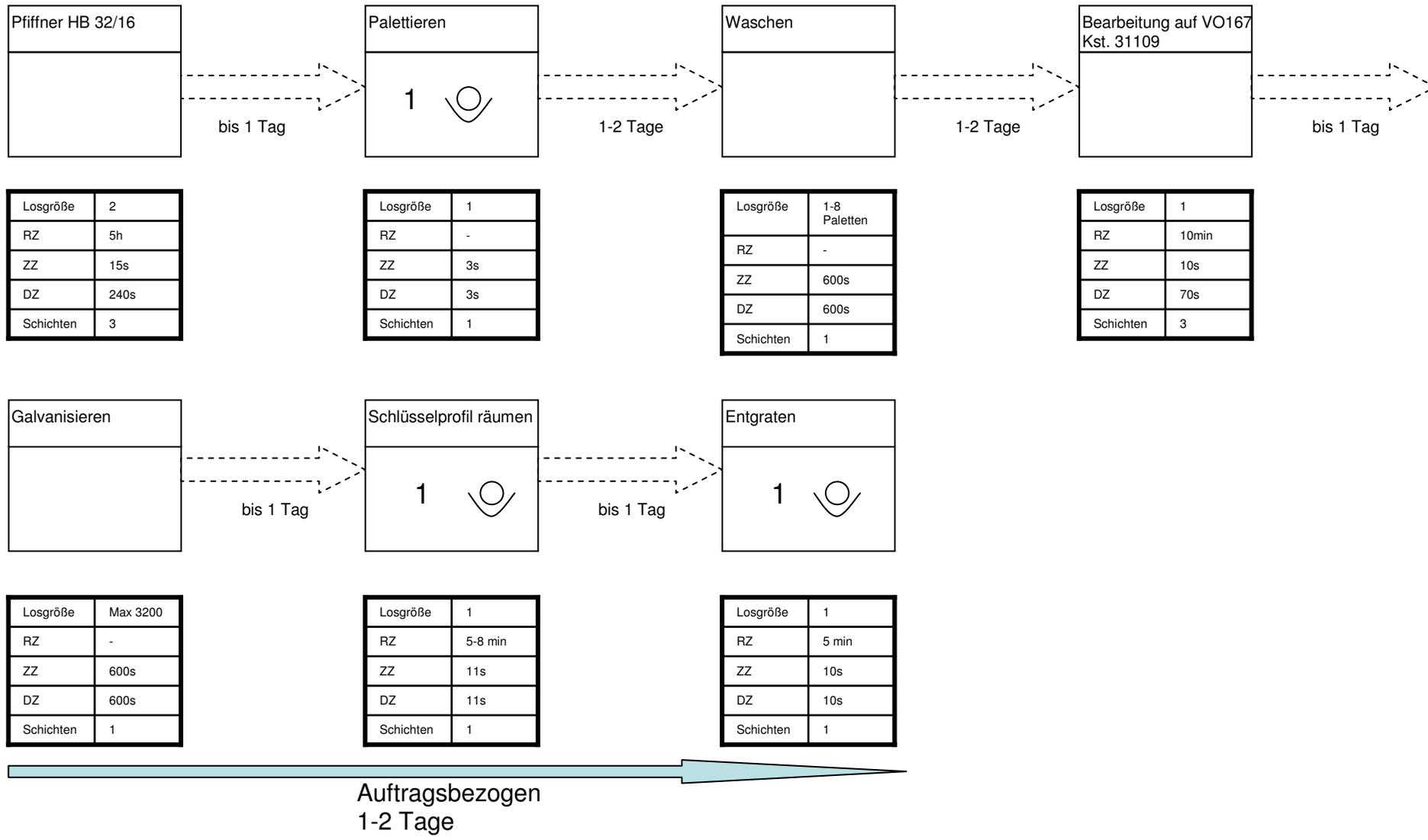


Abb. 59 Fertigung von DPE Kernen mittels Pfiffner HB 32/16

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

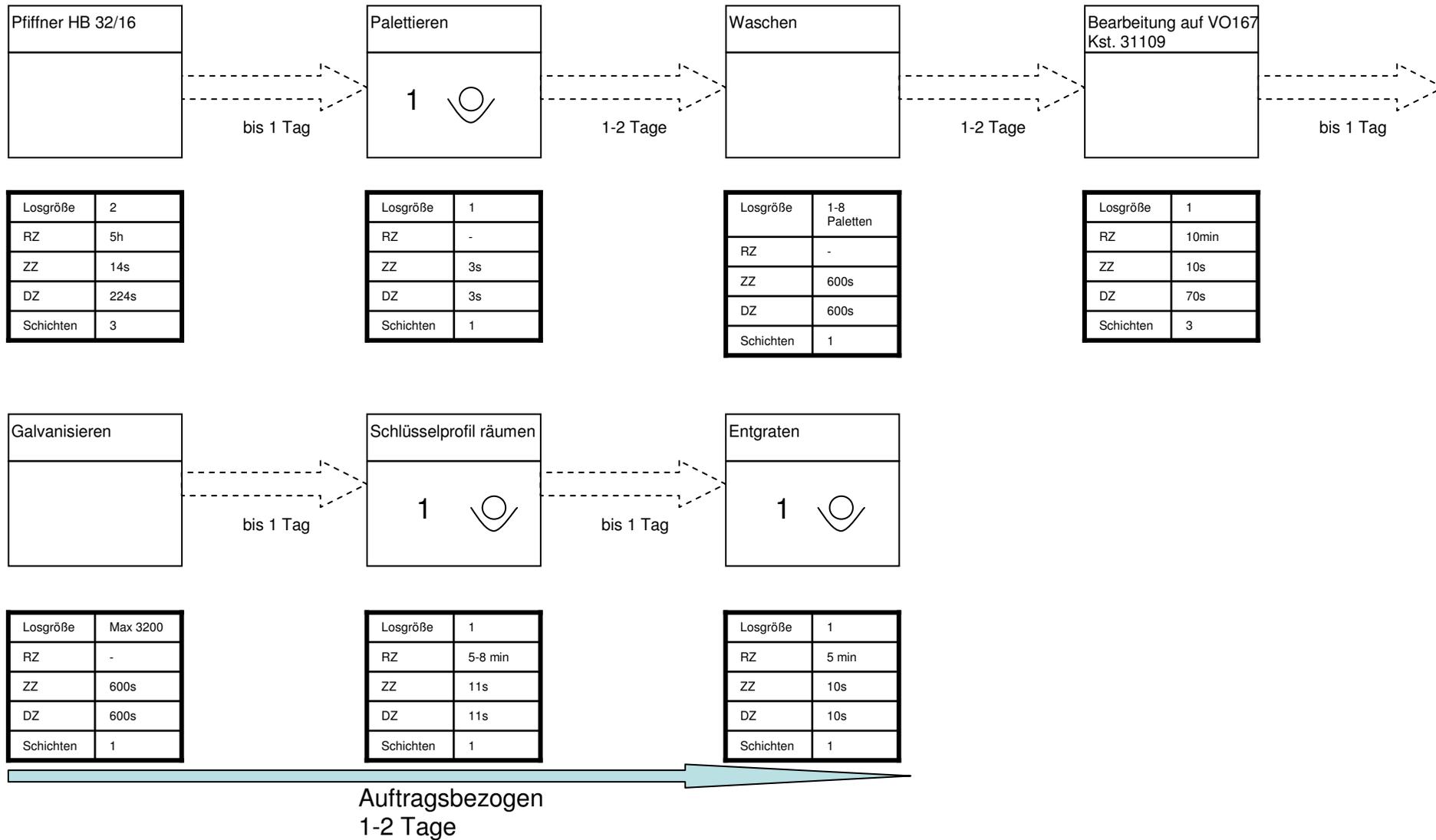


Abb. 60 Produktion von DPI5-Modul-Kernen mit Pfiffner HB 32/16

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

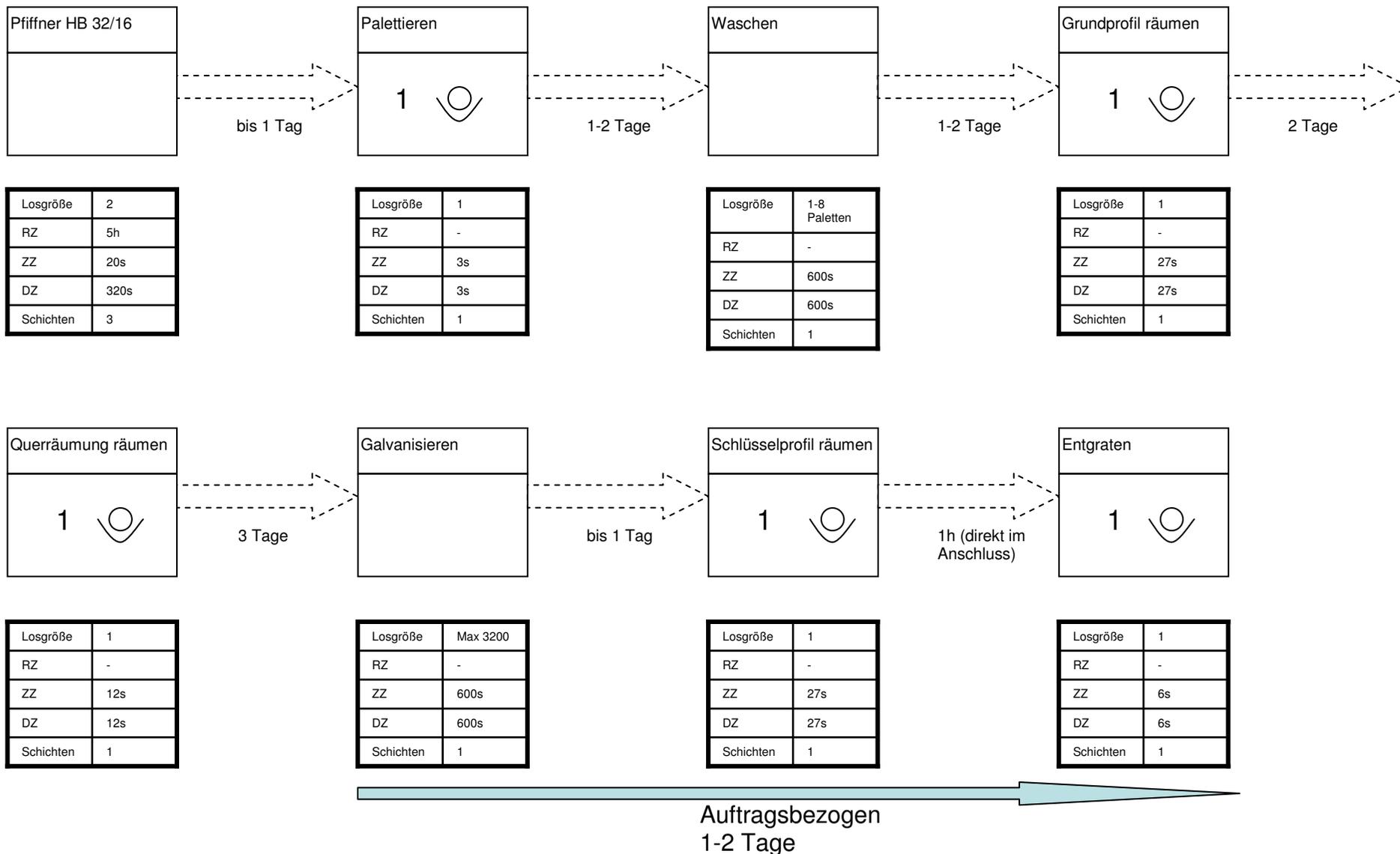


Abb. 61 Fertigung von DUAL Kernen mittels Pfiffner HB 32/16

Nun werden Daten zur Berechnung der fixen und variablen Kosten zu den einzelnen Prozessschritten ermittelt. Somit können später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend für alle am System DPE.

In einem kurzen Text werden einzelne Werte erklärt, im Anschluss daran eventuelle Rechnungen dargestellt und wichtige Werte extra aufgeführt.

Der Preis für die Anschaffung einer Pfiffner HB 32/16 Maschine liegt bei fast 1,7 Millionen Euro, benötigt werden aber zwei solcher Maschinen, damit die Vorgaben aus dem Lastenheft eingehalten werden können.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 1.661.700\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 2$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 3.323.400\text{€}$$

$$\text{Wiederbesc haffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 3.323.400\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 3.323.400\text{€}$$

Natürlich wird hier ebenso einen Nutzungsgrad von 90 Prozent bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angenommen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Aus der Wertstromdarstellung der Produktion von DPE-Kernen entnehmen wir eine benötigte Taktzeit von 15 Sekunden.

$$\text{Taktzeit}_{\text{HB32/16einzel}}^{\text{DPE}} = 30s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{HB32/16}}^{\text{DPE}} = \frac{\text{Taktzeit}_{\text{HB32/16einzel}}^{\text{DPE}}}{\text{Maschinenanzahl}} = 15s$$

Laut Betriebsleitung veranschlagen wir die Nutzungsdauer mit 5 Jahren. Die Investition wird also über 5 Jahre abgeschrieben.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt natürlich auch hier sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Der Flächenbedarf inklusive Arbeitsbereich wird mit jeweils 83 Quadratmeter veranschlagt.

$$\text{Platzbedarf}_{\text{HB32/16einzel}} = 83m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{\text{HB32/16}} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{\text{HB32/16einzel}} = 2 \times 83m^2 = 166m^2$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Unverändert werden auch hier jährliche Miet- und Heizungskostensätze übernommen.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}$$

Leider liegen keine Daten der tatsächlichen mittleren elektrischen Leistungsaufnahme vor, darum soll ein Schätzwert angenommen werden, der auf Maschinen mit ähnlicher Motorisierung und Ausstattung beruht. In Absprache mit Mitarbeitern der Abteilungen Maschinenbau und Mechatronik wurde eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 100 Kilowatt je Maschine für realistisch befunden.

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} = 100 \text{ kW}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = 100 \text{ kW} \times 2 = 200 \text{ kW}$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Hier wird der gleiche Instandhaltungskostensatz angenommen wie in den vorhergehenden Berechnungen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2\%$$

Wie folgt wird ein mittlerer Personalkostensatz angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} = 30 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}} = 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}}}{2} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Für jede Pfiffner HB 32/16 wird ein Mitarbeiter zur Bedienung benötigt, somit sind insgesamt zwei Maschinenbediener erforderlich.

$$\text{Personalbedarf}_{HB32/16\text{einzel}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1$$

$$\text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Maschinenbediener}} = \text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Maschinenbediener}} = 1 \times 2 = 2$$

Der Personalkostensatz für das Rüsten wird inklusive Lohnnebenkosten je Stunde mit ungefähr 37 Euro angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \frac{4}{3}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Bei der nachstehend angeführten Rüstzeit handelt es sich um einen von Fachleuten ermittelten Schätzwert.

$$\text{Rüstzeit}_{HB32/16\text{einzel}} = 5h$$

$$\text{Rüstzeit}_{HB32/16} = \text{Rüstzeit}_{HB32/16\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Rüstzeit}_{HB32/16} = 5h \times 2 = 10h$$

Mit einem Mitarbeiter ist es möglich die beiden Pfiffner Maschinen innerhalb einer Schicht umzurüsten.

$$\text{Schichtarbeitszeit} = 8h$$

$$\text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Rüsten}} = \frac{\text{Rüstzeit}_{HB32/16}}{\text{Schichtarbeitszeit}}$$

$$\text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Rüsten}} = \frac{10h}{8h} = 1,25 \approx 1$$

Aufgrund der relativ hohen Rüstzeiten und der damit verbundenen Kosten, vertritt der Bereich Materialwirtschaft die Meinung, dass ein Umrüsten von einem System auf ein anderes lediglich zwanzig Mal erfolgen sollte. Es wird nicht näher auf diese Problematik eingegangen. Kleine nicht aufwändige Umrüstvorgänge, etwa das Variieren der Länge, sind von der Restriktion nicht betroffen.

$$\text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}} = 20$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer Pfiffner HB 32/16 belaufen sich auf sechs Euro. Dieser Wert ist ein Schätzwert und basiert auf tatsächlichen Verwaltungskosten ähnlicher Maschinen.

$$\text{Verwaltungskosten}_{HB32/16\text{einzel}} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{HB32/16} = \text{Verwaltungskosten}_{HB32/16\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{HB32/16} = 6 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 2 \text{Maschine} = 12 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe nehmen wir an dieser Stelle mit zwei Euro je Maschine und Stunde an.

$$\text{Betriebsstoffe}_{HB32/16\text{einzel}} = 2 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{HB32/16} = \text{Betriebsstoffe}_{HB32/16\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{HB32/16} = 2 \frac{\text{€}}{h} \times 2 = 4 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun errechnen wir nach dem Algorithmus der Betriebsleitung aus den gewonnenen Daten die Absetzung für Abnutzung (kurz AfA). In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten gleich den Investitionskosten, da kein Förderanspruch besteht. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von 123,1 Euro.

$$\text{Wiederbeschaffungskosten} = \text{Investitionskosten} = 3.323.400\text{€}$$

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{Jahre}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{3.323.400\text{€}}{5 \text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 123,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Bestimmen wir nun die Zinsen, die anfallen würden, hätte man diese Investition nicht getätigt.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{3.323.400\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 3.323.400\text{€}}{5 \text{ Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 41,6 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes sind die Raumkosten zu bestimmen, darin sind Heizungskosten und Mietkosten inbegriffen. Die Raumkosten betragen über drei Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{\text{HB32/16}}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 166 \text{m}^2 = 3,2 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun summieren wir die letzten drei Werte und erhalten daraus die Fixkosten. Diese betragen knapp 168 Euro je Stunde.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{HB32/16}} = 123,1 \frac{\text{€}}{h} + 41,6 \frac{\text{€}}{h} + 3,2 \frac{\text{€}}{h} = 167,9 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Energiekosten belaufen sich auf 22 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 200 \text{kW} = 22 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir aus dem vorhin festgelegten Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2\% \times 3.323.400\text{€}}{5400h} = 12,3 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Maschinenstundensatz sei als Summe von Fix-, Instandhaltungs- und Energiekosten festgelegt und liegt bei 202,2 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{HB32/16} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 167,9 \frac{\text{€}}{h} + 22 \frac{\text{€}}{h} + 12,3 \frac{\text{€}}{h} = 202,2 \frac{\text{€}}{h}$$

Den Vollkostensatz berechnet die Betriebsleitung von EVVA als Summe von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \text{Personalbedarf}_{HB32/16}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{HB32/16} + \text{Betriebsstoffe}_{HB32/16}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 202,2 \frac{\text{€}}{h} + 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times 2 + 12 \frac{\text{€}}{h} + 4 \frac{\text{€}}{h} = 273,3 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit.

$$\text{Rüstkosten} = \text{Rüstzeit}_{HB32/16} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Rüstkosten} = 10h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} = 366,7\text{€}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Rüstzeit}_{HB32/16} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} \times \text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = 10h \times 36,67 \frac{\text{€}}{h} \times 20 = 7.333,3\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Als nächstes sind die Grenzkosten, welche durch die Wahl einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen, zu bestimmen.

$$\text{Grenzkosten} = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$\text{Grenzkosten} = VK$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{HB32/16}}^{\text{Arbeiter}} = \text{Personalbedarf}_{\text{HB32/16}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{HB32/16}}^{\text{Arbeiter}} = 2 \times 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 55 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$VK = (\text{Betriebsstoffe}_{\text{HB32/16}} + \text{Verwaltungskosten}_{\text{HB32/16}} + \text{Personalkosten}_{\text{HB32/16}}^{\text{Arbeiter}} + \text{Energiekosten}) \times \text{Taktzeit}_{\text{HB32/16}}^{\text{DPE}}$$

$$VK = \frac{4 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 12 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 55 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 22 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 15 \text{s} = 0,388 \text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Nun sollen die fixen Kosten errechnet werden um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Fixkosten}_{\text{HB32/16}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + \text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = 167,9 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 7.333,3 \text{€} = 1.478.454,3 \text{€}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{HB32/16}} = \text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{HB32/16}} = 1.478.454,3 \text{€} + 0,388 \text{€} \times x$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

x.....Produktionsmenge

Bei einer Produktion mit Pfiffner HB 32/16 fallen prinzipbedingt weitere Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Die Kostenfunktionen sind alle linear angenommen und aus Daten der Betriebsleitung berechnet worden. Aus ebendiesem Grund möchte hier, Ausnahmen ausgenommen, nicht näher darauf eingegangen werden.

Das Fräsen des Schieberprofils muss nicht berücksichtigt werden, da dieser Bearbeitungsschritt bereits in der Maschine erfolgt und somit keine weiteren Kosten anfallen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Für das Waschen der durch KSS verunreinigten Kerne lässt sich aus Daten der Betriebsleitung folgende Kostenfunktion errechnen.

Reinigung durch KSS verunreinigter Kerne :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} = 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x$$

Das Palettieren nach der Produktion erfolgt von Hand, hierbei entstehen in dieser Betrachtung keine Fixkosten, sondern lediglich variable Kosten. Das Palettieren erfolgt bei Bedarf, deshalb wird in nachstehender Rechnung ein Palettiervorgang je Tag berücksichtigt. Diese Tätigkeit wird nebenbei von einem Maschinenbediener der Abteilung erledigt.

Palettieren :

$$\text{Taktzeit}_{\min} = 13s$$

$$\text{Taktzeit}_{\max} = 20s$$

$$\text{Schichten} = 3$$

$$\text{Schichtlänge} = 8h$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\min}}$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{13s} = 6.647$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\max}}$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{20s} = 4.320$$

$$\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} = 1$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} = 3s$$

Wegzeit = 15s → Gehen von einer Maschine zur anderen

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} =$$

$$= \frac{\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \left( \frac{1}{\text{Kerne}_{\min}} + \frac{1}{\text{Kerne}_{\max}} \right)}{2}$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} = \frac{1 \times 2 \times 15s \times \left( \frac{1}{4.320} + \frac{1}{6.647} \right)}{2} = 0,009s \approx 0,01s$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \text{Kerne}_{\max} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \frac{6.647 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 5,55h$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \text{Kerne}_{\min} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \frac{4.320 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 3,61h$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times (\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}}) \right] \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \frac{27,5 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times (3s + 0,01s) \right] \times x = 0,023\text{€} \times x$$

Aufgrund der über die KSS-Entsorgung verfügbaren Daten, ist es hier nicht möglich auf Mindestabnahmemengen oder Fixgebühren Rücksicht zu nehmen.

KSS – Entsorgung :

$$\text{Kosten}_{\text{jährlich}} = 10.304\text{€} \rightarrow \text{gesamter Standort Wien}$$

$$\text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}} = 25\% \rightarrow \text{Anteil am Gesamtvolumen}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{\text{Kosten}_{\text{jährlich}} \times \text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Taktzeit}_{\text{HB32/16}}^{\text{DPE}} \right) \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{10.304\text{€} \times 0,25 \times 15s}{5400h \times 3600 \frac{s}{h}} \right) \times x = 0,002\text{€} \times x$$

Um eine Kostenfunktion über alle Prozesse zu erhalten, sind diese noch zu addieren. An dieser Stelle sei nochmals angemerkt, dass die Kostenfunktionen jährlich zu verstehen sind.

Kostenfunktion - prozessübergreifend

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = \text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{\text{HB32/16}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}}$$

$$+ \text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.478.454,3\text{€} + 0,388\text{€} \times x +$$

$$+ 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x + 0,023\text{€} \times x + 0,002\text{€} \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = 1.626.590,9\text{€} + 0,444\text{€} \times x$$

## **7.6 Mikron Multifactor 60.015**

Die Mikron Multifactor 60.015 ist eine klassische, kurvengesteuerte Rundtischmaschine.

### **Detailbetrachtung**

Die Multifactor 60.015 ist eine Rundtischmaschine des schweizerischen Maschinenherstellers Mikron SA Agno, die spezialisiert ist auf die Fertigung von Massenprodukten. Diese Maschine ist, im Gegensatz zu den mit ihr verglichenen Maschinen, eine kurvengesteuerte Produktionsmaschine. Die Produktion erfolgt über 15 Stationen vom Drehteil weg und endet mit dem Auswurf des zu bearbeitenden Werkstückes. Die Palettierung der fertigen Kerne erfolgt von Hand.

Die wichtigsten technischen Daten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Stationsanzahl	15
Art der Steuerung	kurvengesteuert
Aufstellfläche	8,50 m x 4,50 m = 38,25 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich)	50 m <sup>2</sup>
Preis	1.143.000 €

**Abb. 62 einige relevante technische Daten einer Mikron Multifactor 60.015**

Die hohe Anzahl an Stationen und die Kurvensteuerung sorgen für relativ geringe Taktzeiten. Die Flexibilität wird durch die Steuerung mittels Kurvenscheiben jedoch massiv beeinträchtigt.

In der nächsten Tabelle sind die Taktzeiten bei der Fertigung der einzelnen Systeme angeführt.

System	Taktzeit
DPE	34s
DPI5 (modulbauweise)	31s
DUAL	44s
GPI	25s

**Abb. 63 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels Multifactor**

Der obigen Tabelle ist zu entnehmen, dass die Taktzeiten trotzdem viel höher sind, als die im Lastenheft geforderten. Deshalb müssen mehrere Maschinen desselben Typs angeschafft werden. Die Anzahl der notwendigen Maschinen wird etwas später bestimmt.

Die Maschine Mikron Multifactor 60.015 bringt für diese Anwendung einige Vorteile, aber auch Nachteile mit sich, die in der nachstehenden Tabelle aufgeführt sind.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geringe Anschaffungskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Taktzeiten</li> <li>• Kurvensteuerung → veraltet, unflexibel → hohe Rüstkosten</li> <li>• Produktion ab Drehteil → vorgeschalteter Prozess nötig</li> <li>• Schlechte Zugänglichkeit beim Rüsten → hohe Rüstkosten</li> <li>• Ölkühlschmierung</li> <li>• Keine Trockenbearbeitung möglich</li> </ul>

**Abb. 64 Nachteile der Bearbeitung mittels Mikron Multifactor 60.015**

Eine Trockenbearbeitung ist mit dieser Maschine aufgrund der Bauweise und begrenzten maximalen Spindeldrehzahl nicht realisierbar. Somit ist die Verwendung von KSS zur

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Bearbeitung zwingend nötig, wodurch das Reinigen der gefertigten Teile als weiterer Prozess zu erfolgen hat.

Nun gilt es eine Anzahl an Mikron Multifactor 60.015 zu finden, die den Anforderungen der Betriebsleitung gerecht wird.

<b>System</b>	<b>Taktzeit soll</b>	<b>Nötige Anzahl an Multifactor 60.015</b>	<b>Taktzeit bei zwei Maschinen</b>
DPE	≤20s	2	17s
DPI5 (modulbauweise)	≤20s	2	16s
DUAL	20s	3	22s
GPI	8s	4	13s

**Abb. 65 Festlegung der nötigen Anzahl an Mikron Multifactor 60.015 Maschinen**

Es wird für die weitere Berechnung ein Kauf von zwei Maschinen dieses Typs gewählt, da somit die Wünsche der Betriebsleitung weitestgehend befriedigt werden.

Die Produktionsprozesse durch Verwendung von zwei Mikron Multifactor 60.015 Maschinen müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt, aussehen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

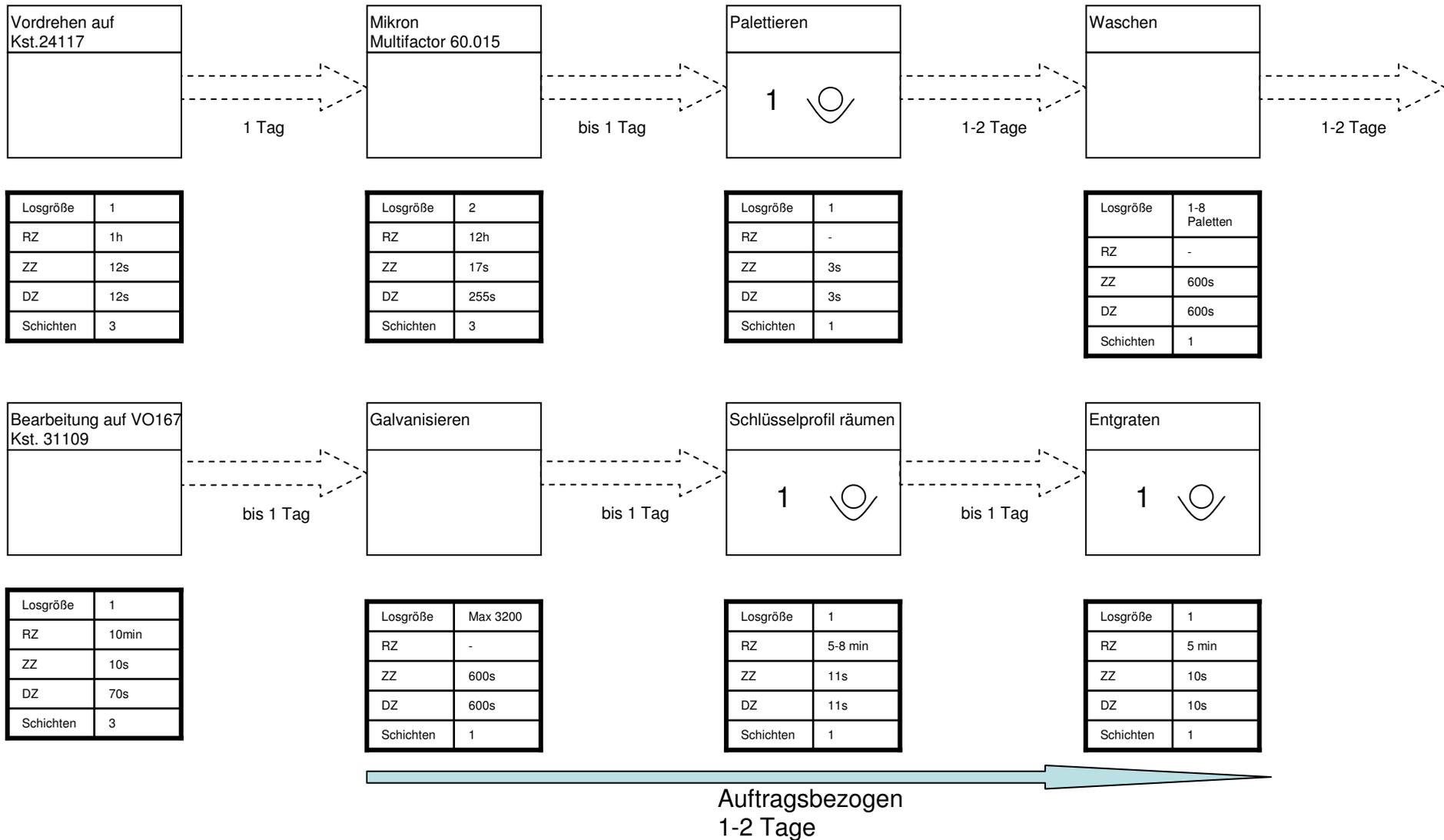


Abb. 66 Fertigung von DPE Kernen mittels Mikron Multifactor 60.015

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

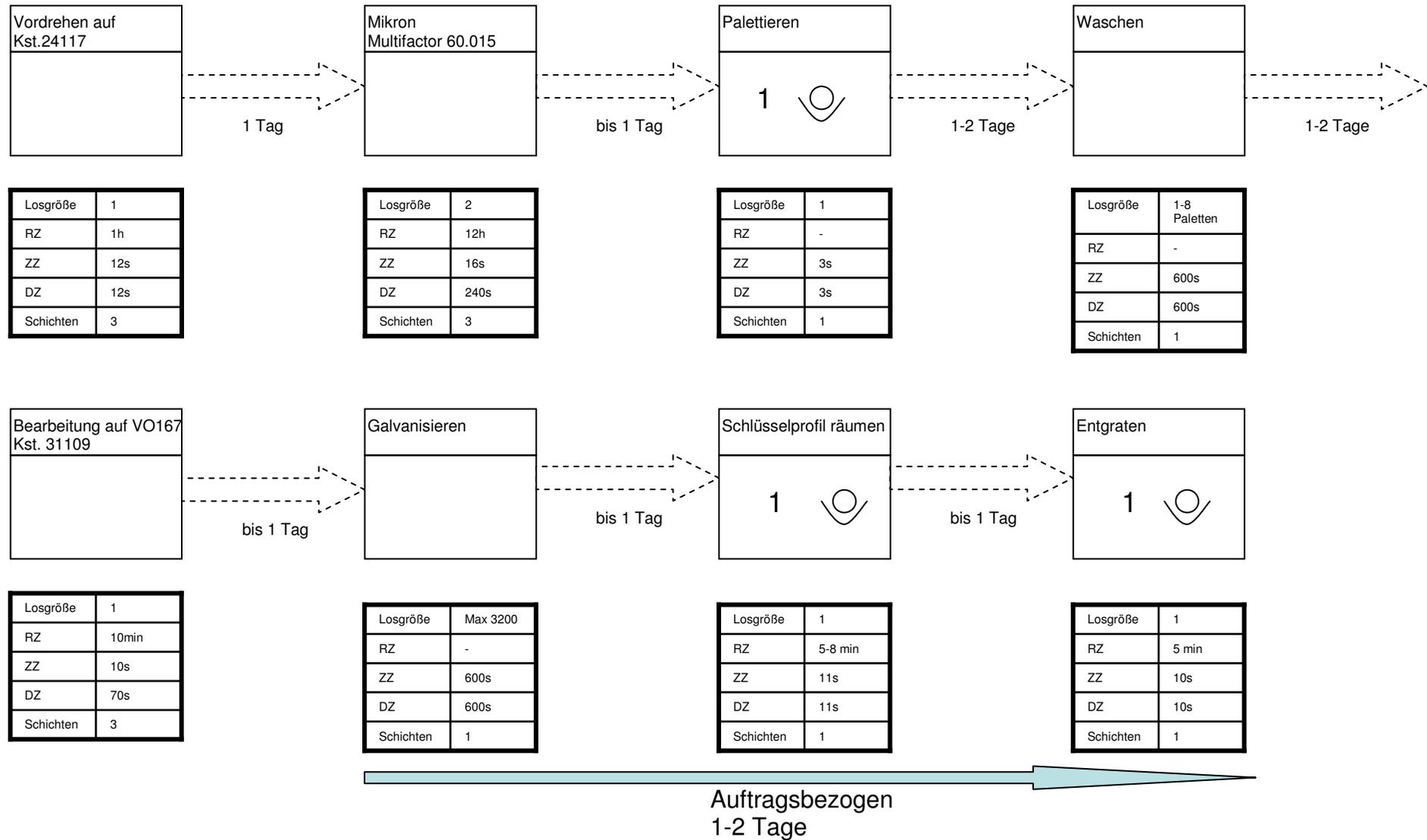


Abb. 67 DPI5 Kernproduktion mittels Mikron Multifactor 60.015

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

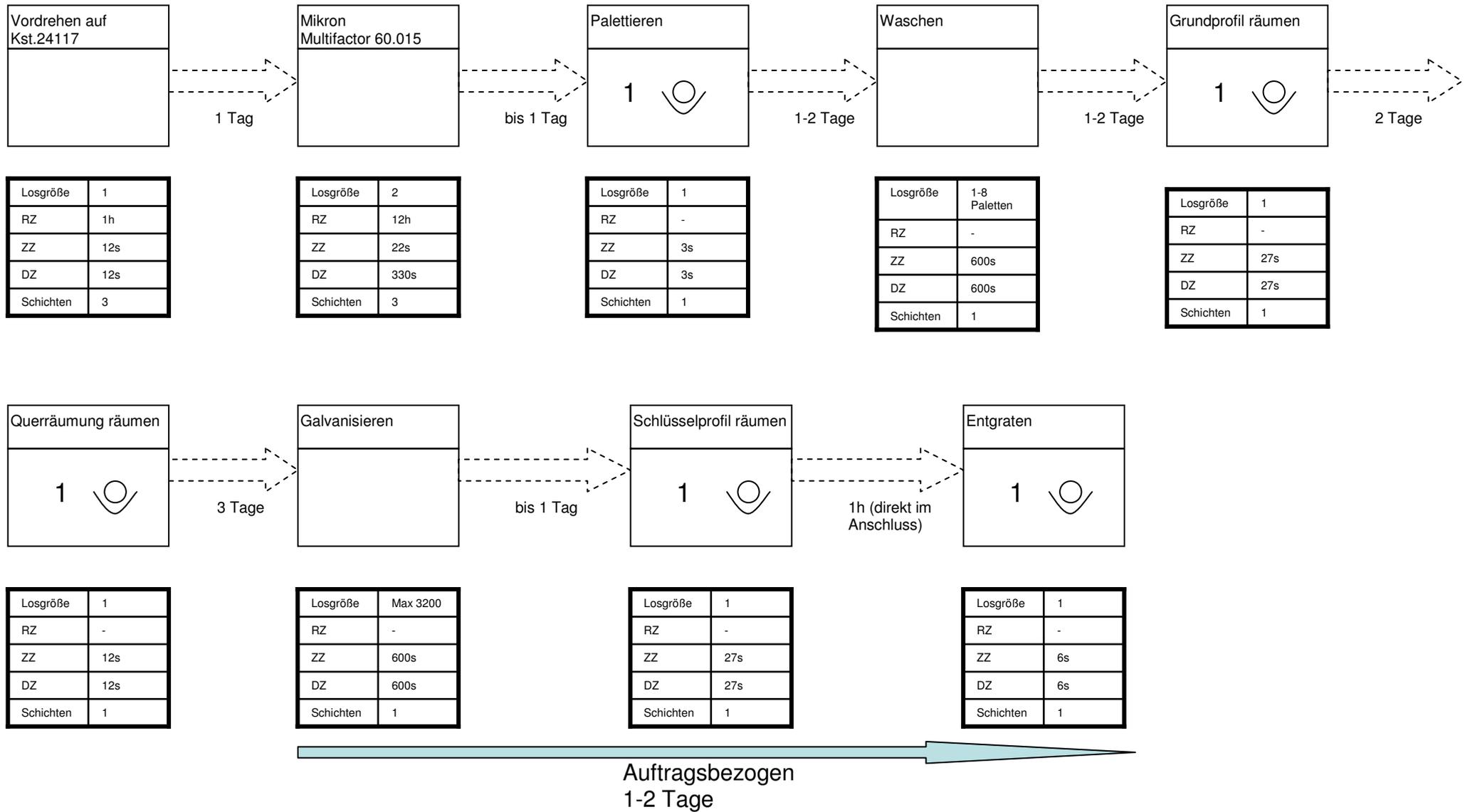


Abb. 68 Fertigung von DUAL Kernen mittels Mikron Multifactor 60.015  
Roman Dolati  
e0326734

Nun werden Daten zur Ermittlung der fixen und variablen Kosten zu den einzelnen Prozessschritten errechnet. Somit können später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend für alle am System DPE.

In einem kurzen Text sind einzelne Werte erklärt und im Anschluss daran werden eventuelle Rechnungen dargestellt bzw. wichtige Werte extra aufgeführt.

Der Preis für die Anschaffung einer Mikron Multifactor 60.015 Maschine liegt bei 1,143 Millionen Euro. Damit die Vorgaben aus dem Lastenheft eingehalten werden können, werden zwei solcher Maschinen benötigt.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 1.143.000\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 2$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 2.286.000\text{€}$$

$$\text{Wiederbesc haffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 2.286.000\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 2.286.000\text{€}$$

Es kann auch in diesem Fall ein Nutzungsgrad von 90 Prozent bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angenommen werden.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Anhand der Maschinenanzahl und der Taktzeit einer Einzelmaschine, ergibt sich eine Taktzeit von 17 Sekunden bei Einsatz aller Maschinen.

$$\text{Taktzeit}_{60.015\text{einzel}}^{DPE} = 34s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeit}_{60.015}^{DPE} = \frac{\text{Taktzeit}_{60.015\text{einzel}}^{DPE}}{\text{Maschinenanzahl}} = 17s$$

Laut Betriebsleitung veranschlagen wir die Nutzungsdauer mit 5 Jahren. Die Investition wird somit über 5 Jahre abgeschrieben.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt auch hier sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Der Flächenbedarf inklusive Arbeitsbereich wird mit jeweils 50 Quadratmeter veranschlagt.

$$\text{Platzbedarf}_{60.015\text{einzel}} = 50m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{60.015} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{60.015\text{einzel}} = 2 \times 50m^2 = 100m^2$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Unverändert werden auch hier jährliche Miet- und Heizungskostensätze übernommen.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}$$

Leider liegen keine Daten der tatsächlichen mittleren elektrischen Leistungsaufnahme vor, darum soll hier ein Schätzwert angenommen werden, der auf Maschinen mit ähnlicher Motorisierung und Ausstattung beruht. In Absprache mit Mitarbeitern der Abteilungen Maschinenbau und Mechatronik, wurde eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 100 Kilowatt je Maschine für realistisch befunden.

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} = 100 \text{ kW}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = 100 \text{ kW} \times 2 = 200 \text{ kW}$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Hier wird der gleiche Instandhaltungskostensatz angenommen wie in den vorhergehenden Berechnungen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2\%$$

Ein mittlerer Personalkostensatz wird wie folgt festgelegt.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} = 30 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}} = 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}}}{2} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Für jede Mikron Multifactor 60.015 wird ein Mitarbeiter zur Bedienung benötigt. Somit sind insgesamt zwei Maschinenbediener erforderlich.

$$\text{Personalbedarf}_{60.015\text{einzel}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1$$

$$\text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Maschinenbediener}} = \text{Personalbedarf}_{60.015\text{einzel}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Maschinenbediener}} = 1 \times 2 = 2$$

Der Personalkostensatz für das Rüsten wird inklusive Lohnnebenkosten Stunde mit knappen 37 Euro pro Stunde angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \frac{4}{3}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Bei der nachstehend angeführten Rüstzeit handelt es sich um einen von Fachleuten ermittelten Schätzwert.

$$\text{Rüstzeit}_{60.015\text{einzel}} = 12\text{h}$$

$$\text{Rüstzeit}_{60.015} = \text{Rüstzeit}_{60.015\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Rüstzeit}_{60.015} = 12\text{h} \times 2 = 24\text{h}$$

Um die Maschinen innerhalb einer Schicht umrüsten zu können, benötigt man drei Maschineneinsteller.

$$\text{Schichtarbeitszeit} = 8\text{h}$$

$$\text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Rüsten}} = \frac{\text{Rüstzeit}_{60.015}}{\text{Schichtarbeitszeit}}$$

$$\text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Rüsten}} = \frac{24\text{h}}{8\text{h}} = 3$$

Aufgrund der relativ hohen Rüstzeiten und den damit verbundenen Kosten, vertritt der Bereich Materialwirtschaft die Meinung, dass ein Umrüsten von einem System auf ein anderes lediglich acht Mal jährlich erfolgen sollte. Es wird nicht näher auf diese Problematik eingegangen. Kleine, nicht aufwändige Umrüstvorgänge, etwa das Variieren der Länge, sind davon nicht betroffen.

$$\text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}} = 8$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer Multifactor 60.015 belaufen sich auf sechseinhalb Euro. Dieser Wert ist ein Schätzwert und basiert auf tatsächlichen Verwaltungskosten ähnlicher Maschinen.

$$\begin{aligned} \text{Verwaltungskosten}_{60.015\text{einzel}} &= 6,5 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \\ \text{Verwaltungskosten}_{60.015} &= \text{Verwaltungskosten}_{60.015\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl} \\ \text{Verwaltungskosten}_{60.015} &= 6,5 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 2 \text{Maschine} = 13 \frac{\text{€}}{h} \end{aligned}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe nehmen wir an dieser Stelle mit zwei Euro je Maschine und Stunde an.

$$\begin{aligned} \text{Betriebsstoffe}_{60.015\text{einzel}} &= 2 \frac{\text{€}}{h} \\ \text{Betriebsstoffe}_{60.015} &= \text{Betriebsstoffe}_{60.015\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl} \\ \text{Betriebsstoffe}_{60.015} &= 2 \frac{\text{€}}{h} \times 2 = 4 \frac{\text{€}}{h} \end{aligned}$$

Nun errechnen wir nach dem Algorithmus der Betriebsleitung aus den gewonnenen Daten die Absetzung für Abnutzung (kurz AfA). In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten gleich den Investitionskosten, da kein Förderanspruch besteht. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von fast 85 Euro.

$$\text{Wiederbeschaffungskosten} = \text{Investitionskosten} = 2.286.000\text{€}$$

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{Jahre}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{2.286.000\text{€}}{5 \text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 84,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun sind die Zinsen zu errechnen, die anfallen würden, hätte man diese Investition nicht getätigt.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{2.286.000\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 2.286.000\text{€}}{5\text{Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 28,6 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes wollen wir die Raumkosten bestimmen, die sowohl Heizungs- als auch Mietkosten beinhalten. Die Raumkosten betragen knapp 2 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{60,015}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times m^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 100m^2 = 1,9 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun summieren wir die letzten drei Werte und erhalten die Fixkosten. Diese betragen etwa 115 Euro je Stunde.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{60,015} = 84,7 \frac{\text{€}}{h} + 28,6 \frac{\text{€}}{h} + 1,9 \frac{\text{€}}{h} = 115,2 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Energiekosten belaufen sich auf 22 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 200\text{kW} = 22 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun berechnen wir aus dem vorhin festgelegten Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2\% \times 2.286.000\text{€}}{5400h} = 8,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Der Maschinenstundensatz sei als Summe von Fix-, Instandhaltungs- und Energiekosten festgelegt und liegt bei 145,7 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{60.015} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 115,2 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 22 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 8,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 145,7 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Den Vollkostensatz berechnet die Betriebsleitung von EVVA als Summe von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{60.015} + \text{Betriebsstoffe}_{60.015}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 145,7 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 2 + 13 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 4 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 217,7 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit. Die jährlichen Rüstkosten sind aus den Rüstkosten und der Anzahl jährlich geplanter Rüstoperationen zu ermitteln.

$$\text{Rüstkosten} = \text{Rüstzeit}_{60.015} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Rüstkosten} = 24\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 880\text{€}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Rüstzeit}_{60.015} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} \times \text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = 24\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 20 = 7.040\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Als nächstes sind die Grenzkosten zu bestimmen, die durch Annahme einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen.

$$\text{Grenzkosten} = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$\text{Grenzkosten} = VK$$

$$\text{Personalkosten}_{60.015}^{\text{Arbeiter}} = \text{Personalbedarf}_{60.015}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Personalkosten}_{60.015}^{\text{Arbeiter}} = 2 \times 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 55 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$VK = (\text{Betriebsstoffe}_{60.015} + \text{Verwaltungskosten}_{60.015} + \text{Personalkosten}_{60.015}^{\text{Arbeiter}} + \text{Energiekosten}) \times \text{Taktzeit}_{60.015}^{\text{DPE}}$$

$$VK = \frac{4 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 13 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 55 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 22 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 17 \text{s} = 0,444 \text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Nun sollen die fixen Kosten errechnet werden, um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Fixkosten}_{60.015} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + \text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = 115,2 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 7.040 \text{€} = 1.016.543,6 \text{€}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{60.015} = \text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{60.015} = 1.016.543,6 \text{€} + 0,444 \text{€} \times x$$

$$x = 1,2,3,\dots$$

x.....Produktionsmenge

Bei einer Produktion mit Mikron Multifactor 60.015 fallen prinzipbedingt weitere Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Die Kostenfunktionen sind alle linear angenommen und wurden aus Daten der Betriebsleitung berechnet. Aus ebendiesem Grund möchte hier, Ausnahmen ausgenommen, nicht näher darauf eingegangen werden.

Das Fräsen des Schieberprofils braucht hier nicht berücksichtigt zu werden, da dieser Bearbeitungsschritt bereits in der Maschine erfolgt und somit keine weiteren Kosten hierfür anfallen.

Für das Waschen der durch KSS verunreinigten Kerne, lässt sich aus Daten der Betriebsleitung folgende Kostenfunktion errechnen.

Reinigung durch KSS verunreinigter Kerne :

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} = 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x$$

Das Palettieren nach der Produktion erfolgt von Hand, hierbei entstehen in dieser Betrachtung keine Fixkosten, sondern lediglich variable Kosten. Palettiert wird bei Bedarf, deshalb wird in der nachstehenden Rechnung ein Palettiervorgang je Tag berücksichtigt. Diese Tätigkeit wird nebenbei von einem Maschinenbediener der Abteilung erledigt.

Palettieren :

$$\text{Taktzeit}_{\min} = 13s$$

$$\text{Taktzeit}_{\max} = 22s$$

$$\text{Schichten} = 3$$

$$\text{Schichtlänge} = 8h$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\min}}$$

$$\text{Kerne}_{\max} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{13s} = 6.647$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{\text{Schichten} \times \text{Schichtlänge}}{\text{Taktzeit}_{\max}}$$

$$\text{Kerne}_{\min} = \frac{3 \times 8h \times 3600 \frac{s}{h}}{20s} = 3.928$$

$$\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} = 1$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} = 3s$$

Wegzeit = 15s → Gehen von einer Maschine zur anderen

$$\text{Maschinenanzahl} = 2$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} =$$

$$= \frac{\text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}} \times \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \left( \frac{1}{\text{Kerne}_{\min}} + \frac{1}{\text{Kerne}_{\max}} \right)}{2}$$

$$\text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}} = \frac{1 \times 2 \times 15s \times \left( \frac{1}{3.928} + \frac{1}{6.647} \right)}{2} = 0,009s \approx 0,01s$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \text{Kerne}_{\max} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\max} = \frac{6.647 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 5,55h$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \text{Kerne}_{\min} \times \text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Maschinenanzahl} \times \text{Wegzeit} \times \text{Palettiervorgänge}_{\text{täglich}}$$

$$\text{Arbeitsaufwand}_{\min} = \frac{3.928 \times 3s + 2 \times 15s \times 1}{3600 \frac{s}{h}} = 3,28h$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times (\text{Taktzeit}_{\text{Palettieren}} + \text{Taktzeitaufschlag}_{\text{Palettieren}}^{\text{mittel}}) \right] \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} = \left[ \frac{27,5 \frac{\text{€}}{h}}{3600 \frac{s}{h}} \times (3s + 0,01s) \right] \times x = 0,023\text{€} \times x$$

Da die Bearbeitung in der Multifactor 60.015 nicht von der Stange sondern mit der Zufuhr von Drehteilen startet, müssen in einem weiteren Prozess Rohlinge vorgedreht werden. Dies geschieht auf Traub TD26 Drehautomaten.

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Vordrehen}} = 31473,2\text{€} + 0,048\text{€} \times x$$

Aufgrund der über die KSS-Entsorgung verfügbaren Daten, ist es hier nicht möglich auf Mindestabnahmemengen oder Fixgebühren Rücksicht zu nehmen.

KSS – Entsorgung :

$$\text{Kosten}_{\text{jährlich}} = 10.304\text{€} \rightarrow \text{gesamter Standort Wien}$$

$$\text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}} = 25\% \rightarrow \text{Anteil am Gesamtvolumen}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{\text{Kosten}_{\text{jährlich}} \times \text{Anteil}_{\text{Kernproduktion}}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Taktzeit}_{60.015}^{\text{DPE}} \right) \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} = \left( \frac{10.304\text{€} \times 0,25 \times 17s}{5400h \times 3600 \frac{s}{h}} \right) \times x = 0,002\text{€} \times x$$

Um eine Kostenfunktion über alle Prozesse zu erhalten, sind diese noch zu addieren. An dieser Stelle sei nochmals angemerkt, dass die Kostenfunktionen jährlich zu verstehen sind.

Kostenfunktion - prozessübergreifend

$$\begin{aligned} \text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} &= \text{Kostenfunktion}_{\text{jährlich}}^{60.015} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Waschen}} \\ &+ \text{Kostenfunktion}_{\text{Palettieren}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Vordrehen}} + \text{Kostenfunktion}_{\text{Entsorgung}} \\ \text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} &= 1.016.543,6\text{€} + 0,444\text{€} \times x + \\ &+ 148.136,6\text{€} + 0,031\text{€} \times x + 0,023\text{€} \times x + 31.473,2\text{€} + 0,048\text{€} \times x + 0,002\text{€} \times x \\ \text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} &= 1.196.153,5\text{€} + 0,548\text{€} \times x \end{aligned}$$

## 7.7 CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie für Kerne

Die CNC-Lineartransfermaschine ist eine speziell für die Bedürfnisse der Kernproduktion entwickelte Sondermaschine aus dem hauseigenen Maschinenbau von EVVA.

### Detailbetrachtung

Die CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie für Kerne ist, wie der Name schon vermuten lässt, von der Bauart her eine Lineartransfermaschine. Die Bearbeitung startet von der Stange weg bei einer Stangenlänge von bis zu drei Metern und endet mit der Palettierung der fertigen Kerne durch einen Industrieroboter. Eine Besonderheit ist, dass alle Achsen durch Siemens Linearmotore bewegt werden. Es ist weltweit das erste Projekt mit einer so hohen Anzahl an Linearmotoren in einer Anlage. Beim Bau dieser Maschine wurde bewusst auf die Verwendung von Kugelspindelantrieben verzichtet, um eine unvergleichlich hohe Bearbeitungsgenauigkeit in Bereichen ständiger Bewegungen zu erzielen. Des Weiteren sind durch den Einsatz von Linearmotoren äußerst hohe Beschleunigungen der Achsen erreichbar, wodurch hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten ebenso wie niedrige Taktzeiten erzielt werden.

Nike-Valerie ist komplett Modular aufgebaut, sodass ein Einfügen neuer Stationen, Umbauten aller Art und ein Einsatz der Komponenten in anderen Anwendungen ohne viel Aufwand realisierbar sind. Das Fassungsvermögen des Stangenladers ist derart dimensioniert, dass eine mannlose Produktion zwischen sechzehn und sechs Uhr in jedem Fall möglich ist. Das heißt, dass das längste Produkt mit der kürzesten Taktzeit vierzehn Stunden lang mit einer Laderfüllung gefertigt werden kann. Während der Produktion ist auch tagsüber kein Personal dauerhaft nötig. Es genügt die Maschine zu starten, bei Bedarf für die Zu- und Abfuhr von

Material zu sorgen, das zu produzierende Produkt zu wählen und im Falle einer Störung diese zu beheben. Dennoch wird in der anschließenden Berechnung gerechnet, als müsste ein Maschinenbediener die ganze Zeit über zwischen sechs und sechzehn Uhr nur diese Maschine bedienen, wohl aber wird die mannlose Zeit berücksichtigt.

Die Fertigung beginnt mit der vollautomatischen Zufuhr von drei Meter langen Messing- oder Neusilberstangen. Über zehn Stationen verteilt werden diverse Bearbeitungen unternommen. Bearbeitete Kerne werden danach aus der Maschine geschwenkt und an einen Roboter zur Palettierung übergeben. Während des Bearbeitungsprozesses bleibt der Kern in einem Werkstückspannsystem mit HSK-Aufnahme eingespannt, bis er in der siebenten Station gewendet und anschließend vermessen wird. Die Messwerte werden automatisch derart vom CNC-System verarbeitet, dass praktisch keine Abweichungen vom Soll-Maß vorliegen. Die gesamte Maschine ist CNC gesteuert.

Der Maschinenbediener kann sowohl durch große, schlagfeste Polycarbonat-Scheiben, als auch über Netzwerk-Kameras die Maschine beobachten und den Bearbeitungsablauf überprüfen. Die Bearbeitung erfolgt absolut KSS frei, es handelt sich um eine Hochgeschwindigkeits-Trockenbearbeitung. Die eben genannten Polycarbonat-Scheiben sind nötig, um Personen in der näheren Umgebung vor Spänen oder, im Falle eines Werkzeugbruchs, vor fliegenden Werkzeugteilen zu schützen, da bei derartigen Bearbeitungsgeschwindigkeiten und Drehzahlen von 60.000 Umdrehungen pro Minute eine erhebliche Verletzungsgefahr bestünde.

Nike Valerie wurde so ausgelegt, dass beim Wechsel von einem Produkt auf ein anderes keine manuellen Umrüstarbeiten zu tätigen sind. Sämtliche Änderungen erfolgen automatisch nach Auswahl auf dem Bedienterminal. Außerdem verfügt Nike-Valerie über eine Werkzeugbruchkontrolle mittels Laser. Sie ersetzt automatisch ein gebrochenes gegen ein vorvermessenes Schwesternwerkzeug im Falle eines Bruches und wechselt beim Umrüsten selbsttätig nicht mehr benötigte gegen benötigte Werkzeuge ein.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG



**Abb. 69** noch im Bau befindliche CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie

Die wichtigsten technischen Daten sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Stationsanzahl	10
Anzahl an CNC gesteuerten Achsen	58
Aufstellfläche	14 m x 6 m = 84 m <sup>2</sup>
Aufstellfläche (inklusive Arbeitsbereich)	90 m <sup>2</sup>
Preis	2.025.000 €

**Abb. 70** einige relevante technische Daten einer Nike-Valerie

Die Verwendung von Linearmotoren ermöglicht konkurrenzlos hohe Bearbeitungsgeschwindigkeiten und –genauigkeiten. Die hohe Anzahl an CNC gesteuerten Achsen, das Werkzeugwechselsystem und das unter anderem dadurch ermöglichte Rüsten auf Knopfdruck führt zu einer sehr hohen Flexibilität.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

In der nächsten Tabelle sind die Taktzeiten bei der Fertigung der einzelnen Systeme angeführt.

System	Taktzeit
DPE	20s
DPI5 (modulbauweise)	20s
DUAL	20s
GPI	8s
3KS	20s

Abb. 71 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels Nike-Valerie

Die Lineartransfermaschine für Kerne bringt für diese Anwendung eine Reihe von Vorteilen mit sich, hat aber auch mögliche Nachteile.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Niedrige Taktzeiten</li> <li>• Rüsten auf Knopfdruck → niedrige Rüstkosten</li> <li>• Hochgeschwindigkeits-Trockenbearbeitung → kein KSS Verbrauch → kein Reinigungsprozess nötig</li> <li>• Mannloser Betrieb über mindestens 14 Stunden möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Komplexität</li> <li>• Weltweit einzigartiges Maschinenkonzept → Erfahrungen müssen selbst gewonnen werden</li> </ul>

Abb. 72 Nachteile der Bearbeitung mittels Nike-Valerie

Die Hochgeschwindigkeits-Trockenbearbeitung wird ermöglicht durch die spezielle Auslegung der Maschinenbetten und des Maschinenaufbaus auf Temperaturresistenz. Dadurch wird erreicht, dass durch heiße Späne, die den Großteil der entstehenden Wärme abführen, keine Verformungen und damit verbundene Bearbeitungsungenauigkeiten auftreten. Die einzelnen Stationen wurden vom Unternehmen Framag Industrieanlagenbau GmbH mittels der Finite-Elemente-Methode auf Schwingungsminimierung ausgelegt. Um

Trockenbearbeitung zu ermöglichen wurden zudem Hochfrequenzspindeln ausgewählt und in zahlreichen Versuchen Spezialwerkzeuge entwickelt, die dieser Bearbeitungsart standhalten bzw. diese erst ermöglichen. Aufgrund der Trockenbearbeitung entfällt der Prozess der Teilereinigung, wodurch sich sämtliche damit und dem KSS Verbrauch verbundene Kosten einsparen lassen.

In der nachfolgenden Tabelle werden nun die von der Betriebsleitung geforderten Taktzeiten mit jenen der CNC-Lineartransfermaschine verglichen.

<b>System</b>	<b>Taktzeit soll</b>	<b>Nötige Anzahl an Nike-Valerie</b>	<b>Taktzeit bei zwei Maschinen</b>
DPE	≤20s	1	20s
DPI5 (modulbauweise)	≤20s	1	20s
DUAL	20s	1	20s
GPI	8s	1	8s

**Abb. 73 Festlegung der nötigen Anzahl an CNC-Lineartransfermaschinen**

Es wird für die weitere Berechnung der Bau einer Maschine dieses Typs gewählt. An dieser Stelle soll angemerkt werden, dass die Maschine gezielt auf das Erreichen der geforderten Taktzeiten entwickelt wurde. Bei Bedarf besteht die Möglichkeit die Taktzeiten durch weitere Optimierung der Bewegungsabläufe und Beschleunigungen zu verbessern.

Die Produktionsprozesse durch Verwendung einer CNC-Lineartransfermaschine für Kerne müssten wie in folgenden Darstellungen aufgezeigt, aussehen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

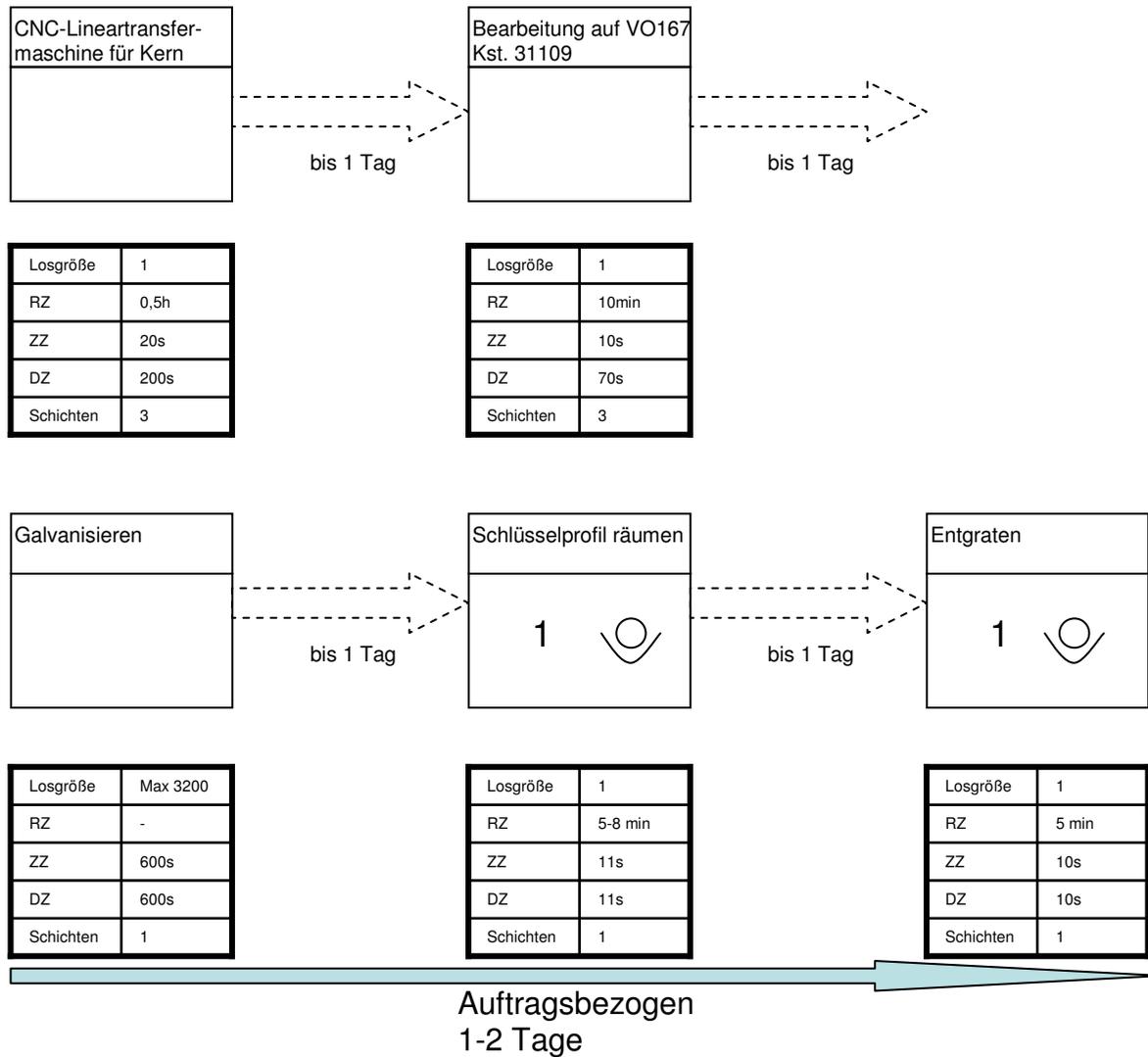


Abb. 74 Fertigung von DPE Kernen mittels Nike-Valerie

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

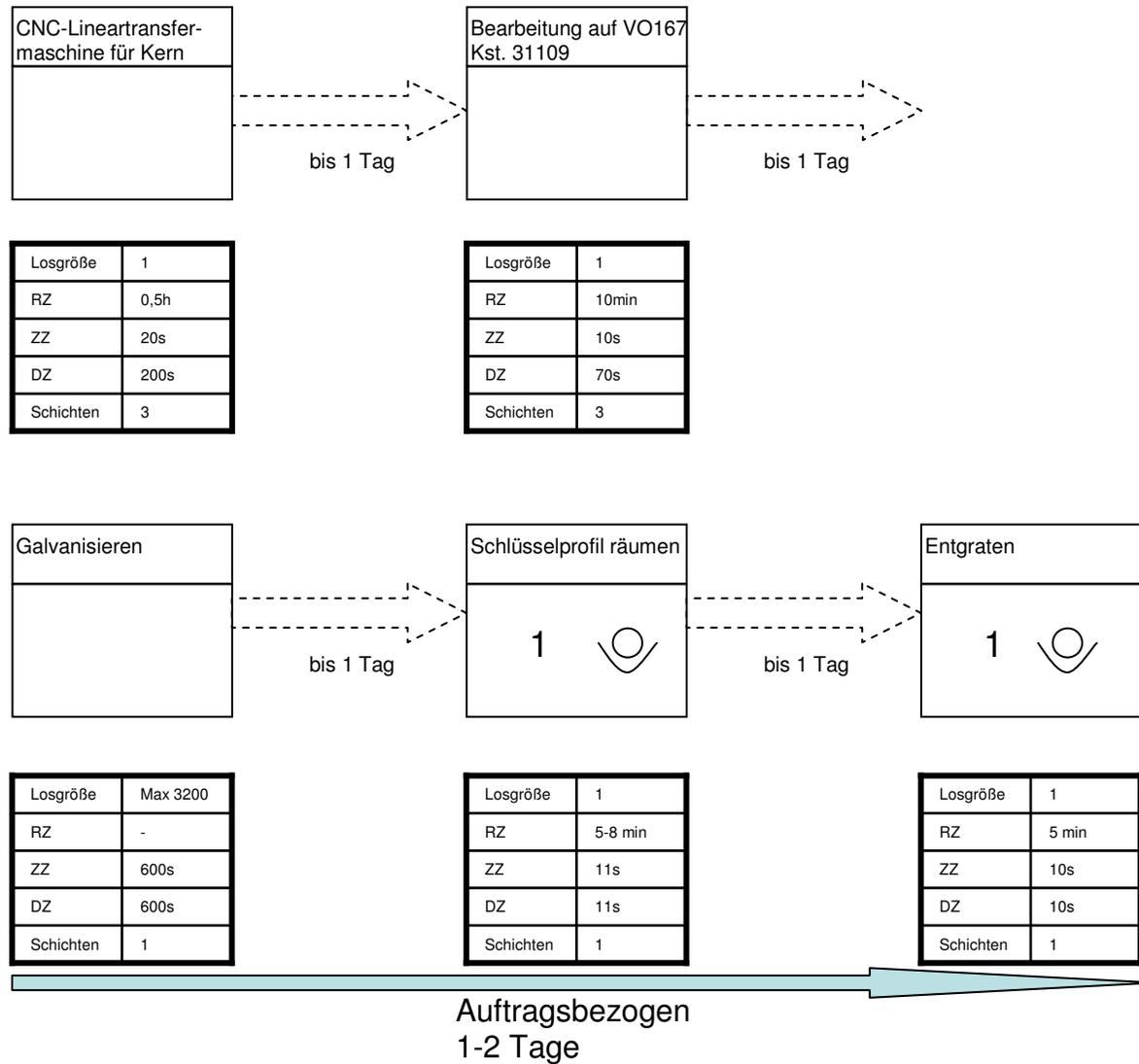


Abb. 75 Fertigung von DPI5 Kernen unter Verwendung einer CNC-Lineartransfermaschine

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

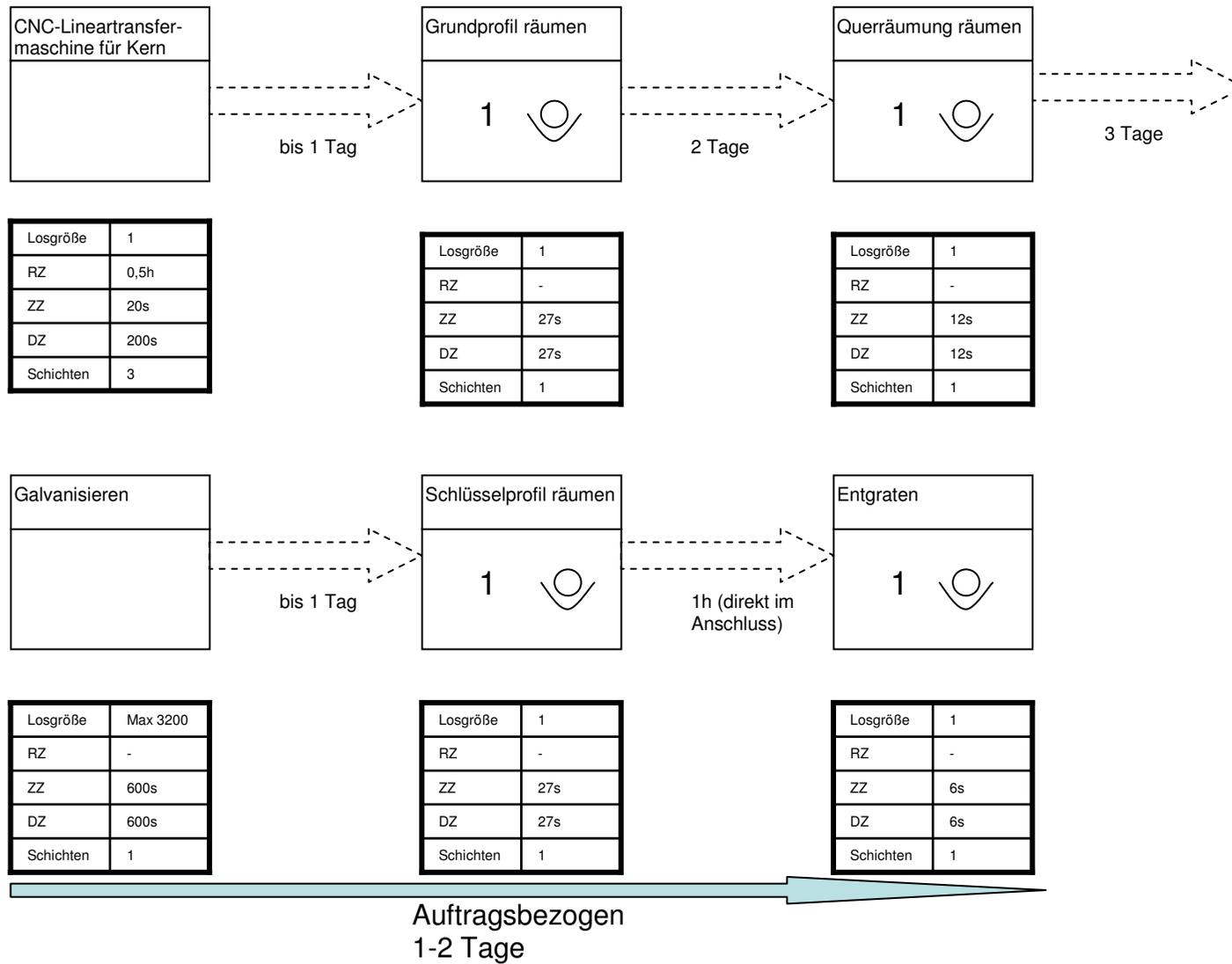


Abb. 76 Fertigung von DUAL Kernen unter Verwendung einer CNC-Lineartransfermaschine

Wie vorher werden nun Daten zur Berechnung der fixen und variablen Kosten zu den einzelnen Prozessschritten ermittelt. Somit können später die verschiedenen Möglichkeiten der Kernproduktion miteinander verglichen werden. Begonnen wird hierbei jeweils mit dem zentralen Element der Fertigungslösung. Die Berechnung selbst erfolgt stellvertretend für alle am System DPE.

In einem kurzen Text sind einzelne Werte erklärt. Im Anschluss daran werden eventuelle Rechnungen dargestellt und wichtige Werte extra aufgeführt.

Die Entwicklungs- und Baukosten der CNC-Lineartransfermaschine für Kerne liegen bei über zwei Millionen Euro.

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} = 2.025.000\text{€}$$

$$\text{Maschinena nzahl} = 1$$

$$\frac{\text{Anschaffun gskosten}_{\text{einzel}}}{\text{Maschine}} \times \text{Maschinena nzahl} = 2.025.000\text{€}$$

$$\text{Wiederbesc haffungsko sten} = \text{Anschaffun gskosten} = 2.025.000\text{€}$$

$$\text{Investitio nskosten} = \text{Anschaffun gskosten}$$

$$\text{Investitio nskosten} = 2.025.000\text{€}$$

Auch hier wird ein Nutzungsgrad von 90 Prozent bei einer Nutzungsdauer von 5 Jahren angenommen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Schichtenanzahl} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}}$$

$$\text{Schichtlänge} = 8 \frac{h}{\text{Schicht}}$$

$$\text{Jahresarbeitsstage} = 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahresarbeitszeit} = 3 \frac{\text{Schicht}}{\text{Tag}} \times 8 \frac{h}{\text{Schicht}} \times 250 \frac{\text{Tag}}{\text{Jahr}} = 6000 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = \eta \times \text{Jahresarbeitszeit}$$

$$\eta = 0,9$$

$$\text{Jahreinsatzzeit} = 0,9 \times 6000 \frac{h}{\text{Jahr}} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$\eta$ .....Nutzungsgrad

$h$ .....Stunde

Aus der Wertstromdarstellung der DPE Kernproduktion entnehmen wir eine benötigte Taktzeit von 20 Sekunden.

$$\text{Taktzeit}_{\text{Nike-Valerieeinzel}}^{\text{DPE}} = 20s$$

$$\text{Maschinenanzahl} = 1$$

$$\text{Taktzeit}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{DPE}} = \frac{\text{Taktzeit}_{\text{Nike-Valerieeinzel}}^{\text{DPE}}}{\text{Maschinenanzahl}} = 20s$$

Laut Betriebsleitung wird die Nutzungsdauer mit 5 Jahren veranschlagt. Die Investition wird also über 5 Jahre abgeschrieben.

$$\text{Nutzungsdauer} = \text{Abschreibungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

Der Zinssatz für Veranlagungen beträgt sechs Prozent.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

Der Flächenbedarf inklusive Arbeitsbereich beträgt 90 Quadratmeter.

$$\text{Platzbedarf}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} = 90m^2$$

$$\text{Platzbedarf}_{\text{Nike-Valerie}} = \text{Maschinenanzahl} \times \text{Platzbedarf}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} = 1 \times 90m^2 = 90m^2$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Unverändert werden auch hier jährliche Miet- und Heizungskostensätze übernommen.

$$\text{Miet- \& Heizungskosten} = 104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}$$

Messungen an der CNC-Lineartransfermaschine haben eine mittlere elektrische Leistungsaufnahme von 224 Kilowatt ergeben.

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} = 224 \text{ kW}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = \text{Leistungsaufnahme}_{\text{einzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}} = 224 \text{ kW} \times 1 = 224 \text{ kW}$$

Für Strom bezahlt das Unternehmen EVVA elf Cent pro Kilowattstunde am Standort Wien.

$$\text{Strompreis} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Der Instandhaltungskostensatz wird hier etwas höher wie in den vorhergehenden Berechnungen angenommen.

$$\text{Instandhaltungskostensatz} = 2,38\%$$

Ein mittlerer Personalkostensatz wird zur weiteren Berechnung festgelegt.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} = 30 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}} = 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$\frac{\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{max}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{min}}}{2} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} = \frac{30 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 25 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{2} = 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Zur Bedienung dieser Maschine wird ein Maschinenbediener zwar nur anteilmäßig benötigt, es soll in dieser Betrachtung dennoch angenommen werden, dass ein Maschinenbediener zwischen sechs und sechzehn Uhr ständig die Maschine betreut und dadurch ausgelastet ist. In der Zeit nach sechzehn und vor sechs Uhr produziert die Maschine mannlos, somit fallen in dieser Zeit keine Personalkosten an.

$$\text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerieeinzel}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1$$

$$\text{Reduktionsfaktor} = \frac{24h - \text{Einsatzzeit}_{\text{mannlos}}}{24h}$$

$$\text{Einsatzzeit}_{\text{mannlos}} = 14h$$

$$\text{Reduktionsfaktor} = \frac{24h - 14h}{24h} = 0,4167$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Maschinenbediener}} = \text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Maschinenbediener}} \times \text{Reduktionsfaktor} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Maschinenbediener}} = 1 \times 0,4167 \times 1 = 0,4167$$

Der Personalkostensatz für das Rüsten wird inklusive Lohnnebenkosten je Stunde mit ungefähr 37 Euro angenommen.

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \frac{4}{3}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} = 27,5 \frac{\text{€}}{h} \times \frac{4}{3} = 36,67 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Rüstzeit dieser Maschine ist ein angenommener Schätzwert. Da das Umrüsten per Tastendruck möglich ist, ist die Rüstzeit in Zukunft sehr wahrscheinlich zu vernachlässigen. Hier wird dennoch eine Zeitdauer von einer halben Stunde veranschlagt, da die ersten Teile nach dem Umrüsten sicherheitshalber vermessen und möglicherweise auftretende Korrekturen unternommen werden sollen. Stellt sich der Produktionsprozess unmittelbar nach dem Rüstvorgang als derart stabil heraus, dass das Vermessen nach dem Umrüsten nicht nötig ist, wird die Rüstzeit verschwindend klein.

$$\text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} = 0,5h$$

$$\text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerie}} = \text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerie}} = 0,5h \times 1 = 0,5h$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Das Rüsten dieser Maschine kann demnach von einem Maschineneinsteller leicht innerhalb einer Schicht erfolgen.

$$\text{Schichtarbeitszeit} = 8h$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Rüsten}} = \frac{\text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerie}}}{\text{Schichtarbeitszeit}}$$

$$\text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Rüsten}} = \frac{0,5h}{8h} = 0,00625 \approx 1 \rightarrow \text{aufgerundet}$$

Es wird angenommen, dass alle drei Tage umgerüstet wird. Dieser Wert wurde von dem Bereich Materialwirtschaft bei Annahme einer halben Stunde Rüstzeit gewählt und dient als Richtwert für diese Berechnung.

$$\text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}} = \frac{365}{3} = 121,67 \approx 122$$

Die Verwaltungskosten je Betriebsstunde einer Nike-Valerie belaufen sich auf fünf Euro. Dieser Wert ist ein Schätzwert und basiert auf tatsächlichen Verwaltungskosten ähnlicher Maschinen.

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} = 5 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerie}} = \text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerie}} = 5 \frac{\text{€}}{\text{Maschine} \times h} \times 1 \text{ Maschine} = 5 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Kosten für Betriebsstoffe nehmen wir an dieser Stelle mit zehn Eurocent je Maschine und Stunde an, da keine KSS benötigt werden.

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} = 0,1 \frac{\text{€}}{h}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerie}} = \text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerieeinzel}} \times \text{Maschinenanzahl}$$

$$\text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerie}} = 0,1 \frac{\text{€}}{h} \times 1 = 0,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun errechnen wir nach dem Algorithmus der Betriebsleitung aus den gewonnenen Daten die Absetzung für Abnutzung (kurz AfA). In diesem Fall sind die Wiederbeschaffungskosten nicht gleich den Investitionskosten, da die Maschine gefördert wird. Je Einsatzstunde ergibt sich dadurch eine AfA von 75 Euro.

$$\text{Nutzungsdauer} = 5 \text{ Jahre}$$

$$\text{Jahreseinsatzzeit} = 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}$$

$$\text{AfA} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{AfA} = \frac{2.025.000\text{€}}{5 \text{ Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 75 \frac{\text{€}}{h}$$

Nun werden die Zinsen bestimmt, die anfallen würden, hätte man diese Investition nicht getätigt.

$$\text{Zinssatz} = 6\%$$

$$\text{Zinsen} = \frac{\text{Investitionskosten} \times (1 + \text{Zinssatz})^{\text{Nutzungsdauer}} - \text{Investitionskosten}}{\text{Nutzungsdauer} \times \text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Zinsen} = \frac{2.025.000\text{€} \times (1 + 0,06)^5 - 2.025.000\text{€}}{5 \text{ Jahre} \times 5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} = 25,4 \frac{\text{€}}{h}$$

Als nächstes sind die Raumkosten zu errechnen, darin sind Heizungskosten und Mietkosten inbegriffen. Die Raumkosten betragen somit 1,7 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Raumkosten} = \frac{\text{Miet- \& Heizungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}} \times \text{Platzbedarf}_{60.015}$$

$$\text{Raumkosten} = \frac{104,6 \frac{\text{€}}{\text{Jahr} \times \text{m}^2}}{5400 \frac{h}{\text{Jahr}}} \times 90\text{m}^2 = 1,7 \frac{\text{€}}{h}$$

Die Addition der letzten drei Werte ergibt die Fixkosten. Diese betragen etwa 102 Euro je Stunde.

$$\text{Fixkosten} = \text{AfA} + \text{Zinsen} + \text{Raumkosten}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{Nike-Valerie}} = 75 \frac{\text{€}}{h} + 25,4 \frac{\text{€}}{h} + 1,7 \frac{\text{€}}{h} = 102,1 \frac{\text{€}}{h}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Die Energiekosten belaufen sich auf 24,6 Euro je Einsatzstunde.

$$\text{Energiekosten} = \text{Strompreis} \times \text{Leistungsaufnahme}_{\text{gesamt}}$$

$$\text{Energiekosten} = 0,11 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 224 \text{kWh} = 24,6 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Nun sind aus dem vorhin festgelegten Instandhaltungskostensatz die Instandhaltungskosten für eine Betriebsstunde zu ermitteln.

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{\text{Instandhaltungskostensatz} \times \text{Wiederbeschaffungskosten}}{\text{Jahreseinsatzzeit}}$$

$$\text{Instandhaltungskosten} = \frac{2,38\% \times 2.025.000\text{€}}{5400\text{h}} = 8,9 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Der Maschinenstundensatz sei als Summe von Fix-, Instandhaltungs- und Energiekosten definiert und liegt bei 135,6 Euro je Stunde.

$$\text{Maschinenstundensatz} = \text{Fixkosten}_{\text{Nike-Valerie}} + \text{Energiekosten} + \text{Instandhaltungskosten}$$

$$\text{Maschinenstundensatz} = 102,1 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 24,6 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 8,9 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 135,6 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Der Vollkostensatz wird durch Addieren von Maschinenstundensatz, Personal-, Verwaltungs- und Betriebsstoffkosten berechnet.

$$\text{Vollkostensatz} = \text{Maschinenstundensatz} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter}}^{\text{mittel}} \times \text{Personalbedarf}_{\text{Nike-Valerie}}^{\text{Maschinenbediener}} + \text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerie}} + \text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerie}}$$

$$\text{Vollkostensatz} = 135,6 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 0,4167 + 5 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 0,1 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 152,2 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

Die Rüstkosten errechnen sich aus den Personalkosten für Einsteller und der für das Rüsten nötigen Zeit.

$$\text{Rüstkosten} = \text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerie}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}}$$

$$\text{Rüstkosten} = 0,5\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 18,3\text{€}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Rüstzeit}_{\text{Nike-Valerie}} \times \text{Personalkosten}_{\text{Einsteller}}^{\text{mittel}} \times \text{Umrüstvorgänge}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}} = 0,5\text{h} \times 36,67 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 122 = 2.236,7\text{€}$$

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

Als nächstes sind die Grenzkosten zu bestimmen, die aufgrund der Annahme einer linearen Kostenfunktion mit den variablen Kosten zusammenfallen.

$$\text{Grenzkosten} = \frac{d}{dx} (FK + VK \times x)$$

$$\text{Grenzkosten} = VK$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter Nike-Valerie}} = \text{Personalbedarf}_{\text{Maschinenbediener Nike-Valerie}} \times \text{Personalkosten}_{\text{mittel Arbeiter}}$$

$$\text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter Nike-Valerie}} = 0,4167 \times 27,5 \frac{\text{€}}{\text{h}} = 11,46 \frac{\text{€}}{\text{h}}$$

$$VK = (\text{Betriebsstoffe}_{\text{Nike-Valerie}} + \text{Verwaltungskosten}_{\text{Nike-Valerie}} + \text{Personalkosten}_{\text{Arbeiter Nike-Valerie}} + \text{Energiekosten}) \times \text{Taktzeit}_{\text{DPE Nike-Valerie}}$$

$$VK = \frac{0,1 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 5 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 11,46 \frac{\text{€}}{\text{h}} + 24,6 \frac{\text{€}}{\text{h}}}{3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}} \times 20 \text{s} = 0,229 \text{€}$$

VK.....variable Kosten

FK.....Fixkosten

Nun sollen die fixen Kosten zu errechnen, um die Kostenfunktion zu komplettieren.

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = \text{Fixkosten}_{\text{Nike-Valerie}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + \text{Rüstkosten}_{\text{jährlich}}$$

$$\text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} = 102,1 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{Tag}} \times 365 \text{Tag} + 2.236,7 \text{€} = 896.722,5 \text{€}$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Nike-Valerie jährlich}} = \text{Fixkosten}_{\text{jährlich}} + VK \times x$$

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Nike-Valerie jährlich}} = 896.722,5 \text{€} + 0,229 \text{€} \times x$$

$$x = 1, 2, 3, \dots$$

x.....Produktionsmenge

Bei einer Produktion mit der CNC-Lineartransfermaschine für Kerne fallen prinzipbedingt keine weiteren Kosten durch zusätzlich notwendige Prozesse an. Darum ist die oben genannte Kostenfunktion mit denen der anderen Lösungsmöglichkeiten vergleichbar.

$$\text{Kostenfunktion}_{\text{Kernproduktion}} = \text{Kostenfunktion}_{\text{Nike-Valerie jährlich}} = 896.722,5 \text{€} + 0,229 \text{€} \times x$$

## 7.8 Vergleich möglicher Lösungen

Um die beste Auswahl zu treffen, müssen zunächst die anfallenden Kostenfunktionen der einzelnen Möglichkeiten zur Produktion von DPE Kernen verglichen werden. In folgender Tabelle sind die Kostenfunktionen der einzelnen Produktionsmethoden gegenübergestellt. Die Kostenfunktionen beinhalten keine Kosten für Prozesse, die in jeder Produktionsmethode Anwendung finden, wie etwa das Galvanisieren.

Zentrale Maschine	Jährliche Kostenfunktion - gesamt
EMCO turn 332	$1.471.853,6€ + 1,182€ \cdot x$
Giuliani Proflex PRF5	$1.595.022,4€ + 0,638€ \cdot x$
Imoberdorf imo-15 CNC	$1.784.935,8€ + 0,47€ \cdot x$
Pfiffner HB 32/16	$1.626.590,9€ + 0,444€ \cdot x$
Mikron Multifactor 60.015	$1.196.153,5€ + 0,548€ \cdot x$
CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie	$896.722,5€ + 0,229€ \cdot x$

Abb. 77 Vergleich der jährlichen Kostenfunktionen der Produktionsmöglichkeiten (DPE)

Auf den ersten Blick erkennt man bereits die günstigste Lösungsmöglichkeit, die CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie.

Nun werden die Kostenfunktionen grafisch dargestellt, um genauere Aussagen treffen zu können.

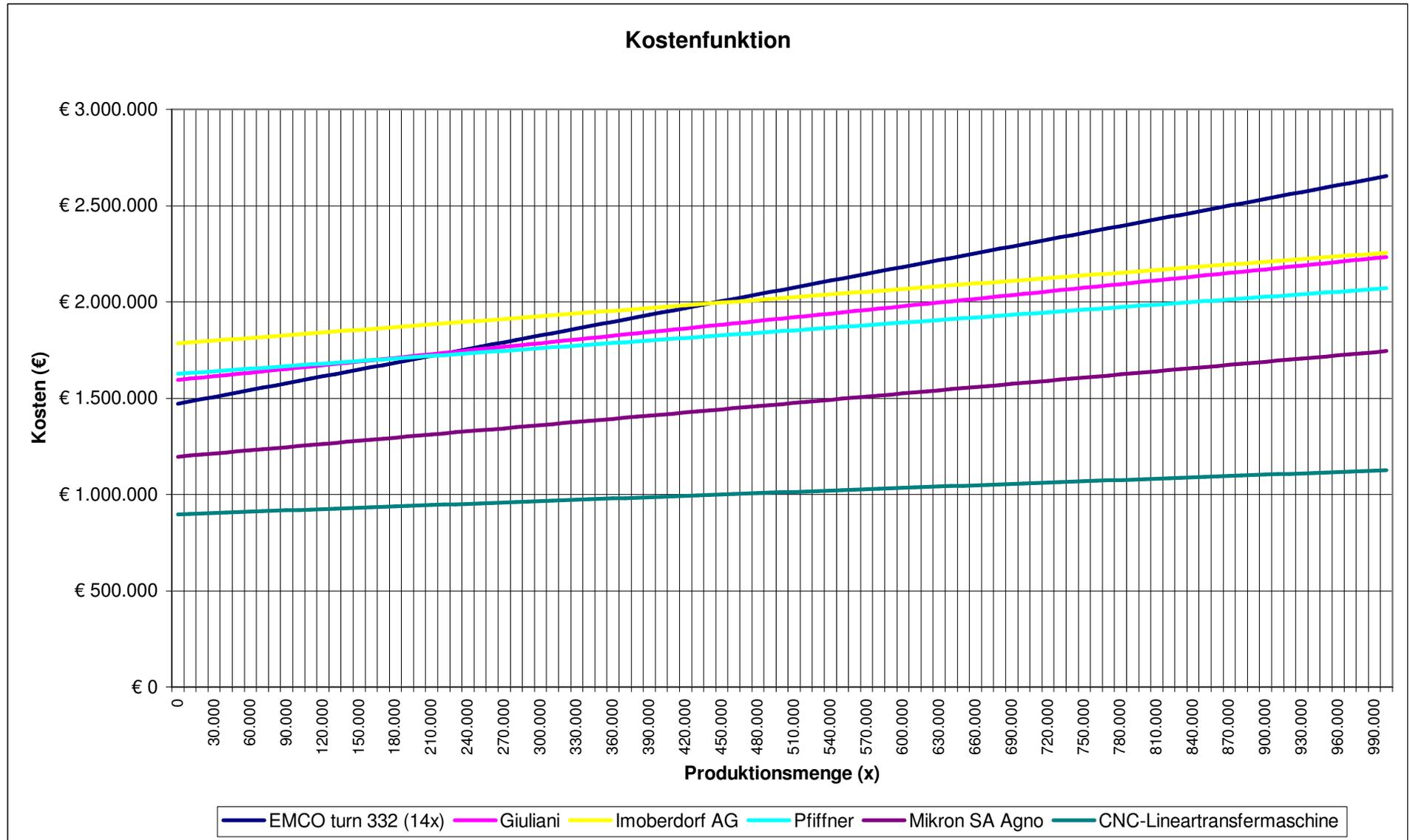


Abb. 78 grafischer Vergleich der jährlichen Kostenfunktionen

Die Produktion mittels der CNC-Lineartransfermaschine bietet, verglichen mit den anderen Lösungsmöglichkeiten, die Kostenfunktion mit den sowohl niedrigsten jährlichen Fixkosten, als auch der flachsten Steigung der Kostenfunktionen aufgrund der niedrigsten variablen Kosten. Die jährlichen Kostenfunktionen der Fertigung mittels Giuliani, EMCO, Pfiffner und Imoberndorf liegen nah bei einander, während die Mikron deutlich näher an der Nike-Valerie liegt.

Die Wahl fällt somit eindeutig auf die Umstellung der Kernfertigung auf die CNC-Lineartransfermaschine für Kerne Nike-Valerie.

Das Unternehmen EVVA hat sich zudem dazu entschlossen, die Fertigung von Kernen mit der Maschine Nike-Valerie umzusetzen.

## **7.9 Zukünftige Kernproduktion**

In Zukunft werden Kerne auf der CNC-Lineartransfermaschine für Kerne bearbeitet. Zusammengefasst ermöglicht dies eine kühlsmierstofffreie Bearbeitung und größtmögliche Flexibilität durch schnelles Umrüsten. Durch das schnelle Rüsten können somit die momentan vorhandenen, großen geforderten minimalen Losgrößen abgeschafft werden. In weiterer Folge reduzieren sich die innerbetrieblichen Bestände stark. Der Vorschlag zur zukünftigen Produktionssituation für Kerne stützt sich vor allem auf das Weglassen nicht notwendiger, weil nicht wertschöpfender Prozesse. Weitestgehend unangetastet bleibt der auftragsbezogene Teil der Fertigung, da er mit ein bis zwei Tagen von der Geschäftsführung vorgeschrieben ist. Der Auftrag wird heute direkt vor dem optionalen Galvanisieren eingesteuert. Davor wird nach Produktionsplan, Erfahrungen und Schätzungen der Marktlage gearbeitet. Die Erfüllung von Großaufträgen wird allerdings anders bewerkstelligt. Hierbei wird, abhängig von der Größe des Auftrags und der vorhandenen Bestände im Fertigteillager, der Auftrag ganz zu Beginn eingesteuert. Eine gute Lösungsmöglichkeit besteht darin, nach dem Galvanisieren einen Supermarkt einzurichten, aus dem Teile bei Bedarf entnommen werden können und mittels Kanban die Nachproduktion einzuleiten, wie es in der Visualisierung des Fertigungsablaufes ersichtlich ist. Durch diese Maßnahmen ist es möglich, den Bereich Materialwirtschaft zu entlasten und Fehlmengen bzw. Überproduktion auszuschließen. Die

Produktionsprozesse müssen ausreichend schnell und stabil sein, damit auch bei großen Aufträgen das System nicht kollabiert.

Die Fertigung aller Systemtypen außer MCS und etwaigen Sonderbauformen, sollen in Zukunft durch Nike-Valerie erfolgen. Die verschiedenen Produkte werden nicht alle auf einmal an die Maschine vergeben, sondern eines nach dem Anderen, beginnend mit den Produkten DPE und abschließend GPI.

Da eine Produktion von 3KS Kernen nicht in den vorigen Vergleichen enthalten ist, soll sie an dieser Stelle nachgetragen werden. Der Grund hierfür liegt daran, dass die Produktion von 3KS Kernen nur dann entscheidend wirtschaftlicher sein kann als sie es derzeit ist, wenn ohne Einsatz von KSS produziert wird.

Um den Produktionsprozess besser zu verstehen, befindet sich nachstehend eine Visualisierung des Fertigungsablaufes von der CNC-Lineartransfermaschine bis zur Montage.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

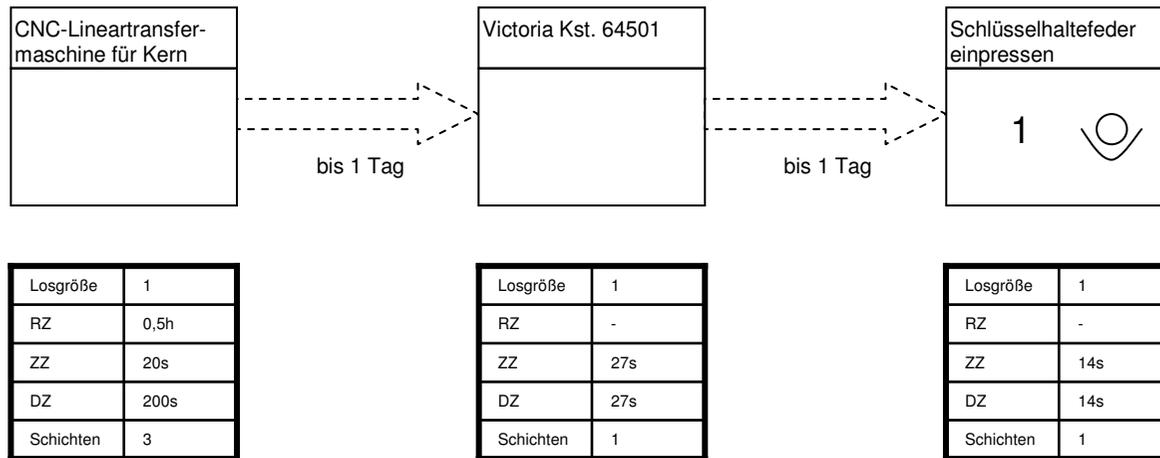


Abb. 79 Fertigung von 3KS Kernen mittels CNC-Linertransfermaschine Nike-Valerie

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

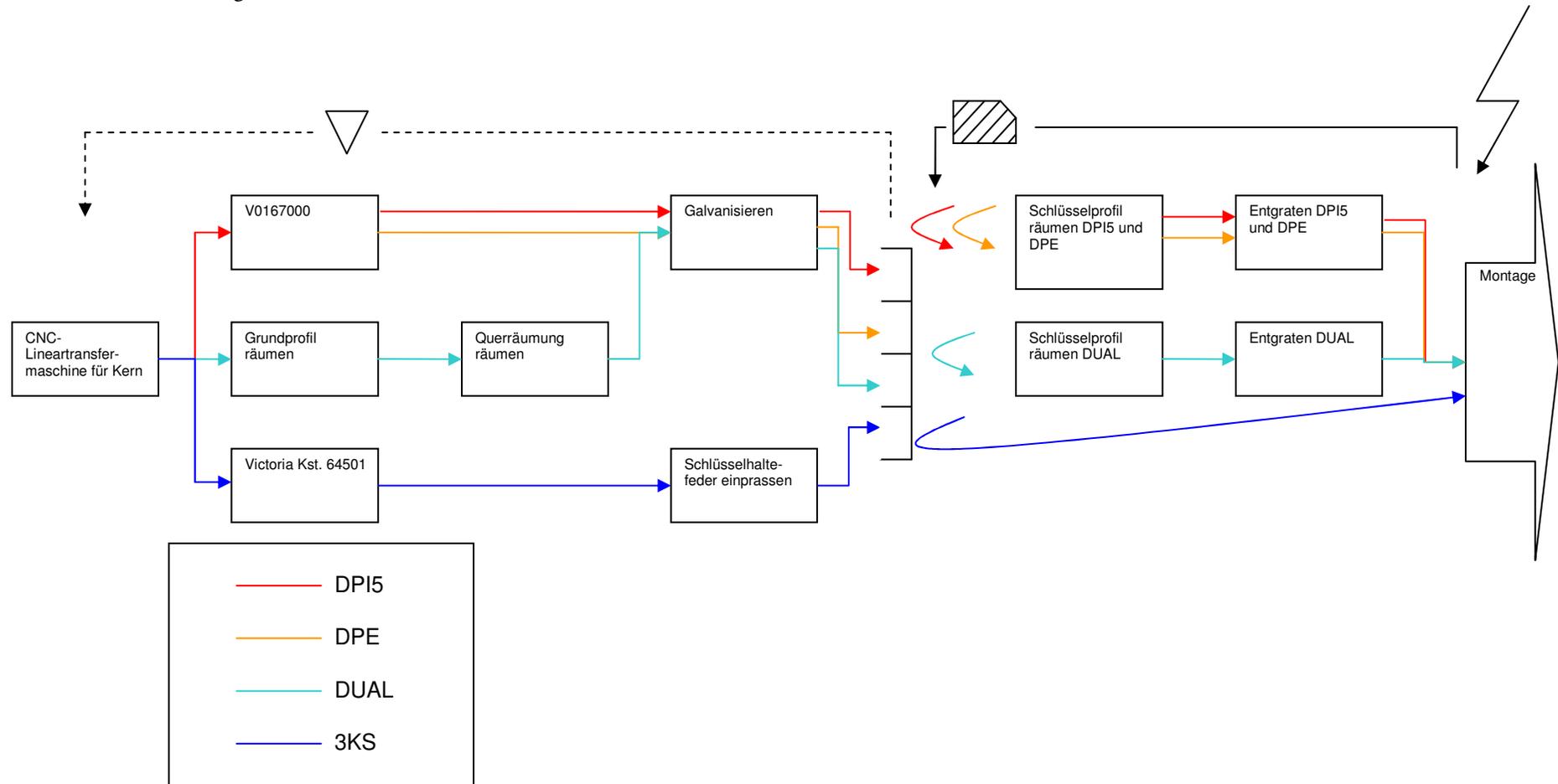
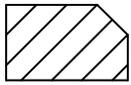


Abb. 80 Fertigungsablauf von der CNC-Lineartransfermaschine bis zur Montage



Signal-Kanban: Signalisiert, dass im Supermarkt der Nachbestellungspunkt erreicht wurde und nachproduziert werden muss <sup>74</sup>



Entnahme-Kanban: Anweisung und Erlaubnis für Mitarbeiter, Material zu entnehmen und zu transferieren <sup>75</sup>

In der Visualisierung des Fertigungsablaufes ist ein Supermarkt nach dem Galvanisierungsprozess, bzw. nach dem Einpressen der Schlüsselhaltefeder angeordnet. Der Prozess des Einpressens der Schlüsselhaltefeder gehört heute zur Kernmontage, sollte aber der Kernfertigung zugerechnet werden, damit die Montage nach dem Supermarkt schneller möglich ist. Weiters hebt sich die Fertigung von 3KS Kernen durch die Tatsache ab, dass Kerne für Zylinderschlösser ausschließlich aus Neusilber hergestellt werden und diese somit nicht galvanisiert werden. Nicht in obiger Abbildung eingezeichnet ist die Herstellung von 3KS Kernen aus Messing, welche von Kunden auch galvanisiert bestellt werden können. Allerdings werden diese Kerne nur in Möbelzylindern verbaut, welche in einer vergleichsweise geringen Stückzahl gefertigt werden.

---

<sup>74</sup> Vgl. Rother, Shook, 2004, S.99

<sup>75</sup> Vgl. ebenda

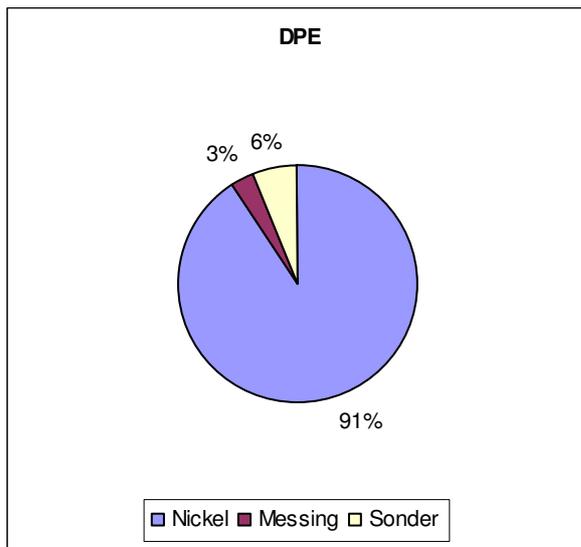


Abb. 81 Oberflächenverteilung DPE

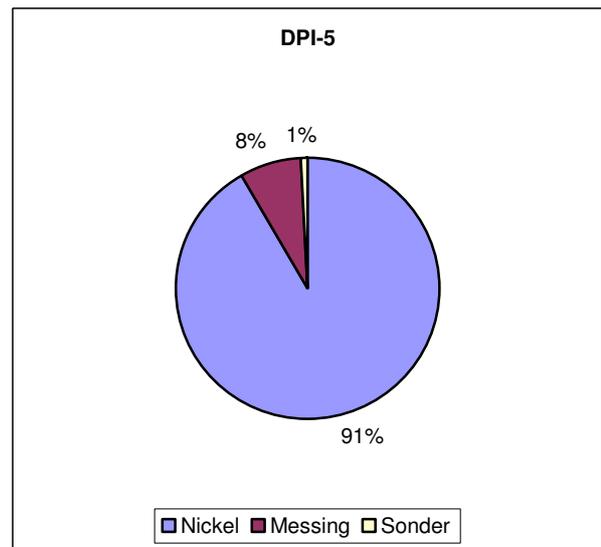


Abb. 82 Oberflächenverteilung DPI-5

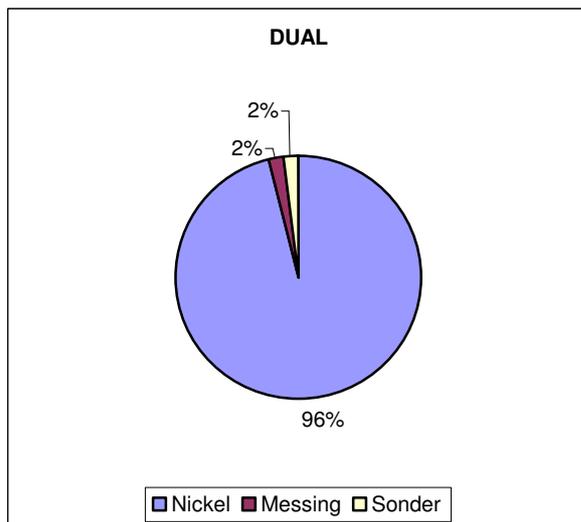


Abb. 83 Oberflächenverteilung DUAL

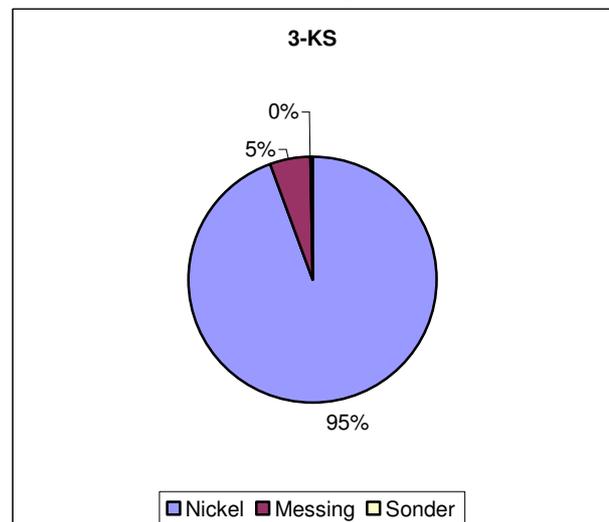
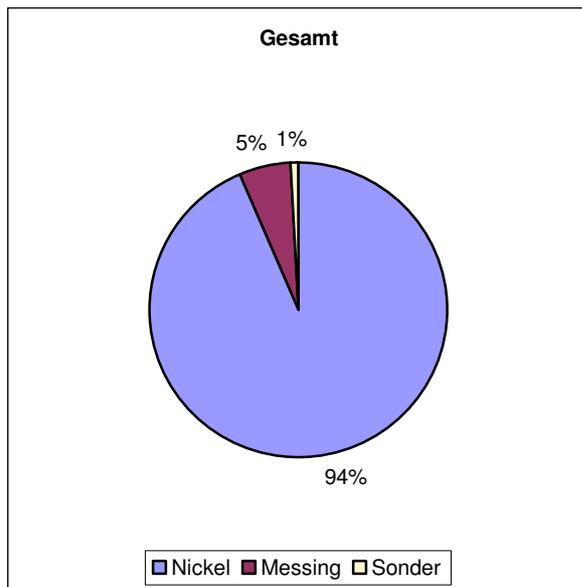


Abb. 84 Oberflächenverteilung 3KS



**Abb. 85 Oberflächenverteilung gesamt**

Bei der Analyse der Verteilung bestellter Oberflächen von Zylinderschlössern und damit Kernen, fällt auf, dass mit 94 Prozent beinahe alle Kerne vernickelt werden. Aufgrund dieser Erkenntnis erscheint es sinnvoll, den Supermarkt erst nach der Galvanisierung einzureihen. Ein Signal-Kanban soll nun eine Nachproduktion ab der CNC-Lineartransfermaschine bewirken, während die Produkte vom Auslösen bis in den Supermarkt nach der Galvanik-Anlage im First-In-First-Out Prinzip fließen. Die Bestandsmenge, die verbraucht werden muss um die Produktion eines bestimmten Produktes in Gang zu setzen, soll etwa einem Zwölf-Tagesbedarf entsprechen. Weiters soll diese klein genug sein, damit eine Nachproduktion innerhalb von drei Tagen gewährleistet ist. Die Zeitdauer von drei Tagen wird deshalb gewählt, weil für den Beginn der Produktion mit Nike-Valerie ein Umrüsten an jedem dritten Tag erfolgen soll. Selbstverständlich darf sich nicht stur an diese Regel gehalten werden um der Produktion keine Restriktionen aufzuerlegen. Anhand des Bedarfs an Kernen des Jahres 2008 werden im Anschluss wie folgt Supermarktbestände und Auslösemengen ermittelt. Der Kernverbrauch selbst darf aus Sicherheitsgründen nicht angegeben werden.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

$$Volumen_{Palette} = 110$$

$$Anzahl_{Produkte} = 4$$

$$Rüsten_{nachTagen} = 3$$

$$Lagerreichweite_{min}^{Tage} = Anzahl_{Produkte} \times Rüsten_{nachTagen} = 4 \times 3 = 12$$

$$Anzahl_i^{Tag} = \frac{Anzahl_i^{Jahr}}{365}$$

$$Anzahl_i^{12Tage} = Anzahl_i^{Tag} \times 12$$

$$Bedarf_i^{Palette} \approx \frac{Anzahl_i^{12Tage}}{Volumen_{Palette}} \rightarrow \text{auf ganze Paletten aufgerundet}$$

$$Bedarf_i^{Stück} = Bedarf_i^{Palette} \times Volumen_{Palette}$$

$$Sicherheitsaufschlag_{\%} = 10\%$$

$$Sicherheitsaufschlag_i^{Paletten} \approx Bedarf_i^{Palette} \times Sicherheitsaufschlag_{\%}$$

→ auf ganze Paletten gerundet

$$Gesamtbestand_i^{Palette} = Sicherheitsaufschlag_i^{Paletten} + Bedarf_i^{Palette}$$

$$Gesamtbestand_i^{Stück} = Gesamtbestand_i^{Palette} \times Volumen_{Palette}$$

$$Auslösemenge_i^{Palette} = Sicherheitsaufschlag_i^{Paletten}$$

$$Auslösemenge_i^{Stück} = Auslösemenge_i^{Palette} \times Volumen_{Palette}$$

$i = DPI5, DPE, DUAL, 3KS$

In nachstehender Tabelle sind die durch den obigen Algorithmus errechneten Werte angeführt.

System	Paletten		Stück	
	Gesamtbestand	Auslösemenge	Gesamtbestand	Auslösemenge
DPI5	37	3	4070	330
DPE	264	24	29040	2640
DUAL	24	2	2640	220
3KS	110	10	12100	1100

Abb. 86 Gesamtbestände und Auslösemengen für Supermarkt

Beachtet man nun die in den Kreisdiagrammen dargestellte Verteilung der von Kunden gewünschten Kernoberflächen, und berücksichtigt, dass es für die Produktion somit nur zwei verschiedene Zustände gibt, nämlich vernickelt oder unvernickelt, so ergeben sich die in der folgenden Tabellen dargestellten Gesamtbestände und Auslösemengen.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

System	Nickel			
	Paletten		Stück	
	Gesamtbestand	Auslösemenge	Gesamtbestand	Auslösemenge
DPI5	34	3	3740	330
DPE	240	22	26400	2420
DUAL	23	2	2530	220
3KS	104	10	11440	1100

Abb. 87 Gesamtbestände und Auslösemengen für vernickelte Kerne

System	unvernickelt			
	Paletten		Stück	
	Gesamtbestand	Auslösemenge	Gesamtbestand	Auslösemenge
DPI5	3	1	330	110
DPE	24	2	2640	220
DUAL	2	1	220	110
3KS	6	1	660	110

Abb. 88 Gesamtbestände und Auslösemengen für unvernickelte Kerne

System	Gesamtbestand	
	Nickel	unvernickelt
DPI5	91,89%	8,11%
DPE	90,91%	9,09%
DUAL	95,83%	8,33%
3KS	94,55%	5,45%

Abb. 89 Anteile vernickelter und unvernickelter Kerne am Supermarktvolumen

Aus der letzten Abbildung ist gut zu erkennen, dass die Bestandsverteilung verglichen mit dem Supermarktvolumen den Kundenbedürfnissen entspricht.

Der Produktionsauftrag wird nun nicht mehr vor der Galvanisierung eingebracht, sondern bei der Montage, sodass dort eine Berechtigung gegeben ist, die gewünschten Teile mittels Entnahme-Kanban zu den nachfolgenden Montage- bzw. Bearbeitungsstationen zu transferieren. Der Supermarkt soll räumlich nahe an die nachfolgenden Prozesse angeordnet sein. Eine gute Möglichkeit besteht darin, einen Teil der erst kürzlich beschafften Pater-Noster-Lager der Montageabteilungen als Supermarkt zu nutzen.

## 8 Resümee

Anhand der vorangehenden Berechnungen ist zu sehen, dass die Investition in die Entwicklung und Einsatz modernster Technologien zu einer wesentlichen Reduktion der Produktionskosten führen kann. Anhand detaillierter Betrachtungen der einzelnen Lösungsmöglichkeiten wurden die Produktionsprozesse sowohl technisch als auch wirtschaftlich genau miteinander verglichen. Diese Gegenüberstellung führte auf ein eindeutiges Ergebnis. So fällt die Wahl auf die vom EVVA-Maschinenbau entwickelte und konstruierte CNC-Lineartransfermaschine. Diese Arbeit zeigt auf, dass für den vorliegenden Fall der Kernproduktion, die Entscheidung für die Eigenentwicklung der richtige Schritt war.

In den nachstehenden Tabellen sind die durchschnittlichen Durchlaufzeiten der derzeitigen Produktionsgegebenheiten den zukünftigen gegenübergestellt. Die angeführten Durchlaufzeiten sind als jene Zeit zwischen Bearbeitungs- und Montagebeginn zu verstehen.

	heute	Zukunft	Abweichung (%)
DPI-5	7	2,5	-64,3%
DPE	7	2,5	-64,3%
3KS	3	2,5	-16,7%
DUAL	10	6	-40,0%

**Abb. 90 Vergleich durchschnittlicher Durchlaufzeiten**

Die zukünftigen Produktionsprozesse sind einschließlich des Supermarktes auf den nächsten Seiten abgebildet. Sie sind die Grundlage der oben angeführten Durchlaufzeiten der zukünftigen Produktionssituation.

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

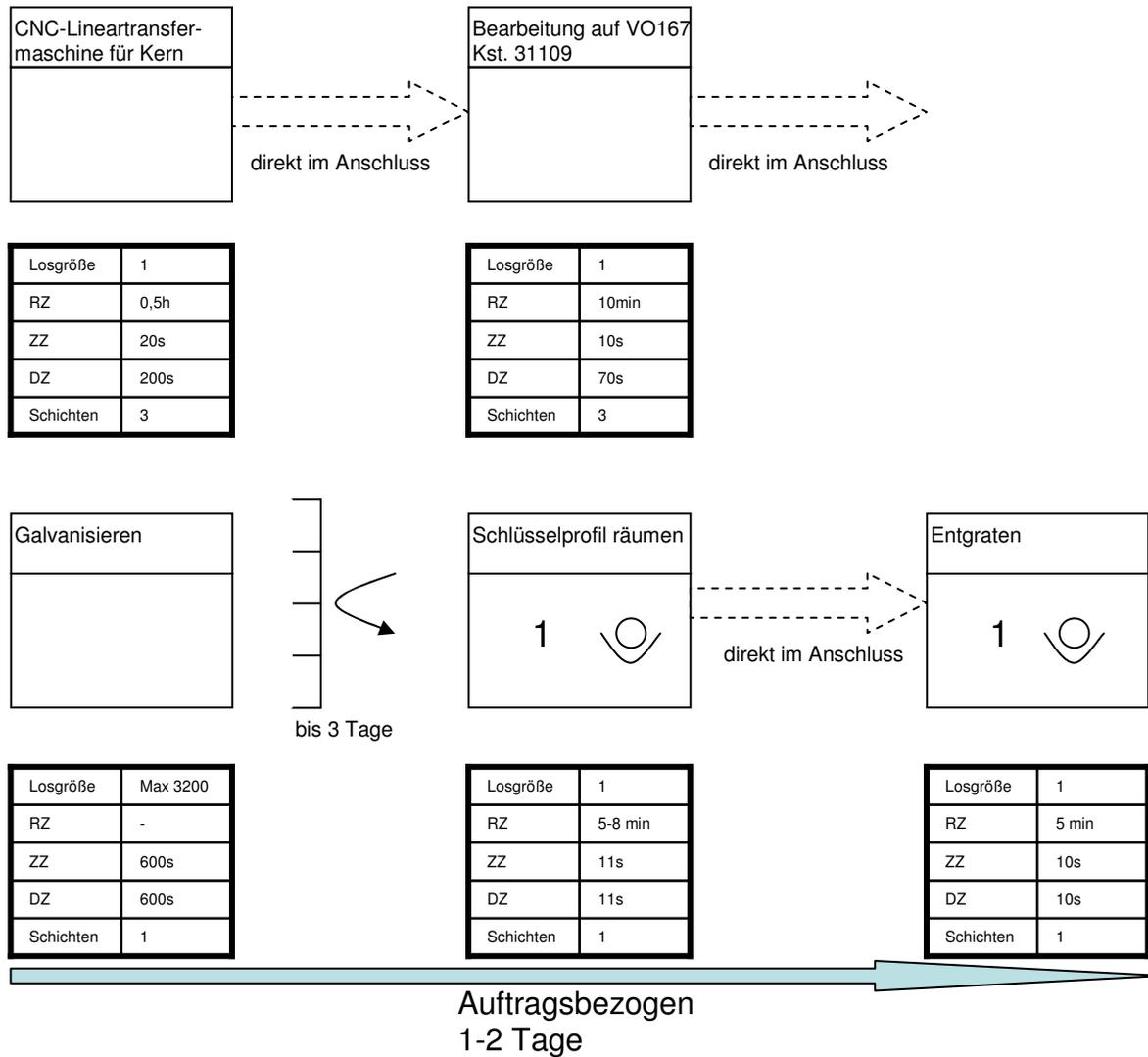


Abb. 91 zukünftige DPE Kernproduktion

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

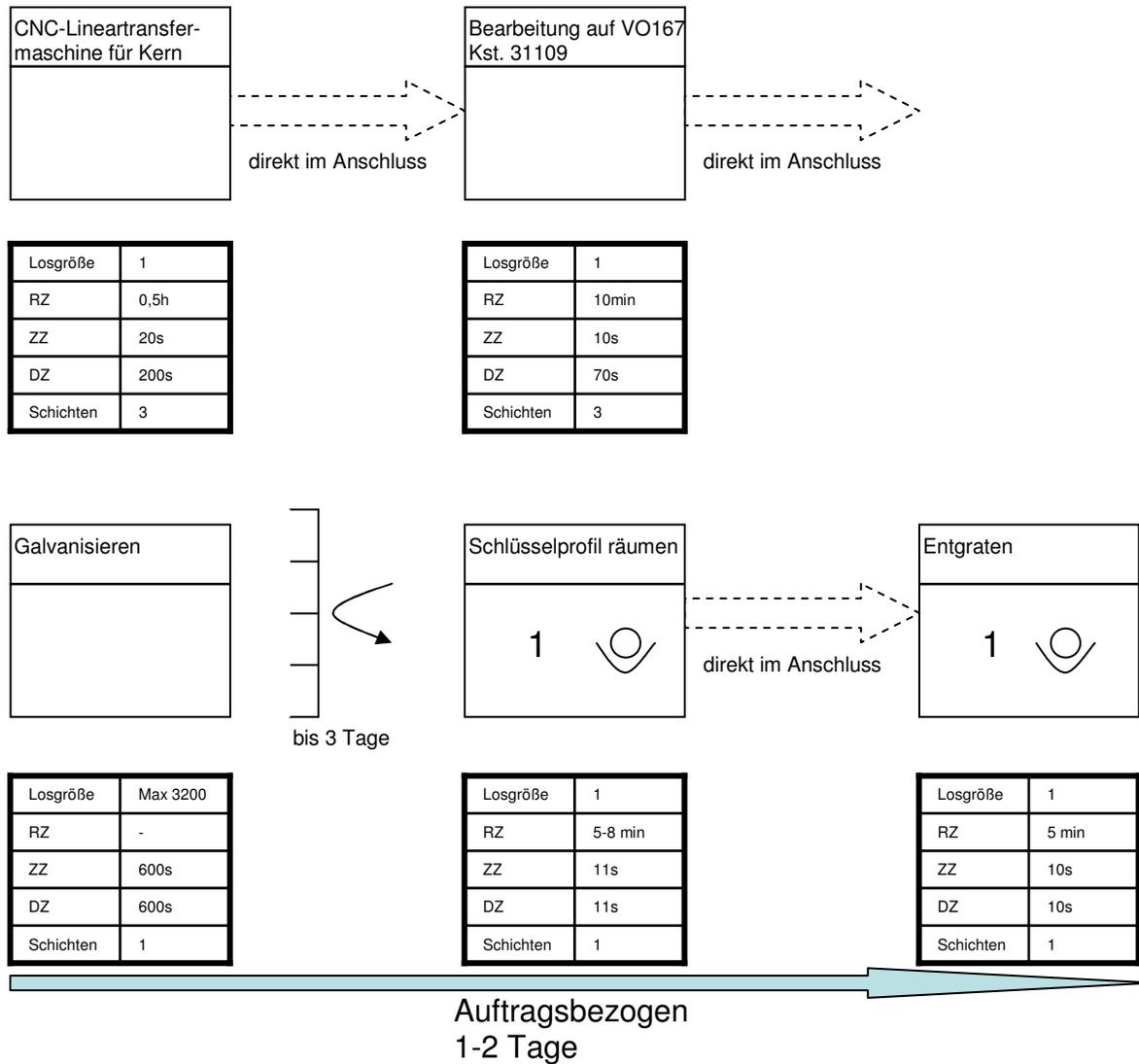


Abb. 92 zukünftige DPI5 Kernproduktion

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

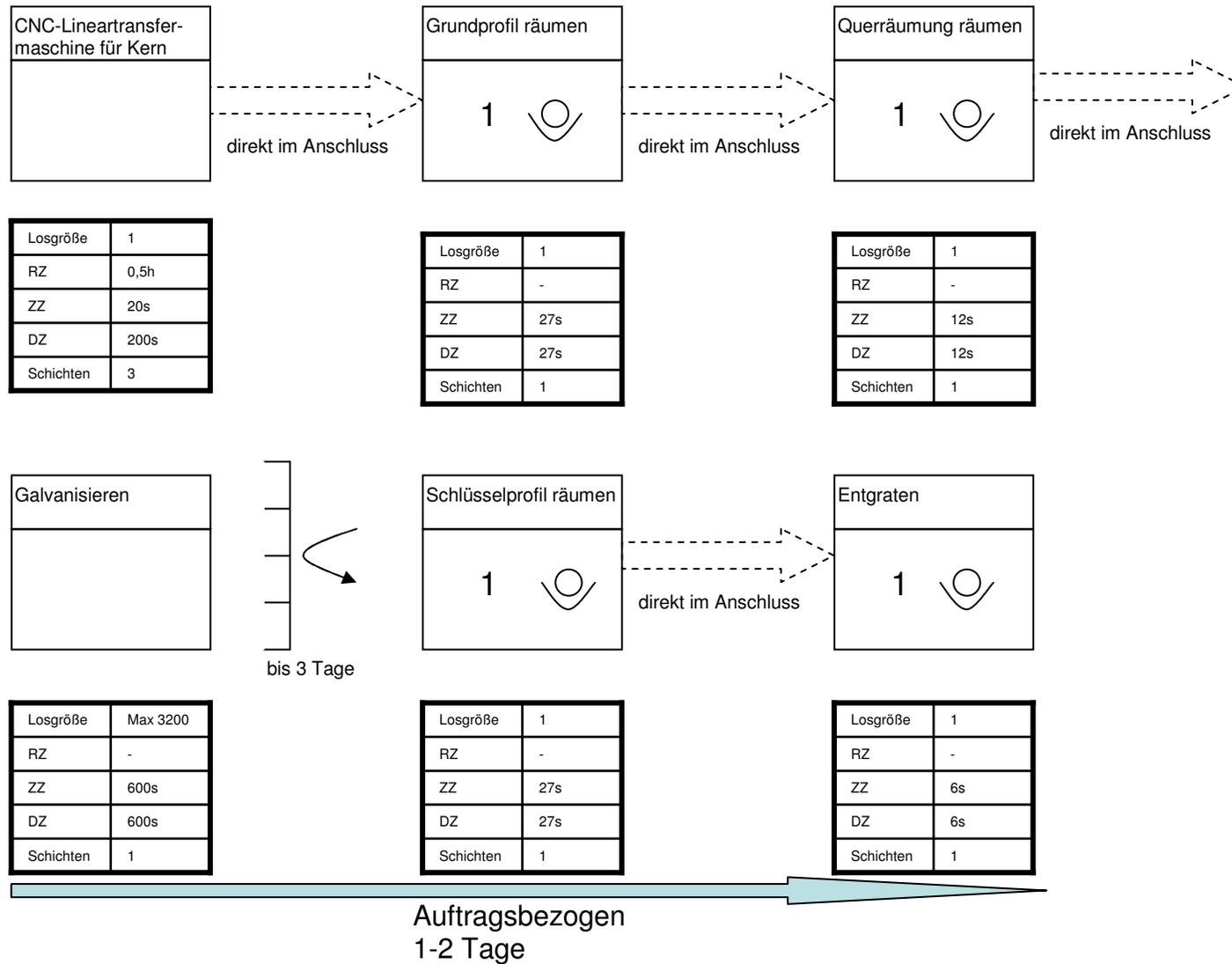


Abb. 93 zukünftige DUAL Kernproduktion

Analyse und Konzeptionierung einer Zylinderschlossfertigung unter besonderer Berücksichtigung der Kosten-, Durchlaufzeit- und Bestandsminimierung bei EVVA-Werk GmbH & Co KG

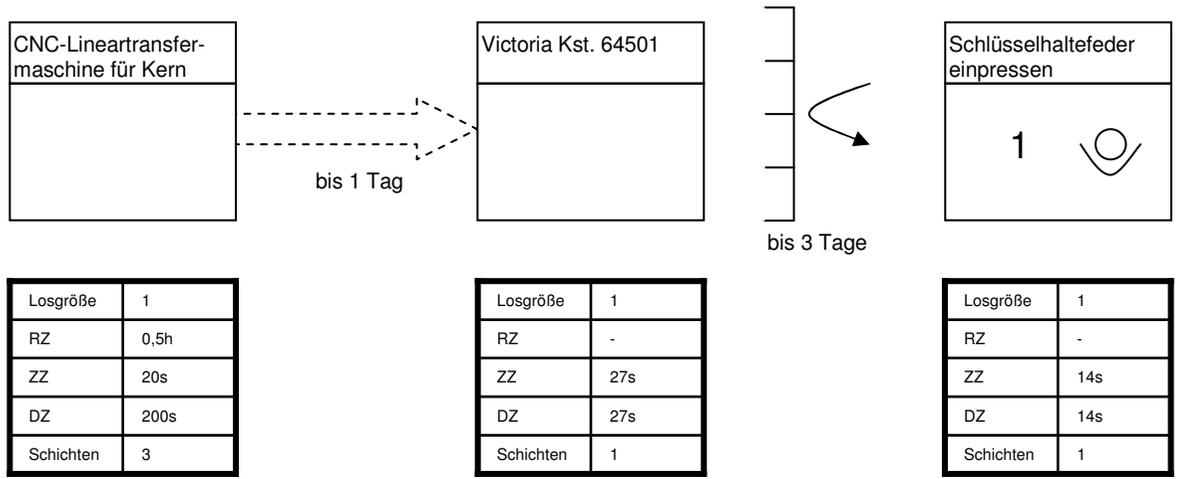


Abb. 94 zukünftige 3KS Kernproduktion

Gerade heute ist es für EVVA besonders interessant, möglichst kurze Lieferzeiten zu erreichen, da das konkurrierende Unternehmen Kaba aktuell mit dem Kaba-Produktionssystem versucht, die kürzesten Lieferzeiten am Markt zu erlangen.

In der nächsten Abbildung sind die Herstellungskosten der heutigen Produktionsmethoden mit den zukünftigen verglichen. Als Basis wurden Stückzahlen des Jahres 2008 herangezogen.

	heute	Zukunft	Abweichung (%)
DPI-5	€ 81.900,67	€ 45.219,23	-44,8%
DPE	€ 81.900,67	€ 45.219,23	-44,8%
3KS	€ 107.771,04	€ 122.128,42	13,3%
DUAL	€ 50.351,90	€ 42.001,77	-16,6%

**Abb. 95 Herstellungskostenvergleich – heute versus Zukunft (Kernverbrauch 2008)**

Anhand des Vergleichs ist zu erkennen, dass ein besonders großes Einsparungspotential bei den Produkten DPI-5 und DPE besteht. Eine Produktionsumstellung von 3KS Kernen auf die neue Technologie ist demnach auf den ersten Blick nicht wirtschaftlich. Aus diesem Grund muss überprüft werden, ob die Taktzeit der CNC-Lineartransfermaschine auf 15,3 Sekunden gesenkt werden kann, weil ab dieser Taktzeit die Herstellungskosten Ceteris paribus gleich hoch sind wie heute. Es handelt sich um eine durchaus realistische Forderung, da die in der Berechnung angenommene Taktzeit von 20 Sekunden vorab jeglicher Optimierungsmaßnahmen von Nike-Valerie erreichbar sind und somit gesenkt werden kann.

Die Investition in modernste Bearbeitungs- und Fertigungstechnologien bietet Unternehmen eine Reihe von Vorteilen, von denen viele nicht oder nur schwer monetär zu bewerten sind.

## 9 Literaturverzeichnis

REFA Verband für Arbeitsgestaltung und Betriebsorganisation e. V. (Hrsg.): Methodenlehre des Arbeitsstudiums : Teil 3 Kostenrechnung, Arbeitsgestaltung, München, Hanser, 1985

Rother Mike: Sehen lernen mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen, Aachen, Lean Management Institut, 2004

W. Sihn, P. Kuhlang, W. Mrkonjic: Grundlagen des Produktionsmanagements - Skriptum zur Unterstützung der Vorlesung Grundlagen der Betriebstechnik (320.282), Bereich für Betriebstechnik und Systemplanung Eigenverlag, Wien, 2005

J. Minichmayr, P. Kuhlang: Logistik; Institut für Managementwissenschaften der TU Wien, Bereich Systemplanung und Betriebstechnik, Wilfried Sihn, Wien, 2006

Weinert Klaus: Trockenbearbeitung und Minimalmengenkühlschmierung: Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik, Berlin, Springer, 1998

Weinert Klaus; u.a.: Trockenbearbeitung heute, in: Seminar. Leistungsfähige spanende Fertigung – wirtschaftlich und umweltverträglich durch Minimalmengen-Schmierung und Trockenbearbeitung, Stuttgart, VDI, 4.März 2004

Ophey Lothar: Trockenbearbeitung: Bearbeitung metallischer Werkstoffe ohne Kühlschmierstoffe, Renningen-Malmsheim, expert-Verlag, 1998

Adam Monika; u.a.: Hautschutz in Metallbetrieben BGI 658, Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften, 2005

Prinz Dieter: Grundvoraussetzungen für die erfolgreiche HSC-Bearbeitung, in Blaimhauer u.a. (Hrsg.): Vortragsunterlagen zur 7. Österreichische HSC-Tagung, Chancen und Möglichkeiten in der HSC-Bearbeitung, Steyr 24.-25. Juni 1999

Klocke F.: Hochleistungsbearbeitung, in Blaimhauer u.a. (Hrsg.): Vortragsunterlagen zur 7.  
Österreichischen HSC-Tagung, Chancen und Möglichkeiten in der HSC-Bearbeitung, Steyr  
24.-25. Juni 1999

Schöbinger Thomas; u.a.: Durchlaufzeitverkürzung und Lagerstandsreduktion; Projektarbeit  
FH Wiener Neustadt; 2004

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Reduktion der durchschnittlichen Durchlaufzeiten .....	5
Abb. 2 Senkung der Herstellungskosten (Basis: Kernverbrauch 2008).....	6
Abb. 3 Gründe für Bestände.....	10
Abb. 4 Einflussgrößen auf Bestände .....	12
Abb. 5 Komponenten des Lagerbestandes aufgrund der Vorratsergänzung und -sicherung ...	13
Abb. 6 Zusammenhang von Informations- und Materialfluss .....	15
Abb. 7 Regelkreis der Kanban-Karte K5 .....	17
Abb. 8 Fragen, die durch eine Kanban-Karte beantwortet werden .....	17
Abb. 9 Niederlassungen und Distributoren von EVVA in Europa .....	18
Abb. 10 Materialbewegungen bei Herstellung von 3KS Zylinderschlössern .....	19
Abb. 11 Materialbewegungen bei Herstellung von DPI5 Zylinderschlössern.....	19
Abb. 12 Materialfluss bei Herstellung von DUAL Zylinderschlössern.....	20
Abb. 13 Aufgaben und Anforderungsprofil von Kühlschmierstoffen .....	23
Abb. 14 Auslöser von Hautkrankheiten mit bestätigtem BK-Verdacht.....	25
Abb. 15 Bei der Trockenbearbeitung entfallen die primären KSS-Funktionen Kühlen, Schmieren und Späneabtransport .....	28
Abb. 16 Aufteilung der Prozessenergie HSC-Bearbeitung .....	30
Abb. 17 Kühlschmierstoffkonzepte .....	31
Abb. 18 3KS-Modulzylinderschloss .....	34
Abb. 19 DPI-Zylinderschloss - Schnittansicht.....	37
Abb. 20 DPE-Zylinderschloss - Schnittansicht.....	39
Abb. 21 DUAL-Zylinderschloss - Schnittansicht .....	40
Abb. 22 3KS-Zylinderschloss - Schnittansicht .....	42
Abb. 23 MCS-Zylinderschloss - Schnittansicht.....	43
Abb. 24 Gegenüberstellung interne und externe Fertigung von Räumnadeln .....	45
Abb. 28 einige relevante technische Daten einer EMCO turn 332 mit 1m-Stangenlader und Späneförderer .....	60
Abb. 29 EMCO turn 332 ohne Späneförderer und Stangenlader.....	61
Abb. 30 Bestimmung der Anzahl an EMCO turn 332 Maschinen zur Kernproduktion.....	61
Abb. 31 Erreichbare Taktzeit bei Kernproduktion mittels 14 EMCO turn 332 Maschinen ...	62
Abb. 35 einige relevante technische Daten einer Giuliani Proflex PRF5 .....	79
Abb. 36 Taktzeiten zur Produktion verschiedener Systeme durch PRF5 .....	79
Abb. 37 Giuliani Proflex PRF5 .....	80
Abb. 38 Vor- und Nachteile der Bearbeitung mittels Giuliani Proflex PRF5.....	81
Abb. 39 Festlegung der nötigen Anzahl an Giuliani Proflex PRF5 Maschinen .....	81

Abb. 43 einige relevante technische Daten einer Imoberdorf imo-15 CNC .....	96
Abb. 44 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme durch eine imo-15 CNC .....	97
Abb. 45 Außenansicht einer Imoberdorf imo-15 CNC .....	97
Abb. 46 Innenansicht einer imo-15 CNC .....	98
Abb. 47 CAD-Zeichnung des Rundtisches einer imo-15 CNC (einige Bearbeitungsstationen ausgeblendet).....	98
Abb. 48 Nachteile der Bearbeitung mittels Imoberdorf imo-15 CNC .....	99
Abb. 49 Festlegung der nötigen Anzahl an Imoberdorf imo-15 CNC Maschinen .....	99
Abb. 53 einige relevante technische Daten einer Pfiffner HB 32/16 .....	113
Abb. 54 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels HB 32/16 .....	114
Abb. 55 Pfiffner HB 32/16 Außenansicht .....	114
Abb. 56 Rundtisch mit Bearbeitungsstationen einer Pfiffner HB 32/16.....	115
Abb. 57 Nachteile der Bearbeitung mittels Pfiffner HB 32/16 .....	115
Abb. 58 Festlegung der nötigen Anzahl an Pfiffner HB 32/16 Maschinen .....	116
Abb. 62 einige relevante technische Daten einer Mikron Multifactor 60.015 .....	130
Abb. 63 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels Multifactor.....	131
Abb. 64 Nachteile der Bearbeitung mittels Mikron Multifactor 60.015 .....	131
Abb. 65 Festlegung der nötigen Anzahl an Mikron Multifactor 60.015 Maschinen .....	132
Abb. 69 noch im Bau befindliche CNC-Lineartransfermaschine Nike-Valerie .....	148
Abb. 70 einige relevante technische Daten einer Nike-Valerie .....	148
Abb. 71 Taktzeiten zur Fertigung verschiedener Systeme mittels Nike-Valerie .....	149
Abb. 72 Nachteile der Bearbeitung mittels Nike-Valerie .....	149
Abb. 73 Festlegung der nötigen Anzahl an CNC-Lineartransfermaschinen.....	150
Abb. 77 Vergleich der jährlichen Kostenfunktionen der Produktionsmöglichkeiten (DPE). 162	
Abb. 80 Fertigungsablauf von der CNC-Lineartransfermaschine bis zur Montage .....	167
Abb. 81 Oberflächenverteilung DPE .....	169
Abb. 82 Oberflächenverteilung DPI-5 .....	169
Abb. 83 Oberflächenverteilung DUAL.....	169
Abb. 84 Oberflächenverteilung 3KS .....	169
Abb. 85 Oberflächenverteilung gesamt.....	170
Abb. 86 Gesamtbestände und Auslösemengen für Supermarkt.....	171
Abb. 87 Gesamtbestände und Auslösemengen für vernickelte Kerne .....	172
Abb. 88 Gesamtbestände und Auslösemengen für unvernickelte Kerne .....	172
Abb. 89 Anteile vernickelter und unvernickelter Kerne am Supermarktvolumen.....	172
Abb. 90 Vergleich durchschnittlicher Durchlaufzeiten.....	173
Abb. 95 Herstellungskostenvergleich – heute versus Zukunft (Kernverbrauch 2008) .....	178

## 11 Abkürzungsverzeichnis

3KS	3-Kurven-System
AfA	Absetzungen für Abnutzung
BK	Berufskrankheit
bzw.	beziehungsweise
DPE	Doppel-Profil-Erweitert
DPI	Doppel-Profil-Integriert
EVVA	Entwicklungs-, Versuchs- und Verwertungs-Anstalt
FK	Fixkosten, fixe Kosten
GPI	Grund-Profil-Integriert
HM	Hartmetall
HSC	high speed cutting
HSK	Hohlschaftkegel
KSM	Kühlschmiermittel
KSS	Kühlschmierstoff
Kst	Kostenstelle
MA	Mitarbeiter
MCS	Magnetic-Code-System
MMKS	Minimalmengenkühlschmierung
MMS	Minimalmengenschmierung
u.a.	und andere
VK	variable Kosten
VMBG	Vereinigung der Metall- Berufsgenossenschaften
z.B.	zum Beispiel