

# Diplomarbeit

Ermittlung von Durchlaufzeiten des Zuschnittes für vorgegebene Stückzahlen in der Muldenfertigung unter Berücksichtigung von Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand

Vorgelegt am: 17. August 2009

Von: Udo Rattei  
Frankenthaler Str. 50  
07548 Gera

Studienrichtung / Studiengang: Industrielle Produktion / Produktionstechnik

Seminargruppe: PT06

Matrikelnummer: 4060262

Praxispartner: Fa. Jünger GmbH  
Leedenstraße 2  
04626 Beerwalde / Löbichau

Gutachter: Dipl.-Ing. Matthias Frenzel (Jünger GmbH)  
Dipl.-Ing. Dagmar Menzel (Staatliche Studienakademie Glauchau)

Studiengang Industrielle Produktion

### Themenblatt Diplomarbeit

**Student: Rattei, Udo**

**SG: PT06**

**Matr.-Nr.: 4060262**

Bildungsstätte: Jünger GmbH  
Anschrift: Leedenstraße 2  
04626 Beerwalde/Thür.

Gutachter/Betreuer: Herr Dipl.-Ing. Matthias Frenzel

Gutachter (Studienakademie): Frau Dipl.-Ing. Dagmar Menzel

### Thema der Diplomarbeit

**Ermittlung von Durchlaufzeiten des Zuschnittes für vorgegebene Stückzahlen in der Muldenfertigung unter Berücksichtigung von Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand**

#### Bearbeitungsschwerpunkte:

- Pufferbestand/Soll-Zustand
- Betrachtung der Fertigungszeiten
- Betrachtung des Materialeinsatzes
- Betrachtung der Logistik (innerbetrieblicher Transport und Lagerung)

Ausgabe des Themas: **18. Mai 2009**

Abgabe der Arbeit an den SG am: **17. August 2009**

  
Prof. Dr. Heiko Enge  
Leiter des Studienganges  
Industrielle Produktion

Berufsakademie Sachsen  
Staatl. Studienakademie Glauchau  
Kopernikusstr. 51 / Pf 173  
08371 Glauchau  
Tel. (03763) 173-125  
Fax (03763) 173-180

[www.ba-glauchau.de](http://www.ba-glauchau.de)



# Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Vorgehensweise und Zielstellung.....	2
3 Fertigungsprodukte der Firma Jünger GmbH.....	4
4 Umstellung der Brennpläne.....	6
4.1 Vorgehensweise zur Erstellung von Brennplänen.....	6
4.2 Serienbrennpläne.....	8
4.3 Erstellung neuer Brennpläne für die Einzelteilmfertigung.....	10
5 Betrachtung des Materials.....	13
5.1 Verwendetes Material.....	13
5.2 Materialeinsatz.....	14
5.3 Verschnitt.....	16
6 Betrachtung der Fertigungszeiten.....	20
6.1 Theoretische Grundlagen zur Durchlaufzeit.....	20
6.2 Arbeitsablauf im Zuschnitt.....	21
6.3 Erfassung der Einzelzeiten.....	23
6.3.1 Brennzeiten.....	23
6.3.2 Rüstzeiten.....	25
6.3.3 Weitere Einflusszeiten.....	27
6.4 Ermittlung der Durchlaufzeiten.....	29
7 Methode zur Materialflusssteuerung.....	32
7.1 Grundlegende Zusammenhänge.....	32
7.2 Auswahl einer Methode.....	33
7.3 Anwendbarkeit und Umsetzung.....	36
8 Betrachtung der Logistik.....	39
8.1 Innerbetrieblicher Transport.....	39
8.2 Lagerung.....	41
9 Vergleich der Ergebnisse von Serien- und Einzelteilmfertigung.....	43
9.1 Ermittlung der Daten für die Serienfertigung.....	43
9.2 Vergleich des Materials.....	43

9.3	Vergleich der Fertigungszeiten.....	46
9.4	Vergleich der Durchlaufzeiten.....	48
9.4.1	Allgemeiner Vergleich.....	48
9.4.2	Vergleich der Auslastung.....	49
9.5	Auswertung des Vergleiches.....	51
9.5.1	Vorteile einer Umstellung auf Einzelteillfertigung.....	51
9.5.2	Nachteile einer Umstellung.....	52
10	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	54
11	Fazit.....	56
	Literaturverzeichnis.....	VI
	Anhangsverzeichnis und Anhang.....	VIII

## Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: WR-Mulde.....	4
Abbildung 2: MKI-Mulde mit Hilfsrahmen.....	4
Abbildung 3: Gegenüberstellung von DIM und Brennplanübersicht.....	12
Abbildung 4: Zusammensetzung der Durchlaufzeit.....	20
Abbildung 5: Ausbrennen der Einzelteile im Zuschnitt.....	22
Abbildung 6: Steuerungsprinzipien.....	32
Abbildung 7: Auswahl von Steuerungsmethoden.....	34
Abbildung 8: Produktionssteuerung nach KANBAN.....	36
Abbildung 9: KANBAN-Regelkreis.....	41
Abbildung 10: Vergleich des Materialeinsatzes.....	44
Abbildung 11: Vergleich des Verschnitts.....	45
Abbildung 12: Vergleich der Brennzeiten.....	46
Abbildung 13: Vergleich der Durchlaufzeiten.....	48
Tabelle 1: Übersicht über die Brennserien.....	8
Tabelle 2: Übersicht über verwendete Bleche.....	13
Tabelle 3: Übersicht über den Gesamtmaterialeinsatz.....	15
Tabelle 4: Übersicht über den Verschnitt.....	17
Tabelle 5: Übersicht über die Brennzeiten.....	25
Tabelle 6: Durchlaufzeiten für den Zuschnitt.....	30

## Abkürzungsverzeichnis

aufl.	aufliegende Klappe
Bearb.	Bearbeitung
Best.-Nr.	Bestellnummer
BH	Bauhöhe
BOA	belastungsorientierte Auftragsfreigabe; Methode zur Materialflusssteuerung
BT	Betriebsteil
Bt.-Id.-Nr.	Brennteil-Identnummer
CAD	Computer Aided Design; rechnerunterstützte Konstruktion
CNC	Computerized Numerical Control (computerisierte numerische Steuerung); elektronische Methode zur Steuerung und Regelung von Werkzeugmaschinen und die dazu eingesetzten Geräte
CONWIP	Constant Work in Process; Methode zur Materialflusssteuerung
DAF	Van Doornes Aanhangwagenfabrieken; bedeutendster niederländischer Automobilproduzent
DIM	Daten-Informationen-Modul; Kalkulationsdatenblatt
DXF	Drawing Interchange Format; Dateiformat zum CAD- Datenaustausch
HIRA	Hilfsrahmen; Bindeglied zwischen MKI und Fahrzeug
Iveco	Industrial Vehicles Corporation; eine Gesellschaft im Bereich der Nutzfahrzeuge
MAN	Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg AG; eines der größten Fahrzeug- und Maschinenbauunternehmen in Europa
MB	Mercedes-Benz-LKW; Teil der Nutzfahrzeug-Sparte der Daimler AG
MKI	Motorkipper; Muldenaufbau für LKW
MRP	Material Requirements Planning; Methode zur Materialflusssteuerung
MRP II	Manufacturing Resource Planning; Methode zur Materialflusssteuerung
NC	Numerical Control (numerische Steuerung); elektronisches Gerät zur Steuerung insbesondere von Werkzeugmaschinen
OPT	Optimized Production Technology; Methode zur Materialflusssteuerung
Prgr.	Programm
Restbl.	Restblech

RT	Retrograde Terminierung; Methode zur Materialflusssteuerung
RWKL	Rückwandklappe
SR	Stahlrundmulde
STW	Stirnwand
$T_D$	Durchlaufzeit [min]
$t_{dS}$	Durchführungszeit [min]
$t_{hS}$	Hauptdurchführungszeit [min]
$t_{nS}$	Nebendurchführungszeit [min]
$t_{pS}$	planmäßige Durchlaufzeit [min]
$t_r$	Rüstzeit [min]
$t_{zuS}$	Zusatzzeit [min]
$t_{zwS}$	Zwischenzeit [min]
verz.	verzinkt
WR	Welding Round (geschweißte Rundmulde); Muldenaufbau für Anhänger

# 1 Einleitung

In der Firma Jünger GmbH wird erwogen, im Bereich des Zuschnittes der Einzelteile von Serienfertigung auf Einzelteilmfertigung umzustellen. Dadurch sollen einerseits mögliche Engpässe bei den Einzelteilen verhindert und andererseits die Materialbestände gering gehalten werden. Die Firma Jünger GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen, welches im Bereich des Nutzfahrzeugbaus tätig ist. Welche Veränderungen eine mögliche Umstellung mit sich bringt und ob diese sich überhaupt rentiert, wird in dieser Diplomarbeit aufgezeigt. Dabei werden Betrachtungen zu Materialeinsatz, Fertigungszeiten und zur Logistik angestellt. Auf die Veränderung der Durchlaufzeit wird besonderes Augenmerk gelegt. Mit der Umstellung auf Einzelteilmfertigung soll gleichzeitig ein sich selbst steuerndes System zur Materialflusssteuerung eingeführt werden. Dadurch soll gewährleistet sein, dass immer genügend Teile einer Sorte vorhanden sind und rechtzeitig neue Teile gefertigt werden, bevor es zu Engpässen kommen kann. Welche Systeme zur Materialflusssteuerung es gibt und welches Systems am zweckmäßigsten wäre, ist ebenfalls Inhalt dieser Ausarbeitung. Ein Vergleich der Ergebnisse von Serien- und Einzelteilmfertigung wird schließlich zeigen, ob eine Umstellung sinnvoll ist und welche Vor- und Nachteile sich daraus ergeben.

## 2 Vorgehensweise und Zielstellung

Der Grund für eine angedachte Umstellung im Bereich des Zuschnittes ist, dass es unter den jetzigen Fertigungsbedingungen zu möglichen Engpässen bei den Einzelteilen kommen kann. Wenn Teile einer Sorte fehlerhaft bearbeitet werden oder Schäden auftreten, kommen sie in den Ausschuss (sollte keine Nachbesserung möglich sein). Neue Teile werden dann aus dem Lager genommen. Diese fehlen dann später und es entsteht ein Engpass. Das Problem dabei ist, dass die Teile in Serie im Zuschnitt ausgebrannt werden, d.h. es werden bei der Losgröße 10 genau zehn Sätze von Einzelteilen gefertigt. Damit können dann zehn Fertigungsprodukte gebaut werden. Durch den Ausschuss entsteht sozusagen eine "Lücke", die meist zu spät erkannt wird. Das kann dazu führen, dass es bei der Fertigung des Produktes zum Stillstand kommt. Um diese Problematik zu vermeiden, ist eine Umstellung auf Einzelteillfertigung angedacht. Dazu soll ein sich selbst steuerndes System zur Materialflusssteuerung gefunden werden, damit es nicht mehr zu derartigen Engpässen kommen kann. Ebenfalls werden dadurch die Lagerbestände gering gehalten. Das Ziel ist ein Vergleich von Serien- und Einzelteillfertigung, welcher aufzeigen soll, ob sich diese Umstellung überhaupt rentiert.

Zu Beginn dieser Arbeit werden die Fertigungsprodukte der Firma Jünger GmbH kurz vorgestellt. Erst erfolgt ein allgemeiner Überblick und dann werden die Produkte genannt, auf welche sich die Umstellung auf Einzelteillfertigung bezieht. Im Kapitel 4 wird die Umarbeitung der Serienbrennpläne beschrieben. Die Vorgehensweise zur Erstellung von Brennplänen sowie die Erstellung neuer Pläne für die Einzelteillfertigung sind hier erläutert. Als Nächstes folgt die Betrachtung des Materialeinsatzes. Dabei wird das verwendete Material berechnet sowie der Verschnitt, welcher sich beim Zuschnitt der Einzelteile ergibt. Die Betrachtung der Fertigungszeiten umfasst die Brennzeiten, die Rüstzeiten sowie weitere Einflusszeiten. Aus diesen wird schließlich die Durchlaufzeit ermittelt. Das Kapitel 7 beschäftigt sich mit der Materialflusssteuerung. Zuerst werden allgemeine Zusammenhänge erläutert und danach wird eine Methode zur Steuerung des Materialflusses ausgewählt. Die Anwendbarkeit in der Firma Jünger GmbH und eine mögliche Umsetzung sind ebenfalls beschrieben. Es folgt anschließend die

Betrachtung der Logistik, da diese sich nach der ausgewählten Methode zur Materialflusssteuerung richtet. Es wird hierbei auf den innerbetrieblichen Transport und die Lagerung der Einzelteile eingegangen. Damit ist der erste Teil der Diplomarbeit, welcher sich auf die Einzelteilerfertigung bezieht, abgeschlossen.

Im zweiten Teil wird ein Vergleich zwischen Serien- und Einzelteilerfertigung angestellt. Dazu dienen die Ergebnisse aus dem ersten Teilbereich der Diplomarbeit sowie die Ergebnisse der 3. Praxisarbeit. Zu Beginn wird kurz erläutert, wie die entsprechenden Daten für die Serienfertigung ermittelt wurden. Anschließend werden die Ergebnisse verglichen in Bezug auf das Material, die Fertigungszeiten und vor allem in Bezug auf die Durchlaufzeiten. In der Auswertung werden Vor- und Nachteile aufgezeigt und bewertet. Ein Überblick über die Ergebnisse der gesamten Diplomarbeit ist im Kapitel 10 zu finden. Dabei werden die wichtigsten Resultate zusammengefasst und bewertet.

### 3 Fertigungsprodukte der Firma Jünger GmbH

Die Firma Jünger GmbH ist ein mittelständisches Unternehmen in der metallverarbeitenden Industrie. Es werden hauptsächlich Aufbauten und Fahrgestelle für Nutzfahrzeuge hergestellt. [JUE09] Dabei unterscheidet man zwischen Mulden und Hilfsrahmen. Bei den Mulden gibt es eine Unterteilung in MKI-Mulden (Motorkipper) und WR-Mulden (Welding Round = geschweißte Rundmulde). MKI-Mulden werden direkt auf dem LKW montiert, WR-Mulden hingegen auf einem Anhänger. Von beiden Muldentypen gibt es eine Vielzahl von Varianten, die sich beispielsweise in der Ausstattung, der Höhe oder der Länge unterscheiden. WR-Mulden haben eine Länge von 6500, 7200 oder 8200 mm. MKI-Mulden sind etwas kürzer mit 4500, 5000, 5500 oder 5800 mm Länge. Es gibt weiterhin Großraummulden. Dabei handelt es sich um WR-Mulden mit einer Länge von 9600 oder 10500 mm. In der Abbildung 1 ist eine auf einem Anhänger montierte Mulde zu sehen. Die Abbildung 2 zeigt eine MKI-Mulde (gelb), die auf einem Hilfsrahmen (schwarz) montiert ist.



Abbildung 1: WR-Mulde [WR09]



Abbildung 2: MKI-Mulde mit Hilfsrahmen

Der Hilfsrahmen dient als Bindeglied zwischen dem LKW und einer MKI-Mulde. Bei den WR-Mulden wird hingegen kein Hilfsrahmen benötigt. Es gibt wie bei den Mulden eine Vielzahl von Varianten. Man unterscheidet bei den Rahmen zwischen DAF, Iveco, MAN, MB, Scania und Volvo. Die Unterscheidung richtet sich also nach dem Fahrzeugtyp. Die Hilfsrahmen werden entweder verzinkt oder lackiert an den Kunden ausgeliefert.

Unter den Fertigungsprodukten gibt es sogenannte "Standardmulden" und "Standardrahmen". Diese werden häufig vom Kunden bestellt und die Einzelteile werden in Serie gefertigt, meist in der Losgröße 10. Dafür gibt es die Serienbrennpläne, nach denen die Einzelteile ausgebrannt werden. Zu den Standardmulden gehören zwei Varianten vom Muldentyp WR und zwei Varianten vom Muldentyp MKI. Bei den Hilfsrahmen sind diejenigen Standardrahmen, welche später verzinkt werden. Das sind insgesamt sechs verschiedene Arten – eine Variante für jeden Fahrzeugtyp.

Die Umstellung im Zuschnitt von Serien- auf Einzelteilerfertigung bezieht sich lediglich auf die Standardmulden und -rahmen. Der Grund dafür ist, dass nur diese in Serie meist mit Losgröße 10 gefertigt werden. Für die anderen Varianten werden separat Brennpläne erstellt in der Losgröße, die vom Kunden bestellt wird. Es wären somit zehn verschiedene Fertigungsprodukte von der Umstellung betroffen.

## 4 Umstellung der Brennpläne

### 4.1 Vorgehensweise zur Erstellung von Brennplänen

Bei der Bearbeitung eines Auftrages wird in der Konstruktionsabteilung die dazugehörige Stückliste durchgesehen. Es werden alle Einzelteile erfasst, die ausgebrannt werden müssen. Diese werden als Brennteile bezeichnet. Alle Brennteile für den Auftrag werden dann in einer Brennteilliste zusammengestellt. In der Anlage 1 ist eine Brennteilliste abgebildet. Die darauf zu erkennende Produktbezeichnung "10 x WR 7,2 SR06 BH=1460 aufl." hat folgende Bedeutung: zehn WR-Mulden mit einer Länge von 7,2 Meter, Stahlrundmulde aus der Generation 2006 mit einer Bauhöhe von 1460 mm und aufliegender Klappe. Die Brennteilliste wird den Auftragsunterlagen beigelegt und dient als Hilfsmittel für die Arbeitsvorbereitung. Die Liste enthält folgende Informationen:

Kopfzeile: Auftrag, Kunde, Bestellnummer

Tabelle: Brennteil-Identnummer (Bt.-Id.-Nr.), Benennung, Zeichnungsnummer, Material, Abmessungen in mm, Bearbeitung und Anzahl

Fußzeile: Datum und Unterschrift des Bearbeiters

Die Spalte *Bearbeitung* kann die Kürzel "B", "K" oder "M" enthalten. "B" steht für Bearbeitungsteil, d.h. das Einzelteil wird nachträglich bearbeitet z.B. werden Löcher gestanzt. "K" steht für Kantteil, "M" wiederum für Maschinenteil. Die Maschinenteile werden nicht weiter bearbeitet.

Die Brennteile werden in der Konstruktionsabteilung als DXF angelegt. Das Drawing Interchange Format (DXF) ist ein Dateiformat, welches zum CAD-Datenaustausch dient. Über dieses Format ist ein Import in andere Grafikprogramme möglich. Notwendig ist das für die Erstellung der Brennpläne.

In der Arbeitsvorbereitung wird dann mit der Brennteilliste gearbeitet. Mit Hilfe der Software Columbus (Version 5.19) können Brennpläne für die Fertigung erstellt werden. Die Software Columbus ist ein CNC-Programmiersystem, welches zur Erstellung von CNC-Schneidprogrammen für Brennschneidmaschinen dient. Als

Erstes wird die Bearbeitungsmaschine ausgewählt, auf der die Einzelteile später ausgebrannt werden sollen. Es werden weiterhin Daten zum Material, zu den Abmaßen der Blechtafel und zur Blechstärke eingegeben. Auf der Brennteilliste sind alle benötigten Einzelteile aufgelistet. Diese können nun nacheinander geordnet nach Blechstärke mit Hilfe des DXF-Formats in Columbus eingelesen werden. Anschließend hat der zuständige Mitarbeiter in der Arbeitsvorbereitung die Aufgabe, die Einzelteile auf dem Blech anzuordnen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass möglichst wenig Verschnitt entsteht. Sind die Bearbeitungsreihenfolge und die Maschinenparameter festgelegt, wird das NC-Programm generiert. Dieses kann über das Netzwerk direkt an die entsprechende Maschine gesendet werden. [CBA04]

Eine Serie besteht immer aus mehreren Brennplänen. Zu einem Brennplan gehören die Stückliste und das DIM (Daten-Informations-Modul). Diese werden als Ausdruck von Columbus zu den Auftragsunterlagen gelegt. In der Anlage 2 findet sich ein Beispiel für eine Stückliste; in der Anlage 3 ist das dazugehörige DIM. Die Stückliste enthält folgende Informationen:

Einzelteile:	bildliche Darstellung, Anzahl, Bt.-Id.-Nr., Benennung, Produkt, Fläche, Abmaße
Layout:	Name des Layout, bildliche Darstellung der Blechtafel mit Anordnung der Einzelteile
weitere Informationen:	Material, Abmessung der Blechtafel, Kopien (Anzahl der Tafeln), NC-Name, Maschine, Maßstab des Layout

Das DIM ist ein Kalkulationsdatenblatt. Es enthält Daten zu Bearbeitungszeit, Materialausnutzung und Gewichtsbestimmung, welche teile- und plattenbezogen dargestellt sind. Die *Teile-Daten* sind eingeteilt in Stückzahlen, Wege, Flächen/Gewichte und Zeiten. *Platten-Daten* sind untergliedert in Maschine, Material und Tafel. Die Informationen des DIM sind noch für die Betrachtungen der Fertigungszeiten und des Materialeinsatzes von Bedeutung. [COL04]

Eine Übersicht über die Einbindung der Software Columbus in den betrieblichen Ablauf ist in der Anlage 4 dargestellt. Die Abläufe vom Auftragseingang bis hin zur Fertigung sind dort grafisch dargestellt.

## 4.2 Serienbrennpläne

Bei der jetzigen Serienfertigung im Zuschnitt gibt es 16 verschiedene Brennserien. Darin sind alle Brennpläne zur Herstellung der Einzelteile für alle Standardmulden und -rahmen enthalten. Für jedes dieser Standardprodukte gibt es eine Brennserie. Für Rückwandklappen (RWKL) und Stirnwände (STW) existieren jeweils eigene Brennserien. In der folgenden Tabelle ist ein Überblick über die verschiedenen Brennserien gegeben mit Angabe der Bezeichnung und der Losgröße.

Tabelle 1: Übersicht über die Brennserien

Serie	Bezeichnung	Losgröße
1	WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	16
2	WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	10
3	MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	10
4	MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	10
5	STW WR 1460 Schütte + aufl.	30
6	STW MKI 1360	10
7	STW MKI 1460	10
8	RWKL WR 1460 aufl.	10
9	RWKL MKI 1360	10
10	RWKL MKI 1460 / WR 1460 Schütte	30
11	HIRA DAF 5,5 verz.	10
12	HIRA Iveco 5,5 verz.	10
13	HIRA MAN 5,5 verz.	10
14	HIRA MB 5,5 verz.	10
15	HIRA Scania 5,5 verz.	10
16	HIRA Volvo 5,5 verz.	10

Es ist erkennbar, dass meist die Losgröße 10 verwendet wird. Bei den Serien 1, 5 und 10 gibt es jedoch eine andere Losgröße. Der Grund dafür ist, dass damit eine bessere Blechausnutzung erreicht wird und somit weniger Verschnitt entsteht.

In einer Brennserie sind alle Einzelteile enthalten, die später für den Bau der Mulde oder des Hilfsrahmens benötigt werden. Durch die Losgröße wird die Anzahl der

Teile bestimmt. Bei der Losgröße 10 sind somit so viele Einzelteile enthalten, wie für den Bau von 10 Fertigungsprodukten benötigt werden. Im Gegensatz zur Einzelteillfertigung sind mehrere unterschiedliche Einzelteile derselben Blechstärke auf einem Blech angeordnet.

Für jede Brennserie gibt es eine Brennplanübersicht. Darauf ist ein Überblick über alle Brennpläne, die zu dieser Serie gehören, gegeben. Die Brennpläne sind dabei sortiert nach dem Material und nach der Blechstärke aufsteigend. Enthalten sind folgende Informationen:

Kopfzeile: Auftrag, Kunde, Bestell-Nr. (falls vorhanden), Anzahl und Bezeichnung der Produkte, Maschine

Tabelle: NC-Programm (=NC-Name), Material, Blechformat, Mindest-Blechabmaße, Anzahl der Bleche, Anzahl der Brenner, Zeit in min, aufsummierte Gesamtzeit in min, Stand (Datum und Bearbeiter)

Die Anlage 5 enthält ein Beispiel für eine Brennplanübersicht. Dabei handelt es sich um einen Serienplan (keine Einzelteillfertigung). Der NC-Name ist darauf meist nach einem vorgegebenen System angelegt. In der Anlage 5 lautet der erste Programmname "10DAFvzQ501". Die "10" steht für die Losgröße der Serie. "DAFvz" ist die Produktbezeichnung und bedeutet in diesem Beispiel, dass es sich um einen Hilfsrahmen vom Typ DAF handelt, welcher verzinkt an den Kunden geliefert wird. Das "Q" gibt das Material an. In diesem Fall handelt es sich um QStE 380. Die darauf folgende Zahl ("5") steht für die aufgerundete Materialstärke und die "01" für die Nummer des Brennplanes.

Mindest-Blechabmaße werden nur angegeben, wenn nicht die gesamte Blechtafel verwendet wird. Es ist auch möglich einen zweiten Brenner hinzuschalten. Die Anzahl der Brenner gibt die Zahl der aktivierten Brenner während des Brennvorganges an. Durch zwei Brenner können doppelt so viele Teile ausgebrannt werden. Das kann viel Zeit einsparen. Es muss jedoch unter Beachtung des Verschnittes individuell entschieden werden, ob der Einsatz von zwei Brennern sinnvoll ist. Das fällt in den Aufgabenbereich des zuständigen Mitarbeiters in der Arbeitsvorbereitung.

In der letzten Spalte der Brennplanübersicht befindet sich die Angabe der Zeiten. Dabei handelt es sich um reine Maschinenzeiten. Entnommen sind sie dem Kalkulationsdatenblatt DIM zu dem jeweiligen Brennplan. In der Rubrik *Teile-Daten* ist die Angabe der Zeiten zu finden. Die angegebene Gesamtzeit wird für den Eintrag in der Brennplanübersicht verwendet. Die Zeiten sind auf volle Minuten aufgerundet und es ist die Summe der Einzelzeiten angegeben. Diese sind auch für die Betrachtung der Fertigungszeiten von Bedeutung.

### **4.3 Erstellung neuer Brennpläne für die Einzelteillfertigung**

Als erster Schritt wurde aus den Brennteillisten aller Brennserien eine Liste mit allen benötigten Brennteilen zusammengestellt. Es gibt insgesamt 240 verschiedene Brennteile in allen Brennserien. Über die Brennteillisten konnte nun zu jedem der 240 Brennteile die dazugehörige Stückzahl pro Mulde, das Material und die Blechstärke ermittelt werden. Da in den Brennserien meist die Losgröße 10 verwendet wird, ist sie auch als Ausgangspunkt für die neuen Brennpläne der Einzelteillfertigung genommen worden. Aus den ermittelten Daten konnte nun mit dem Erstellen der neuen Brennpläne begonnen werden.

Da es 240 verschiedene Sorten von Einzelteilen für die Standardmulden und -rahmen gibt, galt es insgesamt 240 neue Pläne mit der Software Columbus zu erstellen. Der Hauptunterschied zu den Serienplänen ist der, dass verschiedene Einzelteile der gleichen Blechstärke nicht auf dem gleichen Blech ausgebrannt werden. Deswegen ist es auch notwendig, so viele Pläne zu erstellen, da es für jede Sorte von Teilen einen eigenen Brennplan geben muss. Dadurch wird schließlich erreicht, dass bei Rückgang einer Sorte von Teilen nur der entsprechende Brennplan herausgesucht werden muss und neue Teile können damit ausgebrannt werden. Bisher existieren nur die Serienpläne. Wenn eine Sorte den Bestand "0" erreicht, muss erst ein neuer Brennplan angelegt werden. Wird jedoch der Serienbrennplan genommen, werden dabei auch gleichzeitig Teile anderer Sorten ausgebrannt, die sich mit auf dem Brennplan befinden. Dadurch entstehen jedoch sehr hohe Materialbestände. Von einigen Sorten sind dann viel mehr Teile vorhanden, als von anderen Sorten. Dieses Problem wird mit den neuen Brennplänen für die Einzelteillfertigung beseitigt. Dann werden auch nur die Teile ausgebrannt, die benötigt werden.

Bei der Erstellung der Brennpläne für die Einzelteillfertigung wurde so vorgegangen wie im Kapitel 4.1 beschrieben. Die Anordnung der Einzelteile auf dem Blech erfolgt so, dass möglichst wenig Verschnitt beim Ausbrennen entsteht. Der Einsatz eines zweiten Brenners wird bei der Erstellung der Brennpläne festgelegt. Dadurch kann in der gleichen Zeit die doppelte Menge an Teilen gebrannt werden, was im Umkehrschluss bedeutet, dass sich die Zeiten halbieren. Zudem wird bei 15 Brennplänen die Losgröße der Einzelteile verändert. Bei 14 Brennplänen gibt es eine Erhöhung der Losgröße von zehn auf zwölf und bei einem Brennplan von zehn auf elf. Dadurch entsteht eine bessere Blechausnutzung und es bleiben keine größeren zusammenhängenden Flächen an Restblech übrig, die nicht weiter verwendet werden könnten. Durch die Änderung wird der Verschnitt bei diesen Brennplänen um 5 bis 15 % gesenkt. Aus diesen Gründen wurde die Losgrößenänderung als sinnvoll betrachtet und umgesetzt.

Die Bezeichnung der Brennpläne bzw. der NC-Programmname wurde neu erstellt. Ein Beispiel ist die Bezeichnung "EF707Q501". Der Name setzt sich wie folgt zusammen: zuerst kommt das Kürzel für Einzelteillfertigung ("EF"), gefolgt von der Brennteil-Identnummer ("707"), dem Material ("Q" für QStE 380), der Blechstärke aufgerundet ("5" für 4,5er Blech) sowie der Brennplannummer ("01"). Bei 30 Sorten von Brennteilen war es notwendig zwei Brennpläne zu erstellen, da die Teile in der vorgegebenen Stückzahl nicht auf ein ganzes Blech gepasst haben. Es sind somit nicht nur 240, sondern 270 neue Brennpläne erstellt worden.

Bei der Einzelteillfertigung entfallen die Brennplanübersichten. Auf diesen wird ein Überblick über mehrere Brennpläne gegeben. Da es aber keine Brennserien in der Einzelteillfertigung gibt und meist nur ein Brennplan je Teilesorte existiert, ist es nicht mehr notwendig, eine Brennplanübersicht anzufertigen. Die darauf befindlichen Informationen über NC-Programmname, Material, Blechabmaße, Anzahl der Bleche, Anzahl der Brenner und Zeiten befinden sich ebenfalls auf dem Kalkulationsdatenblatt DIM. Der Programmname des Brennplanes findet sich auf dem DIM bei *Kennung*. Material, Blechabmaße, Anzahl der Bleche und Anzahl der Brenner sind in der Rubrik *Platten-Daten* vermerkt. Die Angabe der Zeit hingegen steht bei den *Teile-Daten*. In der Abbildung 3 ist diese Problematik nochmals grafisch

dargestellt. Dabei sind die Informationen, die jeweils bei beiden Arbeitsunterlagen (DIM und Brennplanübersicht) vorkommen, rot umrahmt.

**Auftrag / Kunde / Best- Nr.:** WR 06 Serienteile / Schmitz  
**Anzahl x Produkt(e):** 10 x WR 7,2 SR06 BH=1460 aufl. SATO

NC-Prgr.	Material	Blechformat lt. Brennplan	Mindest-Blechabmaße (bei Restblechen oder abweichenden Blechformaten)	Anzahl Bleche	Anzahl Brenner	Zeit [min]
646Q401A	QStE 380	3,8x1500x8700		2	2	44
646Q402A	QStE 380	3,8x1500x8700	Restbl. mind. 1500x7500	2	2	74
646Q501A	QStE 380	4,5x1500x9200	Restbl. mind. 1500x5700	1	2	36
646Q601A	QStE 380	5,5x1500x8500		2	2	55
646Q602A	QStE 380	5,5x1500x8500		1	2	20



COLUMBUS v5.19

## DIM

Zusammenfassung

Datum: 11.02.2009, 10:39

**Kennung**

Layout: 646Q401A

**Platten-Daten**

**Maschine**

Maschine: Sato SXE-P  
 Prozess: Plasma  
 Min. benutzte Wagen: 1  
 Max. benutzte Wagen: 2

**Material**

Material: QStE 380  
 Dicke: 3,8 mm  
 Spez. Gewicht: 7,850 g/cm³

**Teile**

Platte: #  
 Anzahl Platten: 2  
 X-Abmaß: 1.500 m  
 Y-Abmaß: 8.700 m  
 Netto Fläche: 13,0500 m²  
 Container Fläche: 13,0500 m²  
 Netto Gewicht: 389,282 kg  
 Container Gewicht: 389,282 kg  
 Ausnutzung: 90,9 %

**Teile-Daten**

**Stückzahlen**

Stücklisteneinträge: 8  
 Versch. Stücklisteneinträge: 1  
 Anzahl Teile: 23  
 Anzahl versch. Teile: 8

**Wege**

Eilgang: 76,437 m  
 Schneiden: 89,887 m  
 Markieren: 0,000 m  
 Gesamt: 166,323 m  
 Anzahl Buchstaben: 0  
 Anzahl Punkte: 0

**Flächen/Gewichte**

Netto Fläche: 11,8589 m²  
 Container Fläche: 12,9171 m²  
 Netto Gewicht: 353,752 kg  
 Container Gewicht: 385,316 kg

**Zeiten**

Eilgang: 00:03:49  
 Schneiden: 00:28:27  
 Markieren: 00:00:00  
 Beschriften: 00:00:00  
 Andere: 00:06:24  
 Maschinen Vorb.: 00:05:00  
 Gesamt: 00:43:41

Berechnungsbasis: Sato - Stahl 3 <1 <-> 4 Seite 1

Abbildung 3: Gegenüberstellung von DIM und Brennplanübersicht

## 5 Betrachtung des Materials

### 5.1 Verwendetes Material

Im Zuschnitt der Firma Jünger GmbH werden verschiedenste Blechstärken verarbeitet. Für die Standardmulden und -rahmen sind es Blechstärken von 3 mm bis 20 mm. Zu den verschiedenen Blechstärken gibt es auch verschiedene Formate. Einen Überblick über das Material, die Blechstärken und die dazugehörigen Formate gibt die Tabelle 2.

Tabelle 2: Übersicht über verwendete Bleche

Material	Blechstärke	Abmaß 1	Abmaß 2
QStE 380	3	1500	9200
QStE 380	3,8	1500	8700
QStE 380	4,5	1500	9200
QStE 380	5,5	1500	8500
QStE 380	7,5	1500	7800
QStE 380	9,5	1500	2700
QStE 380	11,4	1500	8000
St 52-3	15	1500	3000
St 52-3	20	1500	3000
Raex 450	5	1100	6000
Raex 450	5	1510	9500
Hardox 450	4	2200	7700
Hardox 450	5	2200	7700
Hardox 450	6	2200	5800

Bei den verarbeiteten Materialien handelt es sich um QStE 380, Raex 450, Hardox 450 und St 52-3. Bodenbleche, Klappenbleche und Stirnwände sind aus Hardox 450 gefertigt. Seitenwandbleche werden entweder aus Raex 450 oder aus Hardox 450 hergestellt. St 52-3 findet nur bei den Blechstärken 15 mm und 20 mm Anwendung. Der Rest besteht aus QStE 380. Für die Hilfsrahmen wird lediglich QStE 380 und St 52-3 benötigt, da diese weder Boden, noch Seitenwand, Klappe oder Stirnwand besitzen.

Es werden Bleche bis zu 2200 mm Breite und bis zu 9500 mm Länge verarbeitet. Die Brennschneidmaschinen können eine maximale Breite von 3 Meter abdecken. Alle verwendeten Formate liegen unterhalb dieser Marke. Bei den Blechen mit 1500 mm Breite ist es möglich einen zweiten Brenner parallel laufen zu lassen. Damit können zwei Bleche mit derselben Anordnung der Einzelteile gleichzeitig nebeneinander bearbeitet werden.

## 5.2 Materialeinsatz

Als Ausgangspunkt für die Ermittlung des Materialeinsatzes dienen die neu erstellten Brennpläne für die Einzelteillfertigung. Die Berechnung des Materials erfolgt nach der Formel:

$$\text{Materialeinsatz [m}^2\text{]} = \text{Abmaß 1 [m}^2\text{]} \times \text{Abmaß 2 [m}^2\text{]} \times \text{Anzahl Bleche}$$

Berechnungsbeispiel:    - Blech mit den Maßen 7,5 x 1500 x 7800 [mm]  
                                  - Verwendung von 2 Blechen

$$\Rightarrow \text{Materialeinsatz} = 1,5 \text{ m} \times 7,8 \text{ m} \times 2 = \underline{\underline{23,4 \text{ m}^2}}$$

Die Angaben über die Abmaße des verwendeten Bleches oder Restbleches und die Anzahl der Bleche kann dem Kalkulationsdatenblatt DIM entnommen werden. Das Ziel ist es, den Gesamtmaterialeinsatz für jeweils ein Fertigungsprodukt zu bekommen. Dazu werden separat für jeden neu erstellten Brennplan die Materialangaben aus dem dazugehörigen DIM herausgesucht und nach oben genannter Formel der Materialeinsatz in m<sup>2</sup> berechnet. Als Nächstes wird über die Brennteilliste eine Zusammenstellung gemacht, in der steht, welches Teil in welcher Stückzahl zu welchem Fertigungsprodukt gehört (siehe Anlage 8). Das ermittelte Material wird nun den jeweiligen Einzelteilen je Mulde oder Rahmen zugeordnet. Hierbei gilt die unterschiedliche Losgröße zu beachten. Bei den Brennplänen, wo die Losgröße nicht zehn beträgt, ist es notwendig, das errechnete Material auf diese Losgröße herunter zu rechnen. Die Brennpläne von Stirnwand und Rückwandklappe sind bei den dazugehörigen Mulden eingerechnet. Die Summe der einzelnen Materialeinsätze je Fertigungsprodukt ergibt den Gesamtmaterialeinsatz je Fertigungsprodukt. Anschließend wird dieser durch die Losgröße 10 geteilt und es ergibt sich der Gesamtmaterialeinsatz je Standardmulde bzw. -rahmen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Übersicht über den Gesamtmaterialeinsatz

Fertigungsprodukt	Gesamtmaterialeinsatz [m <sup>2</sup> ]
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	57,24
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	57,98
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	51,44
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	51,47
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	16,10
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	15,21
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	14,99
1 x HIRA MB 5,5 verz.	16,44
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	15,55
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	15,46

Bei der Einzelteillfertigung werden sehr viele Restbleche verwendet. Diese sind nicht immer in den angegebenen Mindest-Abmaßen vorhanden. Aus diesem Grund beziehen sich alle Angaben über das Material auf Mindestwerte. Beim Vergleich des Gesamtmaterialeinsatzes ist der deutliche Unterschied zwischen Mulden und Hilfsrahmen zu erkennen. Ursache hierfür ist der Größenunterschied. Dieser ist auch auf der Abbildung 2 (Seite 4) erkennbar. Die WR-Mulden haben etwa 6 m<sup>2</sup> mehr Materialeinsatz, als die MKI-Mulden. Dies ist auf den Längenunterschied von 1,7 Meter zurückzuführen. Die Standardmulden vom Typ WR haben eine Länge von 7,2 Meter und die Mulden vom Typ MKI sind 5,5 Meter lang.

Insgesamt gibt es 240 verschiedene Sorten von Brennteilen. Allein 217 davon werden aus QStE 380 gefertigt. St 52-3 wird bei neun Sorten und Hardox 450 bei 14 Sorten verwendet. Trotz dieser enormen Differenz zwischen Hardox 450 und QStE 380 ist bei beiden Materialien der Materialeinsatz in etwa gleich. Bei Beiden beträgt er betrachtet auf alle 270 Brennpläne ca. 1225 m<sup>2</sup>. Etwa 17 m<sup>2</sup> entfallen auf St 52-3. Obwohl nur wenige Teilesorten aus Hardox gefertigt werden, ist der Materialeinsatz dennoch genauso hoch wie bei QStE 380. Der Grund hierfür ist, dass die größten Einzelteile aus Hardox gefertigt sind. Dabei handelt es sich um den Boden, die Seitenwände, die Stirnwände und die Rückwandklappen von Mulden. Das sind die flächenmäßig größten Einzelteile, die für die Standardprodukte

hergestellt werden. Allein der Boden einer Standardmulde WR hat eine Fläche von ca. 16 m<sup>2</sup>. Bei einer Seitenwand sind es ca. 8 m<sup>2</sup>. Da die Mulde zwei Seitenwände hat, kommt man ebenfalls auf 16 m<sup>2</sup>.

Wenn man über die Blechstärken den Materialeinsatz vergleicht, ergibt sich ebenfalls, dass bei Blechen aus Hardox 450 der größte Materialeinsatz vorliegt. Am Höchsten ist er hier bei der Blechstärke 5 mm. Dort beträgt er etwa 758 m<sup>2</sup> bezogen auf alle Brennpläne. Daraus werden Boden und Rückwandklappe der WR-Mulden sowie Seitenwand, Stirnwand und Rückwandklappe der MKI-Mulden gefertigt. Mit 617 m<sup>2</sup> Materialeinsatz ist die Blechstärke 7,5 mm auch relativ hoch. Der Grund dafür ist die Anzahl der Teilesorten. Von den 240 verschiedenen Sorten werden allein 84 aus 7,5er Blech gefertigt. Dadurch ist der Materialeinsatz bei dieser Blechstärke vergleichsweise hoch.

Bei der Betrachtung des Materialeinsatzes wird auch die Anzahl der Bleche verglichen. In der Anlage 6 ist ein Überblick über die verwendeten Bleche gegeben. Die Angaben beziehen sich auf die Losgröße 10. Es handelt sich bei der Anzahl der angegebenen Bleche sowohl um ganze Blechtafeln, als auch um Restbleche. Für die Mulden werden durchschnittlich 80 Bleche verwendet. Bei den Rahmen sind es durchschnittlich 45 Stück. Ein Grund für diesen Unterschied ist die Anzahl der verschiedenen Brennteile. Während es bei den Hilfsrahmen etwa 40 verschiedene Brennteile gibt, sind es bei den Mulden etwa 50. Je mehr Brennteile es sind, desto mehr Brennpläne gibt es demnach und das erhöht die Anzahl der verwendeten Bleche. Ebenfalls Einfluss hat die Größe der Brennteile. Da die Mulden flächenmäßig größer sind, sind demnach auch viele Brennteile von den Abmaßen größer als bei den Hilfsrahmen. Das hat zur Folge, dass öfter zwei Brennpläne je Teilesorte benötigt werden, was wiederum die Anzahl der verwendeten Bleche erhöht.

### **5.3 Verschnitt**

Zur Berechnung des Verschnitts sind Angaben über dem Materialeinsatz und die Blechsausnutzung notwendig. Der Materialeinsatz ist bereits berechnet, wie im Kapitel 5.2 beschrieben. Die Blechsausnutzung in Prozent ist im Kalkulationsdatenblatt DIM angegeben unter der Rubrik *Platten-Daten*. Es gilt zuerst für jeden einzelnen Brennplan den Verschnitt zu ermitteln. Im ersten Schritt wird der Verschnitt in

Prozent errechnet und im zweiten Schritt der Verschnitt in m<sup>2</sup>. Zur Berechnung dienen die folgenden zwei Formeln:

$$\text{Verschnitt [\%]} = 100 \% - \text{Blechausnutzung [\%]}$$

$$\text{Verschnitt [m}^2\text{]} = \text{Materialeinsatz [m}^2\text{]} \times \text{Verschnitt [\%]} / 100$$

Berechnungsbeispiel: - Materialeinsatz: 23,4 m<sup>2</sup>

- Blechausnutzung: 80,5 %

$$\Rightarrow \text{Verschnitt} = 100 \% - 80,5 \% = 19,5 \%$$

$$\text{Verschnitt} = 23,4 \text{ m}^2 \times 19,5 \% / 100 = \underline{\underline{4,57 \text{ m}^2}} \text{ (aufgerundet)}$$

Mit Hilfe dieser Formeln wird der Verschnitt für jeden Brennplan separat errechnet. Für den Materialeinsatz sind bereits Zuordnungen der Brennteile zu den jeweiligen Fertigungsprodukten vorhanden. Diese können analog für den Verschnitt verwendet werden. Über die Zuordnung erhält man den Verschnitt für die Mulden oder die Rahmen. Anschließend wird das Ergebnis durch die Losgröße 10 geteilt und es ergibt sich der Verschnitt für ein Fertigungsprodukt. Die erhaltenen Ergebnisse sind in der Tabelle 4 zusammengefasst. Es handelt sich dabei um Mindestwerte.

Tabelle 4: Übersicht über den Verschnitt

Fertigungsprodukt	Verschnitt in m <sup>2</sup>	Verschnitt in %
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	6,01	10,5
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	6,53	11,3
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	8,17	15,9
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	6,49	12,7
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	3,50	21,8
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	3,34	22,0
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	2,94	19,7
1 x HIRA MB 5,5 verz.	3,74	22,8
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	3,20	20,6
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	3,41	22,1

Bei den Mulden beträgt der Verschnitt durchschnittlich 7 m<sup>2</sup> und bei den Hilfsrahmen ist er etwa halb so groß. Wichtig ist hierbei der Vergleich mit dem Materialeinsatz. Das ergibt den Verschnitt in Prozent. Dabei ist zu erkennen, dass es sich genau anderes herum verhält. Der Verschnitt in Prozent ist bei den Hilfsrahmen mit durchschnittlich 21,5 % höher als bei den Mulden (12,5 %). Dabei muss jedoch der Materialeinsatz beachtet werden und der ist bei den Mulden höher. Der Verschnitt liegt im Durchschnitt bei etwa 18 %. Das ist ein normaler Wert.

Der geringste Verschnitt bezogen auf alle Brennpläne beträgt 0,025 m<sup>2</sup>. Der Grund für den geringen Wert ist der geringe Materialeinsatz, da die Brennteile relativ klein sind (jeweils 35x125 mm). Der höchste Verschnitt beträgt 22,946 m<sup>2</sup>. Hier ist aber auch der Materialeinsatz wesentlich höher (131,120 m<sup>2</sup>). Der prozentual geringste Verschnitt ist bei einem Bodenblech. Dort sind es lediglich 4,1 %. Der höchste prozentuale Verschnitt beträgt hingegen 80,7 %. Dabei handelt es sich um einen schmalen Ring mit 148 mm Innendurchmesser.

Für die Betrachtung des Verschnitts ist es notwendig, die Einflussgrößen aufzuzeigen, welche auf den Verschnitt wirken. Die Form des Teiles ist u.a. ausschlaggebend. Sehr "unförmige" Brennteile erhöhen den Verschnitt. Dabei ist es egal, wie man sie auf der Blechtafel anordnet. Eine gute Blechsausnutzung (ca. 80 bis 90 %) wird durch solche Teile einfach nicht erreicht. Wenn diese auch noch in größerer Stückzahl vorhanden sind, erhöht sich damit gleichzeitig der Verschnitt (in m<sup>2</sup>). Bei der Serienfertigung können in einigen Fällen sehr kleine Brennteile (auf die Fläche bezogen) zwischen die "unförmigen" Brennteile angeordnet werden. Das ist jedoch bei der Einzelteilverfertigung nicht möglich, da es für jede Sorte von Teilen eigene Brennpläne gibt. Ebenfalls Einfluss auf den Verschnitt haben Löcher, die in den Teilen ausgebrannt werden. Löcher zählen als Verschnitt und diese Flächen sind bei der Blechsausnutzung, die auf dem DIM angegeben ist, abgezogen. Das bedeutet, je mehr Löcher ein Brennteil besitzt, umso höher ist am Ende der Verschnitt. Eine weitere Problematik bilden die Angaben der Blechformate. Diese sind als Mindest-Blechabmaße aufgeführt. Natürlich ist nicht immer ein Blech in genau diesem Format vorhanden. Sollte gar kein Restblech mehr vorrätig sein, muss eine neue Blechtafel angeschnitten werden. Der wahre Verschnitt ist also höher, als in der Tabelle 4 angegeben. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Anzahl der Brennteile. Je mehr Teile

auf einer Blechtafel ausgebrannt werden, desto höher ist gleichzeitig der Verschnitt. Die Ursache hierfür ist der Abstand zwischen den Teilen. Dieser muss mindestens 6 mm betragen. Je mehr Teile es gibt, desto mehr Abstände gibt es gleichzeitig und das erhöht den Verschnitt. Die angegebene Blechausnutzung im Kalkulationsdatenblatt DIM umfasst nur die Flächen der Brennteile abzüglich aller Innenkonturen (z.B. Löcher). Alles Andere wird als Verschnitt gezählt und ist somit von der angegebenen Blechausnutzung abgezogen.

Es gibt einige Fälle, in denen relativ wenig Verschnitt entsteht. Ein Beispiel ist das Bodenblech der WR-Mulde mit aufliegender Klappe. Dieses ist 2172 mm breit und 7463 mm lang. Der Boden wird auf einem Blech aus Hardox 450 mit den Abmaßen 2200x7700 [mm] ausgebrannt. Dadurch entsteht eine Blechausnutzung von 93,7 %. Dies ist ein sehr guter Wert. Von Vorteil ist hier, dass es keine Zwischenräume gibt (da nur ein einzelnes Brennteil) und nur zwei Löcher vorhanden sind. Außerdem sind die Maße des Bleches nur geringfügig größer als die des Bodenbleches und der Boden ist fast rechteckig, was ebenfalls den Verschnitt gering hält.

Eine Übersicht über alle Einzelwerte aus den neu erstellten Brennplänen für die Einzelteulfertigung ist in der Anlage 7 zusammengestellt. Für den Materialeinsatz sind zu jedem Brennplan die Abmaße und Anzahl der verwendeten Bleche angegeben. Die Blechausnutzung in % ist ebenfalls aufgeführt. Diese ist für die Berechnung des Verschnitts notwendig. Alle Daten sind aus den Kalkulationsdatenblättern DIM von den dazugehörigen Brennplänen entnommen. Die Anlage 8 enthält die Zuordnungen der Brennteile zum jeweiligen Fertigungsprodukt. Über die Informationen aus den Anlagen 7 und 8 konnten das Material, der Verschnitt und die Brennzeiten für jedes der zehn Standardprodukte ermittelt werden.

## 6 Betrachtung der Fertigungszeiten

### 6.1 Theoretische Grundlagen zur Durchlaufzeit

Grundsätzlich ist die Durchlaufzeit der Zeitraum zwischen Produktionsbeginn und Produktionsende eines Auftrages. Mit Produktionsbeginn kann die Freigabe des Auftrages für die Werkstatt, der Zeitpunkt der Bereitstellung von Teilen bzw. Materialien oder der Zeitpunkt gemeint sein, an dem die Arbeiten tatsächlich beginnen. Produktionsende ist die Fertigstellung in der Fertigung, die Übergabe an das Auslieferungslager oder der Zeitpunkt des Versandes. [PB09, S. 27 / Folie 169]

Die Durchlaufzeit ist die Soll-Zeit für die Erfüllung eines Arbeitsvorganges bzw. eines Auftrages. Sie setzt sich insgesamt aus drei verschiedenen Bestandteilen zusammen: der Durchführungzeit, der Zwischenzeit und der Zusatzzeit. Die Abbildung 4 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Zeitarten, aus denen sich die Durchlaufzeit zusammensetzt.

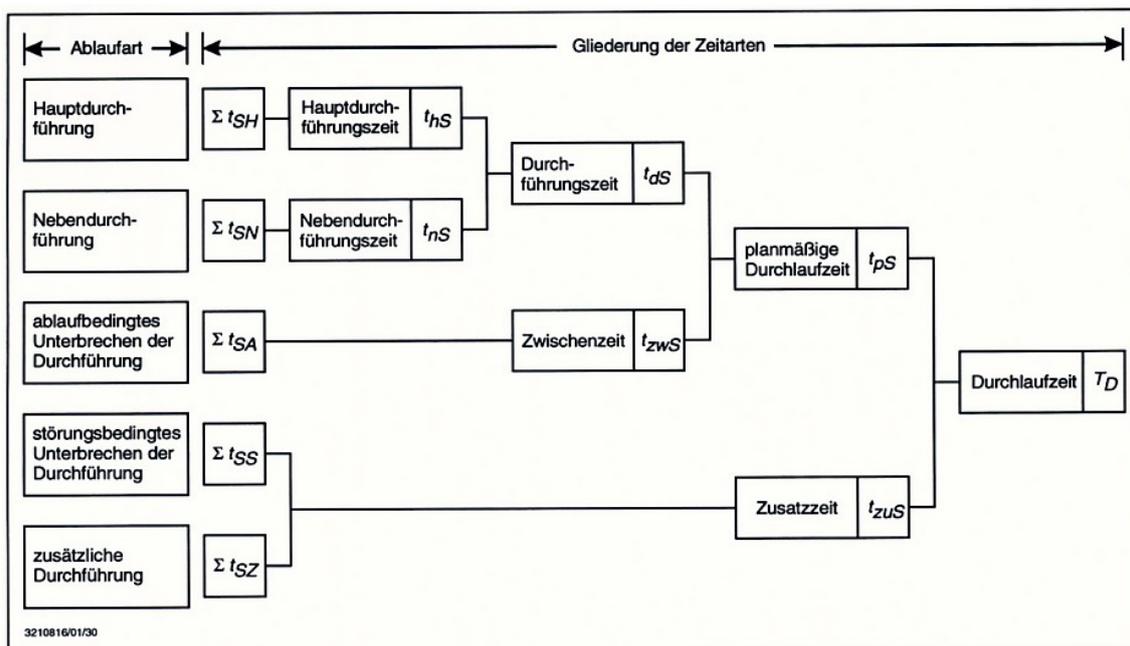


Abbildung 4: Zusammensetzung der Durchlaufzeit [REFA02, Seite 243]

Die Durchlaufzeit lässt sich auch über Formeln darstellen. Dazu werden die Abkürzungen verwendet, die ebenfalls mit in der Abbildung 4 angegeben sind. Die Durchlaufzeit ist die Summe aus planmäßiger Durchlaufzeit und Zusatzzeit. Die dazugehörige Formel würde lauten:  $T_D = t_{pS} + t_{zuS}$ .

Die Durchführungszeit untergliedert sich in Hauptausführung und Nebenausführung. Dabei handelt es sich um eine der Erfüllung des Auftrages dienende Ausführung. Die Hauptausführungszeit ist für eine planmäßige, unmittelbare Erfüllung. Die Nebenausführungszeit dient der planmäßigen, mittelbaren Erfüllung. Neben der Durchführungszeit gibt es die Zwischenzeit. Dazu gehört das ablaufbedingte Unterbrechen der Durchführung. Das sind beispielsweise Transport- und Liegezeiten. Als dritte Gruppe sind die Zusatzzeiten zu nennen. Dabei handelt es sich um das störungsbedingte Unterbrechen der Durchführung. Beispiele sind Materialfehler oder der Ausfall des Betriebsmittels. Die zusätzliche Durchführung gehört ebenfalls zu den Zusatzzeiten. Deren Vorkommen ist jedoch nicht vorausbestimmbar. [REFA02, S. 53 ff. / S. 163 ff.]

Die Zeitanteile der Durchführungszeit sind produkt- und verfahrensabhängig. Bei den Zwischenzeiten werden sie hauptsächlich durch Ablaufprinzipien bestimmt. Unter Ablaufprinzipien versteht man Merkmale zur räumlichen Anordnung und Verbindung mehrerer Arbeitsplätze. Ein Überblick über die verschiedenen Ablaufprinzipien ist in der Anlage 9 [PB09, S. 16 / Folie 158] zusammengestellt. Den größten Anteil an der Durchlaufzeit hat jedoch die Zwischenzeit. Es sind Optimierungen möglich durch eine leistungsfähigere Organisation in der Produktion bezogen auf den Materialfluss, den Informationsfluss und die Arbeitsabläufe. Für eine Verkürzung der Durchlaufzeit ist eine systematische Datenerfassung, -analyse und -auswertung eine grundlegende Voraussetzung. [REFA02, S. 50 ff.]

## **6.2 Arbeitsablauf im Zuschnitt**

Um die verschiedenen Zeitarten zu ermitteln, ist es vorher notwendig, die Ablaufabschnitte bzw. Arbeitsschritte im Zuschnitt zu erfassen. Jedem Arbeitsschritt kann dann die dazugehörige Zeitart zugeteilt werden.

Der Zuschnitt ist die erste Station in der Fertigung für die Herstellung einer Mulde oder eines Rahmens. Dort werden an einer Brennschneidmaschine die Brennteile ausgebrannt. Dies geschieht aus Blechen unterschiedlicher Stärke und mit unterschiedlichen Formaten. Insgesamt gibt es vier Brennschneidmaschinen in der Firma Jünger GmbH. In der Regel arbeiten zwei Mitarbeiter an einer Maschine. Die Abbildung 5 zeigt eine Brennschneidmaschine der Firma Jünger GmbH im Einsatz.



Abbildung 5: Ausbrennen der Einzelteile im Zuschnitt [JUE09]

Die folgende Beschreibung stellt die Arbeitsabläufe dar, wie sie unter derzeitigen Bedingungen durchgeführt werden. Mit der Einführung eines neuen Systems zur Materialflusssteuerung ist es möglich, dass sich einige Abläufe ändern. Diese Problematik wird im Kapitel 7 behandelt.

Bei einem neuen Auftrag müssen zuerst die Auftragsunterlagen geholt werden. Darin sind die Brennteilliste, die Brennpläne bestehend aus Stückliste und DIM sowie die Brennplanübersichten enthalten. Anhand der Unterlagen kann das Material beschafft werden. Ein Mitarbeiter aus dem Transport wird beauftragt, alle benötigten Bleche für den Auftrag in den Zuschnitt zum Arbeitsplatz zu bringen. Dazu werden die Bleche vom Lagerplatz geholt, auf einen Transportwagen geladen und in den Zuschnitt gebracht. Bei der Einzelteilverfertigung ist für die meisten Brennpläne die Verwendung von Restblechen vorgesehen. Es muss also geprüft werden, ob ein Blech in dem entsprechenden Mindestformat vorhanden ist. Sollte das nicht der Fall sein, muss eine neue Blechtafel angeschnitten werden. Steht das Material in Form von Blechtafeln zur Verfügung, kann damit begonnen werden, das Blech auf den Gitterrost der Brennschneidmaschine aufzusetzen. Anschließend wird das NC-Programm, welches zuvor in der Arbeitsvorbereitung über die Software Columbus an die Maschine gesendet wird, für den Brennplan herausgesucht. Der Name des Programms kann den Auftragsunterlagen entnommen werden. Es gibt drei Brennschneidmaschinen von der Firma ESAB und eine Maschine von der Firma SATO. Bei zuletzt genannter Maschine wird zuvor in der Arbeitsvorbereitung das NC-Programm auf eine Diskette aufgespielt. Diese wird den Auftragsunterlagen beigelegt. Das Programm kann nicht direkt an die Maschine gesendet werden. Der

Grund ist ein fehlender Netzwerkanschluss. Nach der Auswahl des Programms wird der Startpunkt für den Brenner gesetzt. Dieser ist auf dem Layout der Stückliste durch einen Kreis mit einem darin befindlichen Kreuz gekennzeichnet. Zum Vergleich ist dieser Kreis in der Anlage 2 oben links auf dem Layout zu sehen.

Das NC-Programm kann nun gestartet werden. Der Brenner wird aktiviert und der gesamte Brennvorgang läuft automatisch ab. Sollte es jedoch zu Problemen kommen, ist ein manuelles Eingreifen der Mitarbeiter im Zuschnitt möglich. Die ausgebrannten Einzelteile können vom Gitterrost herunter geholt werden, sobald die Maschine weit genug vorgerückt ist. Nach Abschluss des Brennvorgangs wird der Schneidbrenner automatisch deaktiviert und die Maschine stellt die Verfahrbewegungen ein. Sie wird von einem Mitarbeiter zurück in die Ausgangsposition gefahren (wie vor dem Auflegen des Bleches). Anschließend werden die restlichen Brennteile vom Gitterrost herunter geholt und die restlichen nicht mehr verwertbaren Blechteile werden entfernt. Ist ein größeres Stück an Restblech übrig, wird es beiseite gestellt und kann als Restblech zu einem späteren Zeitpunkt wieder verwendet werden. Danach kann das nächste Blech aufgelegt werden und der Ablauf beginnt von Neuem. Als zusätzlicher Arbeitsschritt ist es notwendig, die ausgebrannten Einzelteile zu "verputzen". Dabei werden Rückstände vom Ausbrennen entfernt. Diese Arbeit kann zwischendurch erledigt werden, wenn zwei Mitarbeiter am Arbeitsplatz tätig sind.

## **6.3 Erfassung der Einzelzeiten**

### **6.3.1 Brennzeiten**

Die Brennzeiten gehören zu den Durchführungszeiten. Damit sind die Zeiten gemeint, die für den Vorgang des Ausbrennens der Einzelteile benötigt werden. Es handelt sich dabei um reine Maschinenzeiten. Die Ausführung dient der unmittelbaren Erfüllung des Auftrages und somit gehört die Brennzeit zur Hauptdurchführungszeit. Die Brennzeit eines Brennplanes ist im Kalkulationsdatenblatt DIM angegeben unter der Rubrik *Teile-Daten*. Unter der Überschrift "Zeiten" stehen sechs Abläufe mit den dazugehörigen Zeitangaben in Minuten. Folgende Abläufe sind angegeben: Eilgang, Schneiden, Markieren, Beschriften, Andere und Maschinenvorbereitung. Unter Eilgang ist die Verfahrbewegung der Maschine ohne aktivierten Schneidbrenner zu verstehen. Beim

Schneiden ist der Brenner aktiviert und "schneidet" die Einzelteile aus dem Blech. Markieren und Beschriften werden nicht verwendet. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle auch nicht näher darauf eingegangen werden. Andere Zeiten sind beispielsweise die vertikale Bewegung des Brenners oder Lochstechzeiten. Zur Maschinenvorbereitung gehörende Arbeitsschritte sind die Auswahl des NC-Programms, das Setzen des Startpunktes für den Brenner sowie der Start des Programms. Bei der Maschinenvorbereitungszeit handelt es sich nicht um eine Hauptausführungszeit. Bei mehreren Brennplänen je Auftrag handelt es sich um Nebenausführungszeit, da der Vorgang mehrfach durchgeführt wird. Gibt es nur einen Brennplan für den Auftrag, dann können die Maschinenvorbereitungszeiten auch zu den Rüstzeiten gezählt werden. Das Einrichten und Einstellen der Maschine gehört zu den Rüstzeiten, jedoch nur, wenn dieser Arbeitsschritt nur einmal je Auftrag vorkommt. Bei der Einzelteilerfertigung gibt es für einige Teilesorten zwei Brennpläne. Aus diesem Grund wird die Maschinenvorbereitung für die weiteren Betrachtungen als Nebenausführung angesehen.

Alle Einzelzeiten sind in einer Gesamtzeit zusammengefasst. Das ist die komplette Zeit, welche die Maschine für einen Brennplan benötigt. Einfluss darauf hat einerseits die Anzahl der Bleche und die Anzahl der verwendeten Brenner. Werden zwei Bleche aufgelegt, verdoppelt sich die Brennzeit, bei drei Blechen wird sie verdreifacht usw. Der Gitterrost der Brennschneidmaschinen hat eine Breite von 3 Meter. Damit passen zwei 1,5 Meter breite Bleche gleichzeitig auf den Gitterrost und können zeitgleich bearbeitet werden mit zwei Brennern (bei gleicher Anordnung der Brennteile auf den Blechen). Durch den Einsatz von zwei Brennern wird die Brennzeit halbiert. Einige Bleche sind mehr als 1,5 Meter breit (siehe Tabelle 2). In diesem Fall kann nur ein Blech bearbeitet werden.

Für die Berechnung der Einzelzeiten wird, wie beim Material, die Zuordnung der Brennteile zu den jeweiligen Standardmulden und -rahmen verwendet. Die Brennzeit ist im DIM angegeben. Zu jedem Brennplan wird diese Zeit herausgesucht und in der Zuordnung zum dazugehörigen Brennteil zugeteilt. Die Brennzeit ist dabei auf volle Minuten aufgerundet. Bei den Brennplänen, bei denen die Losgröße 11 oder die Losgröße 12 verwendet wird, ist die Zeit auf die Losgröße 10 herunter zu rechnen. Es wird schließlich die Summe der Brennzeiten für die jeweiligen Fertigungsprodukte

errechnet und im letzten Schritt wird das Ergebnis durch die Losgröße 10 geteilt. Es ergeben sich die Brennzeiten für die zehn verschiedenen Standardprodukte, die in der Tabelle 5 zusammengefasst sind.

Tabelle 5: Übersicht über die Brennzeiten

Bezeichnung	Gesamtzeit für die Losgröße 10	Gesamtzeit für die Losgröße 1
WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	1670 min	167 min
WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	1622 min	163 min
MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	1703 min	171 min
MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	1744 min	175 min
HIRA DAF 5,5 verz.	1281 min	129 min
HIRA Iveco 5,5 verz.	1323 min	133 min
HIRA MAN 5,5 verz.	1220 min	122 min
HIRA MB 5,5 verz.	1493 min	150 min
HIRA Scania 5,5 verz.	1230 min	123 min
HIRA Volvo 5,5 verz.	1322 min	133 min

Die Brennzeiten sind bei den Mulden höher als bei den Rahmen. Vor allem die großen Einzelteile, wie Seitenwand oder Boden, haben Einfluss auf die Brennzeit. Bei den Brennplänen zu diesen Teilen ist die aufgewendete Zeit im Vergleich zu anderen Brennteilen deutlich höher. Ein Beispiel ist die WR-Mulde mit Schütte. Während der Zeitaufwand bei den Brennplänen für die Teile aus QStE 380 zwischen 11 und 85 Minuten liegt, sind es bei den Brennplänen für Teile aus Hardox 450 (Boden, Seitenwand) bis 150 Minuten. Da es bei den Hilfsrahmen keine Brennteile gibt, die von der Fläche so groß sind, hat das entsprechenden Einfluss auf die Brennzeiten. Diese sind mit durchschnittlich 132 Minuten (bei Losgröße 1) deutlich geringer, als bei den Mulden.

### 6.3.2 Rüstzeiten

Zur Erfassung der Einzelzeiten gehören auch die Rüstzeiten. Zum Rüsten gehören alle Arbeitsschritte für das Vorbereiten des Arbeitssystems für die Erfüllung einer Arbeitsaufgabe. Ebenfalls dazu zählt das Rückversetzen des Arbeitssystems in den

ursprünglichen Zustand. Arbeitsabläufe, die das Rüsten betreffen, kommen in der Regel nur einmal je Auftrag vor. Einige Beispiele für das Rüsten sind: Auftrag holen bzw. annehmen, Werkzeuge holen, Maschine einrichten und einstellen, Betriebsmittel während des Auftrages umrüsten, Werkzeuge abbauen und fortbringen. [REFA02, S. 212]

Die Rüstzeit bildet zusammen mit der Ausführungszeit die Auftragszeit. Als Teil der Ausführungszeit sind die Brennzeiten bereits betrachtet worden. Dies geschah mit Hilfe der Daten des Kalkulationsdatenblattes DIM aus dem Software-Programm Columbus. Die Rüstzeiten werden separat ermittelt. Als Erstes ist es nötig, alle Arbeitsabläufe im Zuschnitt, die zum Rüsten gehören, zu bestimmen. Dazu zählen: Auftrag holen und lesen, Maschine einrichten und einstellen sowie Auftragsunterlagen unterschreiben und fortbringen. Der Arbeitsschritt "Einrichten und Einstellen der Maschine" entfällt bei der Erfassung der Rüstzeiten, da er bereits bei den Brennzeiten enthalten ist. Im DIM sind die Zeiten unter Maschinenvorbereitung vermerkt. Es sind durchschnittlich fünf Minuten angegeben.

Das Holen und Lesen eines neuen Auftrages ist mit fünf Minuten angesetzt. Analog gilt dies für das Unterschreiben und Fortbringen der Auftragsunterlagen. Diese Abläufe kommen nur einmal je Auftrag vor. Es sind keine Einzelzeiten für diese Abläufe aufgenommen worden. Die Zeiten stammen aus Mitarbeiterbefragungen und werden für die Zeitbetrachtung verwendet. Dabei handelt es sich durchaus um realistische Angaben. Für das Ausbrennen werden immer die gleichen Brenner verwendet. Es ist somit kein Umrüsten notwendig. Das Holen und Fortbringen von zusätzlichen Werkzeugen, wie z.B. eines Winkelschleifers für das "Verputzen", ist ebenfalls nicht nötig. Diese Werkzeuge befinden sich direkt an jedem Arbeitsplatz.

Das Zurückfahren der Maschine in die Ausgangsposition könnte als Rüstzeit angesehen werden, da durch diesen Arbeitsschritt das Arbeitssystem in den ursprünglichen Zustand zurückversetzt wird. Wenn es jedoch mehrere Brennpläne gibt oder bei einem Brennplan mehrere Bleche verwendet werden, kommt es zur Wiederholung dieses Arbeitsschrittes. Da Rüstzeiten nur einmal je Auftrag vorkommen, kann das Zurückfahren der Maschine in die Ausgangsposition nicht dazu gezählt werden. Es wird als Nebenausführung betrachtet.

### **6.3.3 Weitere Einflusszeiten**

Es gibt neben den Brennzeiten und den Rüstzeiten noch weitere Einflusszeiten. Es handelt sich hierbei um Nebenausführungszeiten, Zwischenzeiten und Zusatzzeiten. Zu den Zusatzzeiten zählen das störungsbedingte Unterbrechen der Ausführung oder zusätzliche Tätigkeiten, deren Vorkommen nicht vorausbestimmbar ist. Beispiele sind Unterbrechungen durch Stromausfall, Fehler an der Maschine oder Materialfehler. Ebenso gehören Düsenwechsel zu den Zusatzzeiten. Diese werden an den Brennern der Brennschneidmaschine gewechselt (ca. fünf Minuten) und zusätzlich an kleinen Brennern, die zum manuellen Durchschneiden des Restbleches dienen (ca. zwei Minuten). Da das Vorkommen nicht vorausbestimmbar ist, kann dafür keine Zeitermittlung durchgeführt werden. Es muss also ein Wert festgelegt werden. Dieser Wert gilt nicht für jeden Brennplan, sondern für einen vorbestimmten Zeitraum. Bei der Ermittlung der einzelnen Durchlaufzeiten werden die Zusatzzeiten somit nicht in die Berechnung einfließen.

Zu den Zwischenzeiten gehören Transport- und Liegezeiten. Die dazugehörigen Abläufe sind: Bereitstellung des Materials und Abtransport der ausgebrannten Einzelteile. Für die Bereitstellung des Materials wird ein Mitarbeiter aus dem Transport beauftragt, für den Zuschnitt die benötigten Bleche in entsprechender Stärke, Stückzahl und entsprechendem Material zusammenzustellen. Die Mitarbeiter im Zuschnitt müssen sich das Material nicht selbst beschaffen, sondern nur die Information an den Mitarbeiter für den Transport geben. Für diesen Arbeitsschritt wird ein Zeitaufwand von fünf Minuten angesetzt, da der jeweilige Ansprechpartner nicht immer sofort zur Verfügung steht. Der Abtransport der ausgebrannten Einzelteile erfolgt nebenbei. Dies gilt jedoch nur, wenn zwei Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz tätig sind. Dieser Fall ist als Voraussetzung für die Betrachtungen genommen. Kleinere Einzelteile kommen auf eine Palette, während große Teile (wie z.B. Boden oder Seitenwand) auf einen Transportwagen verladen werden. Für diese Arbeit werden ebenfalls fünf Minuten angesetzt.

Die Durchführungszeiten bestehen aus Haupt- und Nebenausführungszeiten. Im Kapitel 6.3.1 sind bereits die Brennzeiten betrachtet worden. Das sind die Hauptausführungszeiten. Zur Nebenausführung zählen folgende Arbeitsschritte: Blech auf den Gitterrost auflegen, Maschine einrichten und einstellen, Zurückfahren

der Maschine in die Ausgangsposition sowie ausgebrannte Einzelteile und Restblech vom Gitterrost entfernen. Das Einstellen und Einrichten der Maschine ist bereits in den Brennzeiten enthalten. Für die drei anderen Vorgänge werden mehrere Einzelzeiten erfasst. Die Zeitermittlung besteht aus verschiedenen Teilen, die zeitlich voneinander unabhängig sind. Der Grund dafür ist, dass die Ablaufabschnitte nicht unmittelbar aufeinander folgen. Für die Zeiterfassung wird eine einfache Stoppuhr verwendet. Die ermittelten Zeiten sind auf volle Minuten aufgerundet. Es wird schließlich ein Durchschnittswert aus den Einzelwerten gebildet. Sowohl die Einzelzeiten, als auch die daraus errechnete Durchschnittszeit sind in der Anlage 10 in einer Tabelle zusammengefasst.

Die Einzelzeiten sind nicht beim Ausbrennen eines Brennplanes für die Einzelteilerfertigung erfasst worden. Da die Abläufe identisch sind, haben die ermittelten Werte dennoch Aussagekraft. Für genauere Angaben müssten die Einzelzeiten für einen Brennplan der Einzelteilerfertigung erfasst werden und es müssten mehrere Zeiten für jeden Ablaufabschnitt ermittelt werden. Es handelt sich jedoch um zeitlich längere Abläufe (bis 17 Minuten für einen Arbeitsschritt) und die Zeiten werden auf volle Minuten aufgerundet. Aus diesem Grund sind sechs Werte für einen Abschnitt durchaus ausreichend, wenn sie alle ungefähr im selben Bereich liegen. Mit mehr Einzelwerten könnte ein exakterer Durchschnittswert errechnet werden. Durch das Aufrunden auf volle Minuten würde das Ergebnis aber wahrscheinlich in derselben Größenordnung liegen.

Für das Aufsetzen eines Bleches auf den Gitterrost der Brennschneidmaschine wird ein Durchschnittswert von sechs Minuten errechnet. Das Blech wird dabei durch eine Vorrichtung vom Boden oder von einem Transportwagen auf den Gitterrost aufgesetzt. Das "Abräumen" des Gitterrostes nach Beendigung des Schneidvorganges und das Zurückfahren der Maschine dauern durchschnittlich 15 Minuten. Es werden dabei die restlichen ausgebrannten Einzelteile vom Gitterrost herunter geholt und die beim Ausbrennen übrig gebliebenen Blechteile entfernt. Diese müssen häufig noch durch einen kleinen Schneidbrenner per Hand in kleinere Stücke geteilt werden, die dann in den Verschnitt kommen. Der Zeitaufwand ist deutlich höher als beim Aufsetzen des Bleches, da es auch mehr einzelne Arbeitsschritte gibt.

Ebenfalls zur Nebenausführung gehört das "Verputzen" der ausgebrannten Teile. Es handelt sich dabei um einen eigenen Ablaufabschnitt. Diese Tätigkeit wird jedoch nebenbei ausgeführt, wenn zwei Mitarbeiter an einem Arbeitsplatz tätig sind. Deswegen wird die Zeit nicht extra berechnet. Eine genaue Zeitangabe ist auch sehr schwierig, da die Einzelzeiten sehr variieren. Die ausgebrannten Einzelteile werden nicht immer sofort nach dem Ausbrennen "verputzt", sondern manchmal erst zu einem späteren Zeitpunkt mit anderen Teilen zusammen. Die Anzahl der Teile hat noch zusätzlich Einfluss auf diesen Arbeitsschritt. Je mehr Teile es sind, desto länger dauert es.

#### **6.4 Ermittlung der Durchlaufzeiten**

Nach der Zusammenstellung der Einzelzeiten können nun die Durchlaufzeiten für die zehn Fertigungsprodukte berechnet werden. In der Anlage 11 sind die Formeln zur Berechnung der Durchlaufzeit angegeben. Es befindet sich dort auch ein Berechnungsbeispiel.

Aus Ausgangspunkt dienen die Formeln zur Zusammensetzung der Durchlaufzeit (zum Vergleich: siehe Abbildung 4). Es wird zuerst die Durchlaufzeit für die Losgröße 10 ermittelt. Diese ergibt sich aus der Summe von Hauptausführungszeit, Nebenausführungszeit, Zwischenzeit, Zusatzzeit und Rüstzeit. Die Hauptausführung ist der Brennvorgang der Maschine. Dazu werden die berechneten Brennzeiten aus dem Kapitel 6.3.1 verwendet. Zur Nebenausführung gehören die sechs Minuten für das Auflegen des Bleches, die 15 Minuten für das Entfernen des Restbleches sowie eine Minute für das Zurückfahren der Maschine. Die Bereitstellung des Materials ist eine Zwischenzeit, die mit fünf Minuten festgelegt ist. Die Zusatzzeit entfällt für die Berechnung der einzelnen Durchlaufzeit. Die Rüstzeit umfasst jeweils fünf Minuten für das Holen / Lesen eines neuen Auftrages und das Unterschreiben / Fortbringen des Auftrages. Die beschriebenen Zeiten werden in die Formel eingesetzt. Dabei ist zu beachten, dass die Abläufe, welche mehrfach vorkommen (Nebenausführung), mit der Anzahl der verwendeten Bleche multipliziert werden. Die Anzahl der Bleche je Fertigungsprodukt ist in der Anlage 6 zusammengefasst. Die dort angegebenen Werte beziehen sich auf die Losgröße 10. Damit lässt sich nun die Durchlaufzeit über die Formel berechnen. Teilt man das Ergebnis durch zehn ergeben sich die Durchlaufzeiten bezogen auf ein Fertigungsprodukt. Über das Berechnungsbeispiel

in der Anlage 11 kann diese Vorgehensweise nochmals nachvollzogen werden. Die erhaltenen Ergebnisse sind in der Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Durchlaufzeiten für den Zuschnitt

Fertigungsprodukt	ermittelte Durchlaufzeit [min]
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Sch	347
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	338
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	348
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	357
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	229
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	231
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	219
1 x HIRA MB 5,5 verz.	259
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	220
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	233

Die Durchlaufzeiten sind bei den Mulden höher als bei den Rahmen. Der Durchschnittswert für die Mulden liegt bei 348 Minuten. Bei den Rahmen sind es durchschnittlich 232 Minuten. Entscheidend für diesen Unterschied sind die Brennzeiten und die Anzahl der verwendeten Bleche. Alle anderen Größen verändern sich bei der Berechnung für das jeweilige Fertigungsprodukt nicht. Bei den Mulden werden jeweils etwa 80 Bleche verwendet, bei den Hilfsrahmen sind es dagegen nur etwa 45. Die Anzahl wird mit den 22 Minuten Nebenausführungszeit multipliziert und hat damit entscheidenden Einfluss auf die gesamte Durchlaufzeit. Die Brennzeiten sind bei den Mulden durchschnittlich 37 Minuten höher als bei den Hilfsrahmen, was nochmals den Unterschied bei den Durchlaufzeiten vergrößert. Der Größenunterschied zwischen Mulde und Hilfsrahmen spielt auch eine Rolle. Da die Hilfsrahmen von der Höhe her kleiner sind, wird auch weniger Material aufgewendet. Das zeigt sich u.a. in der Anzahl der unterschiedlichen Brennteile je Fertigungsprodukt. Durch eine größere Anzahl unterschiedlicher Brennteile gibt es auch mehr Brennpläne. Je mehr Brennpläne es gibt, desto mehr Zeitaufwand ist für das Ausbrennen notwendig. Damit erhöht sich die Durchlaufzeit. Bei den Hilfsrahmen sind es durchschnittlich 35 und bei den Mulden sind es 51 verschiedene Brennteile.

Es ist zu erkennen, dass bei dem Hilfsrahmen vom Typ MB die Durchlaufzeit im Gegensatz zu den anderen Hilfsrahmen höher ausfällt. Der Grund dafür ist wieder die Anzahl der unterschiedlichen Brennteile. Bei dem MB-Hilfsrahmen sind es 40 verschiedenen Sorten von Brennteilen. Bei den anderen Rahmen sind es hingegen nur 32 bis 35. Dadurch entsteht der Unterschied in der Durchlaufzeit.

Die Ermittlung von Durchlaufzeiten des Zuschnittes bei Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand ist ein Ziel dieser Arbeit. Dazu wurden zuerst die Einzelzeiten durch Zeitermittlungen direkt am Arbeitsplatz und Mitarbeiterbefragungen erfasst. Anschließend konnte mit den gewonnenen Daten die Durchlaufzeit für je ein Fertigungsprodukt berechnet werden. Laut dem Thema der Diplomarbeit ist eine Berücksichtigung von Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand notwendig. "Auf Pufferbestand" bedeutet, dass die Einzelteile im Zuschnitt in der Losgröße 10 vorgefertigt werden, sodass alle Einzelteile bzw. Brennteile in der entsprechenden Losgröße zur Verfügung stehen. Die Teile werden somit nicht erst nach Auftragseingang ausgebrannt, sondern stehen im Vorhinein zur Verfügung. Sobald ein Mindestbestand erreicht ist, sollen automatisch neue Teile gefertigt werden. Dazu wird eine neue Methode zur Materialflusssteuerung benötigt. Dieses Thema wird im folgenden Kapitel behandelt.

## 7 Methode zur Materialflusssteuerung

### 7.1 Grundlegende Zusammenhänge

In der Praxis unterscheidet man zwischen verschiedenen Konzepten zur Planung und Steuerung in der Produktion. Generell gibt es die Unterteilung in sogenannte Push- und Pull-Prinzipien. Bei dem Push-Prinzip, auch Schiebepinzip genannt, sind die Fertigungsmengen und -termine vorgegeben. Die Aufträge haben eine Auftragsnummer und einen Endtermin. Beim Pull-Prinzip, auch Ziehprinzip genannt, löst ein Auftrag einen Bedarf an der jeweils vorgelagerten Station (im Materialfluss) aus. Das würde beispielsweise bedeuten, dass die Endmontage bei der Vormontage bestellt, die Vormontage bei der Baugruppenfertigung und die Baugruppenfertigung bestellt beim Zuschnitt. Die Aufträge werden ohne Auftragsnummer und ohne Endtermin bearbeitet. Das Pull-Prinzip hat das Ziel, innerhalb einer vereinbarten Zeitspanne die Verfügbarkeit einer vereinbarten Menge sicherzustellen.

#### Grundsätzliche Steuerungsprinzipien (Push/Pull)

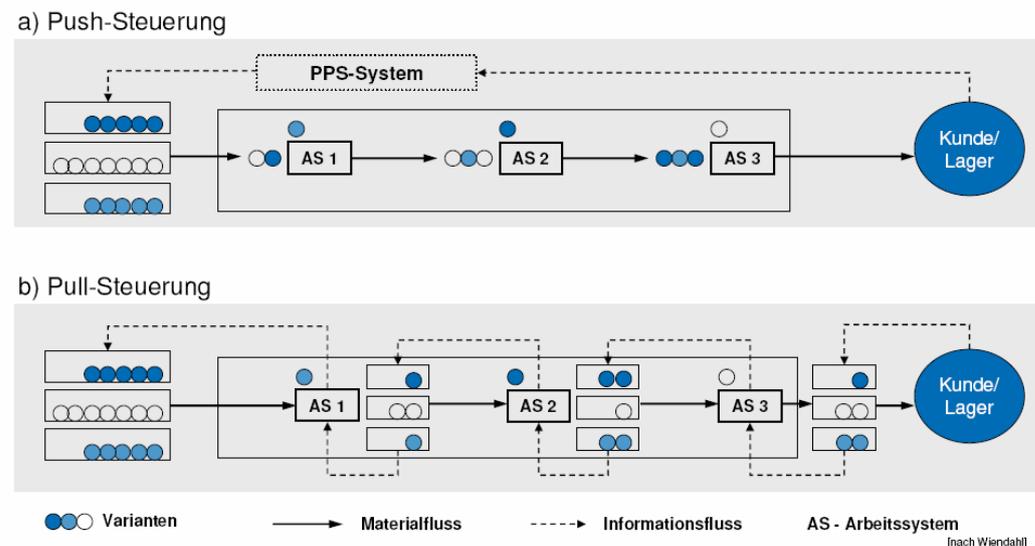


Abbildung 6: Steuerungsprinzipien [PM09, V5 Seite 12]

Zu jedem der beiden Steuerungsprinzipien gibt es mehrere Konzepte. Zu den Push-Prinzipien gehören MRP II (Manufacturing Resource Planning), OPT (Optimized Production Technology) und das Fortschrittszahlen-Konzept. Pull-Prinzipien sind KANBAN, BOA (belastungsorientierte Auftragsfreigabe) und CONWIP (Constant Work in Process). [PM09, V5 Seite 12 ff.]

Die Verfahren der Fertigungssteuerung lassen sich grundsätzlich durch drei verschiedene Konzepte unterscheiden. Dabei handelt es sich um dezentrale, partiell zentrale und zentrale Konzepte. Eine Übersicht befindet sich in der Anlage 12 [PB09, S. 45 / Folie 186]. Bei den dezentralen Konzepten gibt es einen Infoversprung an den Arbeitsstationen und die Mitarbeiter werden in die Verantwortung einbezogen. Zu den dezentralen Konzepten gehören die Prioritätssteuerung und KANBAN. Die Steuerung der Prioritätssteuerung verläuft mit dem Materialfluss (Bringen), während sie bei KANBAN entgegen dem Materialfluss verläuft (Holen). Einen höheren Aufwand als bei den dezentralen Konzepten gibt es bei den partiell zentralen Konzepten. Dort bleibt jedoch die Koordination der Aufträge erhalten. Zu den partiell zentralen Konzepten zählen BOA und OPT. Die belastungsorientierte Auftragsfreigabe richtet sich nach dem Freigabeverhalten. Durch die Steuerung werden bei OPT die Engpässe belegt und optimiert. Zentrale Konzepte bedürfen eines enormen Planungsaufwandes. Dafür sind jederzeit Informationen über die Aufträge verfügbar. Zu den zentralen Konzepten gehören MRP (Material Requirements Planning) und RT (Retrograde Terminierung). OPT kann sowohl zu den partiell zentralen als auch zu den zentralen Konzepten zugeordnet werden. Bei MRP gibt es eine Stufenplanung (u.a. Mengenplanung, Kapazitätsterminierung, Auftragsüberwachung). Bei der Retrograden Terminierung sind Rahmentermine an den wesentlichen Arbeitsstationen vorgegeben. [PB09, S. 45 / Folie 186]

## **7.2 Auswahl einer Methode**

Für die Auswahl einer passenden Methode zur Materialflusssteuerung ist es notwendig, die Voraussetzungen für die jeweiligen Methoden bzw. Konzepte zu betrachten. Allgemein ist die Auswahl abhängig vom Fertigungsverfahren. Dazu zählen Mengenleistung sowie räumliche und zeitliche Strukturierung. Eine Auswahl lässt sich auch über das Schema, wie es in der Abbildung 7 dargestellt ist, treffen. Dabei wird von der Fertigungsstruktur ausgegangen (Einzelfertigung, Serienfertigung). Diese beinhaltet ein bestimmtes Ablaufprinzip. Eine Übersicht über die Ablaufprinzipien ist in der Anlage 9 aufgeführt. Über das Steuerungsprinzip wird eine Steuerungsstrategie bestimmt, welche in einer entsprechenden Methode zur Materialflusssteuerung verwirklicht wird.

## Auswahl von Steuerungsmethoden

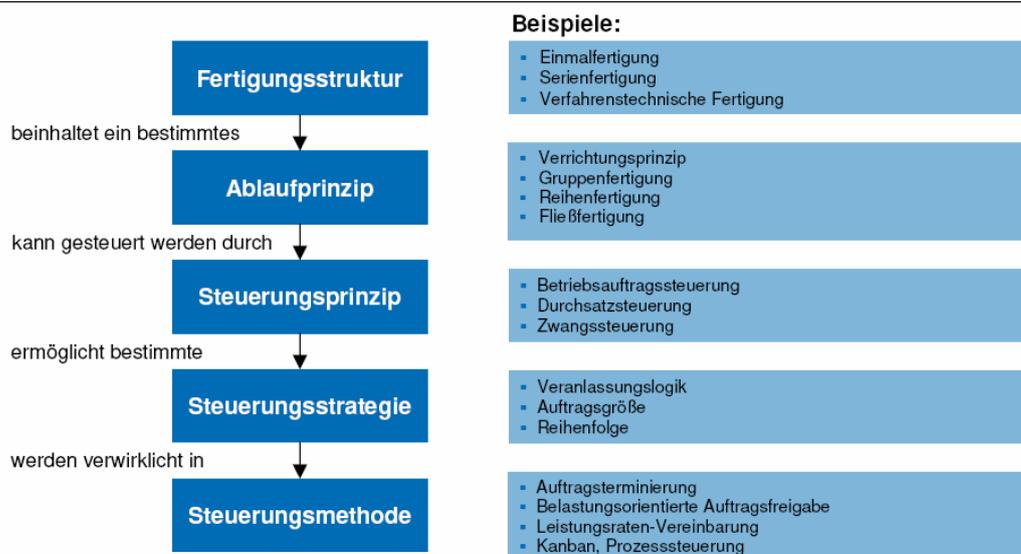


Abbildung 7: Auswahl von Steuerungsmethoden [PM, V5 Seite 9]

Entscheidend für die Auswahl sind vor allem die gegebenen Voraussetzungen in der Firma Jünger GmbH. Die für diese Diplomarbeit betrachteten Mulden und Rahmen werden in Serie gefertigt. Es handelt sich also um Serienfertigung. Das Ablaufprinzip, das in der Firma angewendet wird, ist die Werkstattfertigung bzw. das Verrichtungsprinzip. Es ist eine räumliche Anordnung von gleichen Arbeitsplätzen gegeben. Bis zum jetzigen Zeitpunkt wird das Push-Prinzip verwendet. Das bedeutet, dass die Fertigungstermine und Stückzahlen vorgegeben werden. Die Aufträge besitzen alle eine Auftragsnummer und einen Endtermin. Sie werden so durch die Fertigung gesteuert, dass die Produkte zum vorgegebenen Endtermin fertig sind.

Es muss beachtet werden, dass die Methode zur Materialflusssteuerung nur den Zuschnitt betrifft und nicht die gesamte Fertigung. Das Ziel ist es, eine sich selbst steuernde Methode zur Materialflusssteuerung zu finden. Das bedeutet, dass der Planungsaufwand gering gehalten werden soll. Damit entfallen die zentralen Konzepte zur Steuerung (Retrograde Terminierung und MRP), denn dort ist der Aufwand für die Planung besonders hoch. Es verbleiben somit die partiell zentralen und die dezentralen Konzepte.

Zu den dezentralen Konzepten zählen Fortschrittszahlen. Die Fortschrittszahl ist ein kumulierter Wert, der sich auf unterschiedliche Kenngrößen beziehen kann. Für

das Fortschrittszahlen-Konzept sind ein leistungsstarkes Transportsystem und ein weitgehend störungsfreier Produktionsprozess erforderlich. Damit ein Vergleich von Ist- und Soll-Fortschrittszahlen möglich ist, müssen einerseits die Ist-Mengen erfasst und andererseits die Soll-Fortschrittszahlen realistisch vorgegeben werden. Das Fortschrittszahlen-Konzept wird vorwiegend für die Fließfertigung, also die Massenfertigung verwendet. Da bisher Serienfertigung betrieben wird und im Zuschnitt eine Umstellung auf Einzelteillfertigung angedacht ist, entfällt diese Methode. Sie eignet sich auch weniger für die Werkstattfertigung, da dort in der Regel keine materialflussorientierte Betriebsmittelanordnung vorliegt. [FSZ08]

Eine Umstellung auf ein Pull-Prinzip ist durchaus denkbar, weil es sich dabei um dezentrale und partiell zentrale Konzepte handelt. Der Planungsaufwand ist dort nicht zu hoch. Zu den Pull-Prinzipien zählen BOA, KANBAN und CONWIP. BOA gehört zu den partiell zentralen Konzepten. Dort ist im Gegensatz zu den dezentralen Konzepten ein erhöhter Planungsaufwand nötig. Es wird vorher überprüft, welche Dringlichkeit neue Aufträge haben. Bei dringenden Aufträgen wird eine Belastungsprüfung der erforderlichen Kapazitäten durchgeführt. Die durchführbaren Aufträge werden schließlich freigegeben. Gibt es bei einem Arbeitsgang keine freie Kapazität, wird der gesamte Auftrag zurückgehalten. [BOA09]

Der geringste Planungsaufwand ist bei KANBAN und CONWIP gegeben. Dabei handelt es sich um relativ einfache Steuerungsverfahren. Bei KANBAN wird dann ein Auftrag ausgelöst, wenn an einer nachgelagerten Station auch tatsächlich ein Bedarf auftritt. Es entsteht ein selbst gesteuertes System über mehrere Produktionsstufen hinweg mit mehreren Regelkreisen. Material- und Informationsfluss verlaufen entgegengesetzt. [HP07, S. 970 ff.] CONWIP gehört zu den Pull-Prinzipien, enthält aber auch Elemente der Push-Steuerung. Wie bei KANBAN wird an einer vorgelagerten Station ein Bedarf ausgelöst durch eine nachgelagerte Station. Der Unterschied ist der, dass bei CONWIP ein Regelkreis mehrere Fertigungsschritte umfasst. [CON09]

Nach dem Vergleich und der Eingrenzung mehrerer Methoden zur Materialflusststeuerung wird eine Auswahl getroffen. Als mögliche Methode zur Materialflusststeuerung in der Firma Jünger GmbH wird KANBAN gewählt. Das Ziel

ist ein Steuerungssystem zu finden, welches die Lagerbestände reduziert. Gleichzeitig soll es ein sich selbst steuerndes System zur Materialflusssteuerung sein. Der Planungsaufwand sollte somit möglichst gering gehalten werden. KANBAN erfüllt diese Forderungen und wird deshalb ausgewählt.

### 7.3 Anwendbarkeit und Umsetzung

KANBAN funktioniert nach dem Holprinzip. Dort ist der Materialfluss vorwärts gerichtet, also vom Erzeuger zum Verbraucher. Der Informationsfluss hingegen ist rückwärts gerichtet (vom Verbraucher zum Erzeuger). KANBAN ist ein selbst steuerndes System und somit werden ständige Eingriffe einer zentralen Steuerung überflüssig. In der Abbildung 8 ist die Produktionssteuerung nach dem KANBAN-Prinzip dargestellt. [KAN03, S. 12]

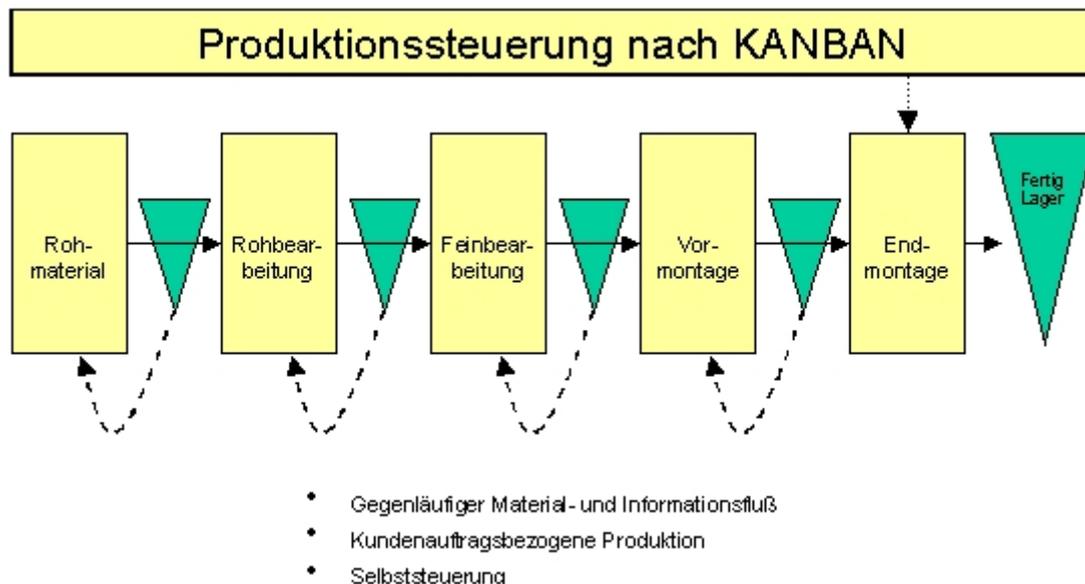


Abbildung 8: Produktionssteuerung nach KANBAN [EBZ08]

Für die Einführung von KANBAN sind bestimmte Voraussetzungen notwendig. Im Folgenden wird kurz erklärt, welche Bedingungen für die Anwendung günstig sind. Die Teile sollten nur geringen Verbrauchsschwankungen ausgesetzt sein und eine hohe Vorhersagegenauigkeit besitzen. Vorteilhaft ist die Verwendung von Teilen, die in großen Mengen verbraucht werden. Es sollte sich um ausgereifte Teile handeln, d.h. seltene Sonderwünsche und wenige Änderungen. Notwendig ist eine flexible, schnelle und beherrschte Fertigung. Ebenfalls wichtig ist zuverlässiges und qualifiziertes Personal. Ein schneller, sicherer und möglichst einfacher

Informationsfluss sollte gegeben sein sowie ein schneller, geradliniger und reibungsloser Materialfluss. [KAN03, S. 23 ff.]

Es gibt sogenannte Regelkreise, die zwischen zwei Prozessen verlaufen. Dabei erfolgt der Einsatz von KANBAN zwischen einer Materialquelle (Erzeuger) und einer Materialsenke (Verbraucher). In der Firma Jünger GmbH ist die Materialquelle der Zuschnitt, wo die Teile ausgebrannt werden. Materialsenke sind u.a. das Kanten und die Baugruppenfertigung. Die Kommunikation zwischen dem Erzeuger und dem Verbraucher ist mit unterschiedlichen Hilfsmitteln realisierbar. Verwendet werden können dazu Behälter, Karten (Kanbans), Transportwagen, Signale und Stellflächen. Bei der Verwendung von Karten wird an jeden Transportbehälter eine Karte angebracht. Die Behälter befinden sich zwischen Materialquelle und -senke. Der Verbraucher entnimmt nach Bedarf Teile aus dem Behälter. Ist der Behälter leer oder wird ein Sicherheitsbestand erreicht oder unterschritten, muss die Karte zum Erzeuger gebracht werden. Die Karte dient gleichzeitig als Auftrag und löst eine Bestellung beim Erzeuger aus. Dieser fertigt neue Teile (im Zuschnitt) anhand des eingegangenen Auftrages. Eine Karte enthält folgende Informationen: Verbraucher, Lieferant, Artikelbezeichnung, Artikelnummer, Behältnis und Menge. Da beim Erzeuger mehrere Karten eingehen können und damit die Übersicht über die Aufträge erhalten bleibt, ist die Verwendung einer Plantafel sinnvoll. Dort können die Karten gesammelt werden und gehen nicht verloren. Gleichzeitig gibt sie einen Überblick über die vorhandenen Aufträge. Die Verwendung von Karten und der Plantafel im Zuschnitt wären eine günstige Anwendung in der Firma Jünger GmbH. Es müssten jedoch 240 verschiedene Karten angefertigt werden, da es sich um 240 verschiedene Brennteile handelt, die für die zehn Standard-Produkte benötigt werden. [KAN03, S. 16 ff. / S. 38 f.]

Bei der Umsetzung von KANBAN gibt es einige Regeln zu beachten. Dadurch wird die Funktionsfähigkeit dieser Methode zur Materialflusssteuerung sichergestellt. Eine Auswahl der Regeln ist im Folgenden aufgelistet:

- Die Fertigung erfolgt nur, wenn ein Kanban (z.B. Karte) vorliegt.
- Zeiten, Mengen und Qualitätsanforderungen sind einzuhalten.
- Alle Teile besitzen eine eindeutige Identifizierung und Kennzeichnung.

- Der Transport wird nur in definierten Behältern durchgeführt.
- Die Lagerung erfolgt nur an dafür vorgesehenen Plätzen.
- Es gibt keine geheimen Materiallager oder -bestände.
- Eine Veränderung der Anzahl der Kanbans (z.B. Karten) darf nur vom KANBAN-Verantwortlichen durchgeführt werden.

[KAN03, S. 44]

Durch die Verwendung von KANBAN müssen die Mitarbeiter mehr Verantwortung übernehmen. Es ist eine Umstellung vom abteilungsbezogenen Denken zum abteilungsübergreifenden Denken notwendig. Jeder Mitarbeiter sollte sich mit der Methodik von KANBAN vertraut machen. Vor allem die Prozesse (vorgelagerte und nachgelagerte) im Regelkreis sowie das System als Ganzes müssen jedem Mitarbeiter bewusst gemacht werden. Durch die Einführung von KANBAN werden u.a. die Bestände reduziert, es gibt einen geringeren Steuerungsaufwand, größere Flexibilität und motiviertere Mitarbeiter. [KAN03, S. 18 f. / S. 50 f.]

Da die Einführung einer Methode zur Materialflusssteuerung nicht das Hauptthema dieser Diplomarbeit ist, kann nicht detailliert auf alle wichtigen Informationen eingegangen werden. Es wurde ein Überblick über die verschiedenen Methoden gegeben. Anschließend konnte eine Methode ausgewählt werden. Diese wurde kurz erläutert und Ansätze einer Umsetzung genannt. Sollte die Entscheidung zur Einführung von KANBAN in der Firma Jünger GmbH getroffen werden, ist es notwendig, sich vorher umfassend über die Methode zu informieren, da in dieser Arbeit nur Ansätze vermittelt werden konnten. Eignet sich die KANBAN-Steuerung nicht, so kann trotzdem versucht werden, die Prinzipien von KANBAN teilweise anzuwenden, um damit Verbesserungen zu erreichen.

## **8 Betrachtung der Logistik**

### **8.1 Innerbetrieblicher Transport**

Die Firma Jünger GmbH besitzt zwei Betriebsteile. Beim Transport wird somit unterschieden zwischen innerbetrieblichem und zwischenbetrieblichem Transport. Im Betriebsteil 1 werden derzeit alle Mulden gebaut und im Betriebsteil 2 alle Hilfsrahmen. In jedem Betriebsteil gibt es zwei Brennschneidmaschinen im Zuschnitt. In der Regel werden die benötigten Brennteile dort ausgebrannt, wo sie später auch benötigt werden, d.h. Mulden-Teile werden im Betriebsteil 1 und Hilfsrahmen-Teile im Betriebsteil 2 ausgebrannt. Für den Transport zwischen den beiden Betriebsteilen stehen u.a. fünf LKW's zur Verfügung: drei Pritschenwagen und zwei Anhängerzüge. Damit können die Hilfsrahmen in den Betriebsteil 1 gebracht werden, wo sie gestrahlt, grundiert und lackiert werden. Anschließend wird eine MKI-Mulde auf ihnen montiert.

Der innerbetriebliche Transport soll etwas näher betrachtet werden, speziell für den Zuschnitt. Es gibt in jeder Schicht Mitarbeiter, die für den Transport zuständig sind. Dadurch wird ermöglicht, dass an den Arbeitsplätzen (u.a. im Zuschnitt) ohne größere Unterbrechungen bzw. Verzögerungen gearbeitet werden kann. Die Mitarbeiter an den einzelnen Arbeitsplätzen müssen sich somit nicht selbst um den Transport und die Logistik kümmern, was Zeit spart und eine höhere Produktionsrate zur Folge hat.

Bei der Serienfertigung wird vom zuständigen Mitarbeiter für den Transport ein Transportwagen geholt, auf den die benötigten Bleche aufgeladen werden. Dieser wird schließlich in den Zuschnitt gebracht. Dort werden die Bleche von einem Mitarbeiter aus dem Zuschnitt entgegengenommen. Sie können entweder direkt auf den Gitterrost der Brennschneidmaschine aufgesetzt werden oder sie werden auf dem Boden zwischengelagert. Diese Vorgehensweise kann analog für die Einzelteillfertigung übernommen werden. Zu Beginn einer Schicht werden im Zuschnitt die vorhandenen Aufträge durchgesehen. Danach wird dem Mitarbeiter für den Transport eine Liste mit den benötigten Blechen gegeben, die dieser zusammenstellen soll. Kommen im Laufe des Tages neue Aufträge hinzu und sind

freie Kapazitäten im Zuschnitt vorhanden, muss geprüft werden, was an Blechen vorhanden ist und welche Bleche neu benötigt werden. Dazu ist eine erneute Kontaktaufnahme mit dem Mitarbeiter für den Transport notwendig. Bei der Einzelteillfertigung werden bei den meisten Brennplänen Restbleche benötigt. Deswegen sollte vorher geprüft werden, was an Bestand von Restblechen vorhanden ist, bevor neue Bleche bestellt werden.

Bei KANBAN wird der Transport nur in definierten Behältern durchgeführt. Diese müssen in ausreichender Menge zur Verfügung stehen. Es können auch Paletten verwendet werden, wenn diese eindeutig gekennzeichnet sind. Wenn die Behälter nach Abschluss eines Auftrages mit neuen Teilen aufgefüllt sind, wird die Karte (welche als Auftrag für den Zuschnitt dient) wieder an dem Lagerbehälter angebracht. Der Transport von "kleineren" Teilen zu den Lagerplätzen kann per Hubwagen erfolgen. Große Brennteile, wie z.B. Seitenwand oder Boden, müssen aufgrund ihrer Dimension auf einen Transportwagen verladen werden. Dieser wird mit einem Stapler abtransportiert. Bei der Serienfertigung wird der Transportwagen zur nächsten Bearbeitungsstation (Kanten) gebracht, wenn dort freie Kapazitäten vorhanden sind. Ansonsten wird er auf dem Betriebsgelände abgestellt. Unter Verwendung von KANBAN bei Einzelteillfertigung muss es definierte Lagerplätze für jedes Teil geben. Dieser Sachverhalt wird im Kapitel 8.2 nochmals näher betrachtet.

In beiden Betriebsteilen herrschen die gleichen Abläufe. Das betrifft sowohl den Transport, als auch die Lagerung. Die Transportwege und die Standorte für die Lagerung sind natürlich unterschiedlich. Dennoch ist das System im Grunde das Gleiche. Das ist möglich, da bei beiden Betriebsteilen gleiche Voraussetzungen gegeben sind. Das bezieht sich auf die Transportmittel, das Personal, die Anzahl der Brennschneidmaschinen und die vorhandene Lagerfläche. Durch gleiche Voraussetzungen kann in beiden Betriebsteilen unabhängig voneinander gearbeitet werden. Gleichzeitig wird damit der zwischenbetriebliche Transport entlastet. Gäbe es an nur einem Standort einen Zuschnitt, müssten die ausgebrannten Teile in den anderen Betriebsteil transportiert werden. Dieser zusätzliche Aufwand entfällt jedoch.

## 8.2 Lagerung

Es wird unterschieden zwischen der Lagerung von Blechen vor der Bearbeitung im Zuschnitt und der Lagerung der ausgebrannten Einzelteile. Nach der Anlieferung der Bleche durch den Lieferanten werden diese auf dem dafür vorgesehenen Lagerplatz abgelegt. In den Produktionshallen sind keine ausreichenden Flächen für die Lagerung der Bleche vorhanden. Deswegen befindet sich der Lagerplatz im Freien. Bleche werden auch in der Halle gelagert, in der sich der Zuschnitt befindet. Einige Bleche mit unterschiedlicher Blechstärke liegen auf dem Boden. Desweiteren werden Restbleche in Regalen gelagert. Das ermöglicht es, bei einem neuen Auftrag bereits mit dem Brennen zu beginnen, während ein Mitarbeiter aus dem Transport die restlich benötigten Bleche zusammenstellt. Dadurch müssen die Mitarbeiter im Zuschnitt nicht erst auf die Bleche warten, denn dabei würden zu lange Ausfallzeiten entstehen.

Die Lagerung der ausgebrannten Einzelteile erfolgt laut den Regeln von KANBAN nur in definierten Behältern und nur an definierten Plätzen. Die Teile sollten in dafür vorgesehenen Behältern gelagert werden. Die Lagerung sollte entweder in zentralen Zwischenlagern bzw. Pufferlagern oder direkt am Arbeitsplatz, an dem sie benötigt werden, erfolgen. Den Transport übernimmt ein Mitarbeiter vom Zuschnitt oder vom Transport. In der Abbildung 9 ist ein KANBAN-Regelkreis dargestellt mit Materialquelle, Pufferlager und Materialsenke.

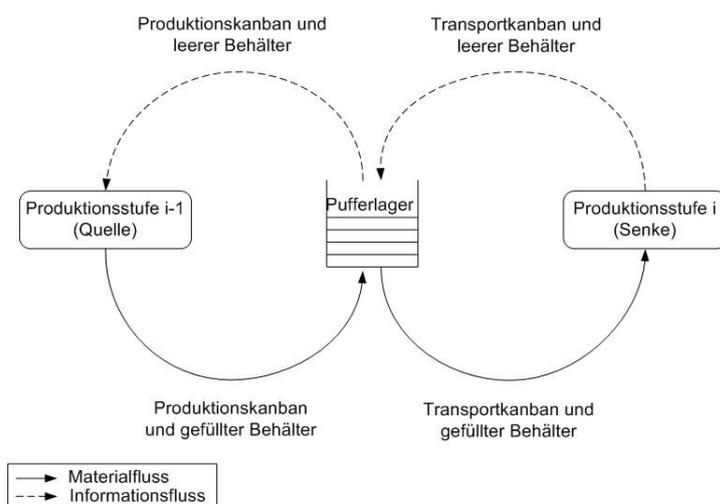


Abbildung 9: KANBAN-Regelkreis [KAN08]

Die Teile werden im Pufferlager zwischengelagert. Der Materialfluss verläuft von der Materialquelle (Zuschnitt) zum Pufferlager und dann weiter zur Materialsenke (u.a. Baugruppenfertigung und Kanten). Der Informationsfluss verläuft genau entgegengesetzt. Von dem Verbraucher (Senke) wird das Material nach Bedarf aus dem Pufferlager entnommen. Der Erzeuger (Quelle) füllt Teile aus dem Pufferlager auf, sobald eine Kanban-Karte im Zuschnitt eingeht.

Die Lagerung der Teile soll laut KANBAN nur an definierten Plätzen erfolgen. Dadurch wird gewährleistet, dass die Übersicht über das vorhandene Material gegeben ist und sich keine geheimen Materialbestände an anderen Standorten anhäufen. An jedem Lagerbehälter muss sich eine Kanban-Karte befinden. Sobald ein Lagerbehälter leer ist oder ein festgelegter Sicherheitsbestand erreicht wird, muss die Karte in den Zuschnitt gebracht werden, wo sie gleichzeitig als neuer Auftrag angesehen wird.

## **9 Vergleich der Ergebnisse von Serien- und Einzelteilverfertigung**

### **9.1 Ermittlung der Daten für die Serienfertigung**

In dieser Diplomarbeit gibt es u.a. Betrachtungen über Material und Fertigungszeiten zu den neu erstellten Brennplänen für die Einzelteilverfertigung im Zuschnitt. Diese Betrachtungen sind analog in der 3. Praxisarbeit für die Serienfertigung im Zuschnitt durchgeführt worden. Anhand der bestehenden Serienbrennpläne wird in der 3. Praxisarbeit das aufgewendete Material berechnet. Über die Blechausnutzung aus dem DIM wird der Verschnitt ermittelt. Bei den Fertigungszeiten sind zuerst Einzelzeiten erfasst worden, aus denen sich die Durchlaufzeit berechnen ließ. Die erhaltenen Ergebnisse wurden anschließend ausgewertet. Diese Ergebnisse werden für den Vergleich im gesamten Kapitel 9 verwendet. Die Vorgehensweise für die Ermittlung der Daten für die Serienfertigung fand analog zu der Ermittlung der bisherigen Ergebnisse für die Einzelteilverfertigung statt. Es waren auch für beide Arbeiten dieselben Voraussetzungen gegeben. Damit sind die Ergebnisse vergleichbar.

Anhand der Ergebnisse aus der 3. Praxisarbeit und der Diplomarbeit werden Vergleiche angestellt beim Material, den Fertigungszeiten und speziell bei den Durchlaufzeiten. Ursachen für Unterschiede werden dabei analysiert. Die Ergebnisse werden nicht nur verglichen, sondern auch ausgewertet. Anschließend werden sowohl Vorteile, als auch Nachteile einer möglichen Umstellung aufgezeigt.

### **9.2 Vergleich des Materials**

Beim Vergleich des Materials wird unterschieden zwischen Materialeinsatz und Verschnitt. Zunächst wird der Materialeinsatz von Einzelteil- und Serienfertigung verglichen.

Ganz allgemein gesehen ist der Materialeinsatz bei Einzelteil- und Serienfertigung im selben Bereich. Es gibt nur minimale Unterschiede. Ein Vergleich der Werte aus der Anlage 13.1 zeigt, dass die größte Differenz 1,8 m<sup>2</sup> beträgt. Der Gesamtmaterial Einsatz ist fast identisch. Bei beiden Fertigungsverfahren werden exakt die gleichen Einzelteile ausgebrannt. Die Stückzahl bleibt ebenfalls gleich.

Somit ergeben sich bei den Ergebnissen gleichartige Werte. Beachtet werden muss, dass es sich bei den ermittelten Daten um den Mindest-Materialeinsatz handelt, da für die Berechnung des Materials die Mindest-Blechabmaße verwendet werden. Bei der Serienfertigung werden häufiger ganze Blechtafeln verwendet, während bei der Einzelteilerfertigung größtenteils Restbleche benötigt werden. Die Abbildung 10 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse. In der Anlage 13.1 ist zudem eine Aufstellung der dazugehörigen Werte.

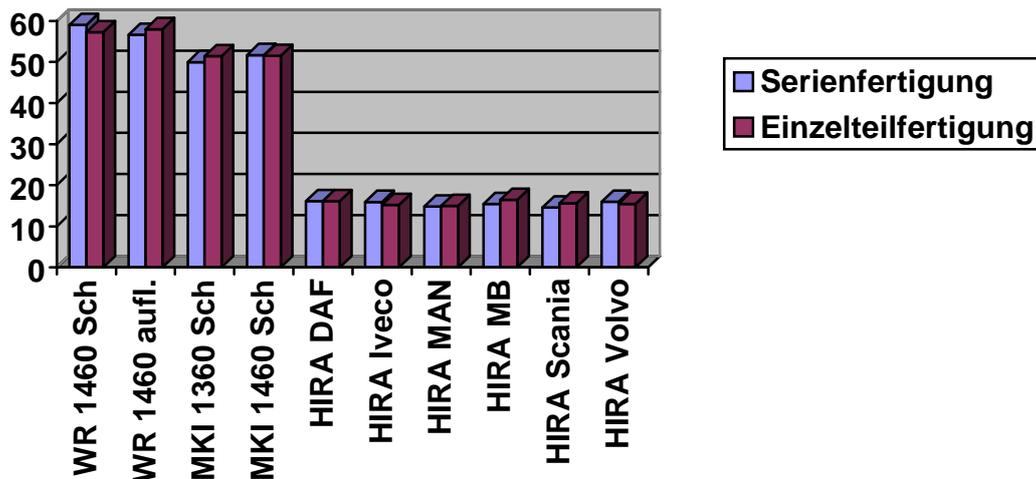


Abbildung 10: Vergleich des Materialeinsatzes

Interessant ist auch der Vergleich der verwendeten Bleche. Dabei handelt es sich sowohl um ganze Blechtafeln, als auch um Restbleche. Die Übersicht ist in der Anlage 6 zu finden. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede. Die Ursache ist die Anzahl der verschiedenen Einzelteile. Während bei der Serienfertigung mehrere verschiedene Einzelteile auf einem Blech ausgebrannt werden, sind bei der Einzelteilerfertigung für jede Sorte von Brennteilen Bleche in Verwendung. Dadurch entstehen die Unterschiede bei den Blechen, was jedoch nur wenig Einfluss auf den Materialeinsatz hat. Der wahre Wert für das aufgewendete Material in m<sup>2</sup> ist höher, als in der Abbildung 10 bzw. in der Anlage 13.1 gezeigt wird. Da nicht immer Bleche in dem Format verfügbar sind, mit dem das Material berechnet wird, entstehen in Wirklichkeit mehr m<sup>2</sup> an verwendetem Material. Bei der Einzelteilerfertigung werden mehr Restbleche benötigt, was auf einen höheren Materialeinsatz schließen lässt.

Als Nächstes wird der Verschnitt verglichen. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 11 und in der Anlage 13.1 zu finden.

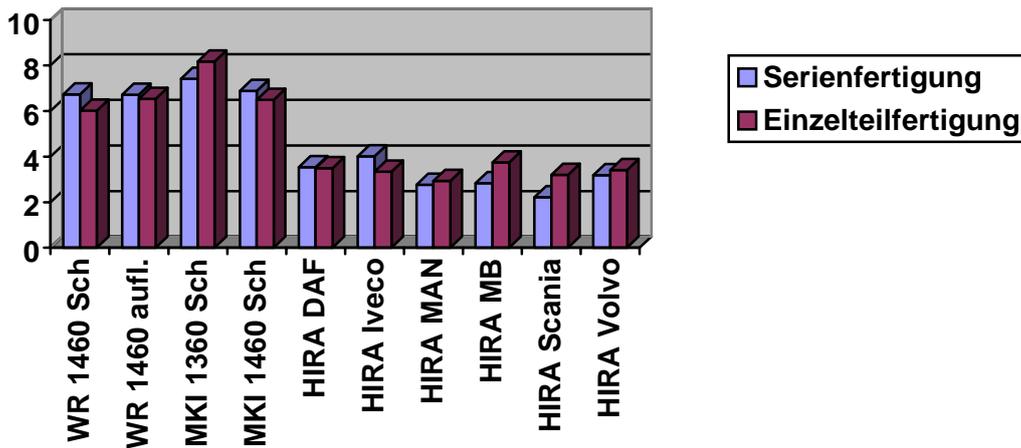


Abbildung 11: Vergleich des Verschnitts

Ähnlich, wie bei dem Materialeinsatz, liegen die Werte nah beieinander. Die größte Differenz beträgt lediglich 0,98 m<sup>2</sup>. Auch der gesamte Verschnitt, bezogen auf alle zehn Fertigungsprodukte, hat mit 46,28 m<sup>2</sup> und 47,33 m<sup>2</sup> keine besonders große Differenz. Der prozentuale Verschnitt berechnet sich aus dem Verhältnis des Materialeinsatzes der einzelnen Fertigungsprodukte zu dem dazugehörigen Verschnitt. Für die Serienfertigung ergeben sich dabei durchschnittlich 17 % und für die Einzelteillfertigung 18 %.

Bei der Erstellung der neuen Brennpläne für die Einzelteillfertigung wurde darauf geachtet, den Verschnitt so gering wie möglich zu halten. Dies gilt ebenfalls für die Serienbrennpläne. Bei den einzelnen Brennplänen für die Einzelteillfertigung liegt der geringste Verschnitt bei 4,1 % und der höchste Verschnitt bei 80,7 %. Der gesamte prozentuale Verschnitt liegt bei durchschnittlich 18 %. Damit ist ein relativ guter Wert erreicht.

Der Verschnitt bezieht sich auf den Materialeinsatz. Somit sind die Ergebnisse ebenfalls Mindestwerte. Da bei der Ermittlung der Werte für die Serienfertigung analog vorgegangen wurde, sind die Ergebnisse dennoch vergleichbar. Es hat sich gezeigt, dass es sowohl beim Materialeinsatz, als auch beim Verschnitt der beiden Fertigungsverfahren keine größeren Unterschiede gibt. Damit entstehen bei einer möglichen Umstellung auf Einzelteillfertigung keine Nachteile in Bezug auf den Materialeinsatz und den Verschnitt.

### 9.3 Vergleich der Fertigungszeiten

Beim Vergleich der Fertigungszeiten wird unterschieden zwischen den Brennzeiten und weiteren Einflusszeiten. Zu Beginn werden die Brennzeiten von Serien- und Einzelteillfertigung gegenübergestellt. In der Anlage 13.2 sind die Werte zu jedem Fertigungsprodukt aufgelistet. Die Abbildung 12 stellt die Ergebnisse grafisch dar. Die Ordinate gibt dabei die Brennzeiten in Minuten an, bezogen auf die Losgröße 1.

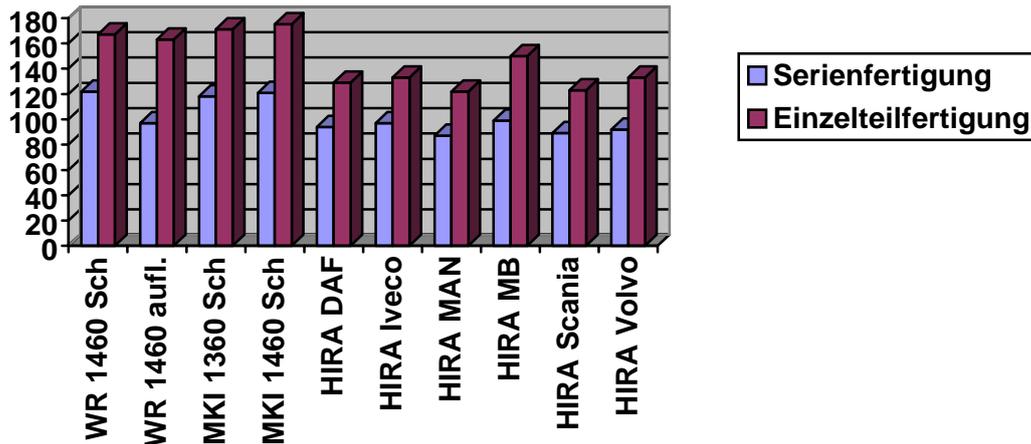


Abbildung 12: Vergleich der Brennzeiten

Im Gegensatz zum Materialeinsatz und Verschnitt zeigen sich bei den Brennzeiten deutliche Unterschiede. Es ist zu erkennen, dass die Werte für die Einzelteillfertigung bei allen zehn Fertigungsprodukten höher sind, als bei der Serienfertigung. Die größte Differenz beträgt 66 Minuten (bei WR 1460 aufl.). Durch die höheren Einzelwerte bei der Einzelteillfertigung ergibt sich eine deutlich höhere Gesamt-Brennzeit (bezogen auf alle 10 Produkte). Mit 1466 Minuten liegt diese bei der Einzelteillfertigung 450 Minuten über der Gesamtzeit der Serienfertigung. Im Durchschnitt sind es bei der Einzelteillfertigung 46 min mehr Zeitaufwand je Fertigungsprodukt. Unterschiede zwischen Mulden und Rahmen sind bei der Zeitdifferenz nicht festzustellen.

Eine Ursache für die höheren Brennzeiten liegt bei der Anzahl der Brennpläne. Für 10 Mulden von Typ *WR 1460 aufl.* werden unter Serienfertigungsbedingungen zehn Brennpläne benötigt. Bei der Einzelteillfertigung sind es dagegen 56 Brennpläne. Für jeden Brennplan gibt es eine Brennzeit und in der Brennzeit ist die Maschinen-Vorbereitungszeit enthalten. Diese ist mit fünf Minuten angesetzt. Bei zehn

Brennplänen wären es somit 50 Minuten Maschinen-Vorbereitungszeit und bei 56 Brennplänen sind es schon 280 Minuten. Durch die höhere Anzahl an Brennplänen erhöht sich automatisch die Brennzeit und da die Anzahl deutlich höher ist bei der Einzelteillfertigung, zeigt sich dies im Ergebnis. Ein weiterer Einflussfaktor ist die Verwendung des zweiten Brenners. Zum Vergleich wird die Mulde vom Typ *WR 1460 Aufl.* genommen (Losgröße 10). Bei neun von zehn Brennplänen der Serienfertigung wird ein zweiter Brenner eingesetzt. Durch dessen Verwendung kann die Brennzeit verkürzt werden. Im Vergleich dazu wird bei 8 von 56 Brennplänen der Einzelteillfertigung ein zweiter Brenner hinzugeschaltet.

Zu den Fertigungszeiten gehören neben den Brennzeiten noch die Rüstzeiten, die Zusatzzeiten, die Zwischenzeiten und die Nebenausführungszeiten. Zum Rüsten gehört das Holen / Lesen eines Auftrages sowie das Unterschreiben / Fortbringen der Auftragsunterlagen. Diese sind bei beiden Fertigungsverfahren identisch. Zusatzzeiten sind nicht berechnet und haben somit keinen Einfluss. Zu den Zwischenzeiten zählen das Bereitstellen des Materials und der Abtransport der Einzelteile. Die beiden Arbeitsschritte sind bei beiden Fertigungsverfahren mit der gleichen Zeit angesetzt. Damit ergeben sich weder bei Rüstzeiten, Zusatzzeiten, noch bei den Zwischenzeiten Änderungen.

Die Nebenausführung umfasst das Auflegen des Bleches, das Zurückfahren der Maschine in die Ausgangsposition und das Entfernen von Restblech und ausgebrannten Teilen. Die Zeiten für die jeweiligen Arbeitsschritte besitzen bei beiden Fertigungsverfahren die gleichen Werte. Dennoch haben die Nebenausführungszeiten Einfluss, da sich die Wiederholung der Arbeitsschritte nach der Anzahl der Bleche richtet. Je mehr Bleche verwendet werden, desto höher sind die Nebenausführungszeiten. Die Anlage 6 gibt einen Überblick über die Verwendung von Blechen bei Serien- und Einzelteillfertigung. Es sind bei der Einzelteillfertigung wesentlich mehr Bleche zu bearbeiten. Damit erhöhen sich die Nebenausführungszeiten. Diese sind bei der Einzelteillfertigung somit auch größer, als bei der Serienfertigung.

Es gibt auch einige Arbeitsschritte, die nebenbei erledigt werden z.B. das "Verputzen". Die Zeiten dafür sind nicht separat ermittelt. Da die Abläufe nebenbei,

also während eines anderen Arbeitsschrittes, erledigt werden, haben sie keinen Einfluss auf die Gesamtzeit. Aus diesem Grund werden sie bei dem Vergleich von Serien- und Einzelteilfertigung nicht weiter erwähnt.

## 9.4 Vergleich der Durchlaufzeiten

### 9.4.1 Allgemeiner Vergleich

Nachdem im letzten Kapitel die Fertigungszeiten im Einzelnen verglichen wurden, folgt jetzt der Vergleich der Durchlaufzeiten. Die Einzelwerte sind in der Anlage 13.2 aufgelistet. Die grafische Darstellung der Ergebnisse ist in der Abbildung 13 zu finden.

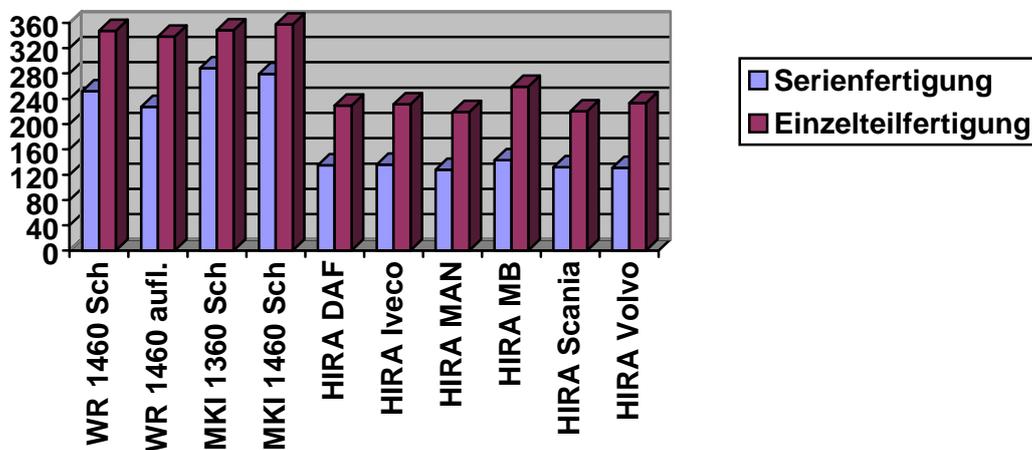


Abbildung 13: Vergleich der Durchlaufzeiten

Die Ordinate in der Abbildung 13 gibt die Durchlaufzeit in Minuten an (Losgröße 1). Es ist zu erkennen, dass bei allen zehn Fertigungsprodukten die Durchlaufzeit bei der Einzelteilfertigung höher ist, als bei der Serienfertigung. Die größte Differenz beträgt 116 Minuten, also fast zwei Stunden. Durchschnittlich ist die Durchlaufzeit bei der Einzelteilfertigung um 93 Minuten höher (bezogen auf die Losgröße 1). Am deutlichsten ist der Vergleich der Gesamtdurchlaufzeit aller Fertigungsprodukte. Bei der Serienfertigung sind es 1851 Minuten und bei der Einzelteilfertigung 2781 Minuten. Das macht eine Differenz von 930 Minuten bzw. 15,5 Stunden. Dieser Unterschied ist nicht unerheblich. Die Ursachen dafür sind bei den Einzelzeiten zu suchen.

Die Rüstzeiten, Zusatzzeiten und Zwischenzeiten verändern sich nicht und haben somit keinen Einfluss. Von Bedeutung sind hingegen die Brennzeiten. Bereits dort zeigt sich, dass bei der Einzelteillfertigung mehr Zeit aufgewendet wird, als bei der Serienfertigung. Dadurch ist auch bei den Durchlaufzeiten der größere Zeitanteil bei der Einzelteillfertigung. Ursache für die unterschiedlichen Brennzeiten und somit auch für die unterschiedlichen Durchlaufzeiten sind die Anzahl der Brennpläne und die Verwendung des zweiten Brenners. In welcher Weise diese beiden Faktoren die Zeiten beeinflussen, ist im Kapitel 9.3 bereits beschrieben worden.

Ein zweiter wichtiger Einflussfaktor ist die Anzahl der verwendeten Bleche. Diese wird mit den Zeiten der Nebenausführung multipliziert und hat somit erheblichen Einfluss auf die Gesamtzeit. In der Anlage 6 ist eine Übersicht mit den verwendeten Blechen beider Fertigungsverfahren. Da bei der Einzelteillfertigung mehr Bleche bearbeitet werden, erhöht sich dadurch die Nebenausführungszeit und gleichzeitig auch die Durchlaufzeit. Am Stärksten betroffen sind dabei die Hilfsrahmen, denn dort wird die Anzahl der verwendeten Bleche mehr als verdoppelt.

Bei den Mulden vom Typ MKI ist der Unterschied der Durchlaufzeiten nicht so groß wie bei den anderen Fertigungsprodukten. Ursache hierfür ist die Anzahl der verwendeten Bleche. Die Differenz zwischen Serien- und Einzelteillfertigung ist dabei nicht allzu groß: bei *MKI 1360 Sch* sind es drei Bleche Unterschied und bei *MKI 1460 Sch* sind es zehn Bleche.

Bei den Hilfsrahmen erhöht sich die Durchlaufzeit mehr als bei den Mulden. Durchschnittlich ist die Durchlaufzeit für Einzelteillfertigung bei den Rahmen um 73 % höher im Vergleich zur Serienfertigung. Bei den WR-Mulden sind es 44 % und bei den MKI-Mulden 25 % mehr Zeitaufwand. Diese Werte müssen bei der Auswertung und der Entscheidung über eine mögliche Umstellung auf Einzelteillfertigung beachtet werden.

#### **9.4.2 Vergleich der Auslastung**

Anhand der Durchlaufzeiten kann ein Vergleich der Auslastung unter Berücksichtigung der vorhandenen Kapazitäten durchgeführt werden. In der Anlage 14 sind die Berechnungen dazu aufgeführt. Dabei wird von einer theoretischen

Annahme von zehn Mulden pro Tag ausgegangen. Zuerst wird die vorhandene Kapazität für eine Schicht errechnet. Bei acht Stunden Arbeitszeit sind das 480 Minuten. Es gibt vier Brennschneidmaschinen in der Firma Jünger GmbH, die alle zeitgleich und unabhängig voneinander arbeiten können. Es stehen somit 1920 Minuten (= 4 x 480 min) an Arbeitszeit bei einer Schicht zur Verfügung. Es werden drei Betrachtungen zur Verteilung von zehn Mulden pro Tag angestellt:

1. fünf WR-Mulden + fünf MKI-Mulden + fünf Hilfsrahmen
2. zehn WR-Mulden
3. zehn MKI-Mulden + zehn Hilfsrahmen

Bei allen drei Betrachtungen handelt es sich um zehn Mulden pro Tag. Da die MKI-Mulden auf einen Hilfsrahmen aufgesetzt werden, müssen die dazugehörigen Rahmen mit eingerechnet werden. Für die Berechnungen werden die Durchlaufzeiten von Serien- und Einzelteilerfertigung verwendet. Dabei wird jeweils das Fertigungsprodukt genommen mit dem höchsten Wert. Dieser wird mit der Anzahl der Mulden oder Rahmen multipliziert und es wird eine Summe aus allen Werten gebildet. Diese stellt den benötigten Zeitaufwand dar, der für die Bearbeitung im Zuschnitt gegeben sein muss. Die Summe wird schließlich durch die 1920 Minuten (vorhandene Kapazität bei einer Schicht) geteilt und aufgerundet. Das Ergebnis zeigt, wie viele Schichten notwendig sind, um alle Einzelteile für die zehn Mulden und die dazugehörigen Hilfsrahmen im Zuschnitt auszubrennen. Der Wert für die Anzahl der Schichten wird aufgerundet auf volle Schichten.

Bei Variante 1 sind unter Serienfertigungsbedingungen zwei Schichten notwendig. Die gleichen Fertigungsprodukte benötigen bei Einzelteilerfertigung drei Schichten. Dabei wird an allen vier Maschinen im Zuschnitt gearbeitet. Variante 2 beinhaltet zehn Mulden vom Typ WR. Obwohl die Durchlaufzeit für die Einzelteilerfertigung deutlich höher ist, würde bei beiden Fertigungsverfahren ein 2-Schicht-System für zehn WR-Mulden pro Tag ausreichen. Bei der Variante 3 sind die Teile für zehn MKI-Mulden und zehn Hilfsrahmen im Zuschnitt auszubrennen. Notwendig wären drei Schichten für die Serienfertigung. Bei der Einzelteilerfertigung würden jedoch drei Schichten nicht ausreichen, d.h. es wäre nicht möglich die Einzelteile für zehn MKI-Mulden mit den dazugehörigen Hilfsrahmen an einem Tag auszubrennen. Bei drei

Schichten würde dann die Arbeitszeit pro Schicht auch nicht mehr acht Stunden betragen.

Der Vergleich der Auslastung zeigt, dass es bei der Einzelteillfertigung Grenzen gibt. Unter der theoretischen Annahme von zehn Mulden pro Tag ist es nicht möglich, alle Brennteile im Zuschnitt für zehn MKI-Mulden und zehn Rahmen zu fertigen. Auch bei den anderen Varianten ist der Zeitaufwand wesentlich höher, als bei der Serienfertigung. Bei zwei von drei Varianten müsste unter voller Auslastung sogar eine zusätzliche Schicht eingeführt werden, um mit der Einzelteillfertigung die gleichen Ergebnisse zu erzielen.

## **9.5 Auswertung des Vergleiches**

### **9.5.1 Vorteile einer Umstellung auf Einzelteillfertigung**

Bei der Auswertung des Vergleiches werden alle Betrachtungen und Ergebnisse aus den Kapiteln 7 bis 9 einbezogen. Dabei werden Vor- und Nachteile einer möglichen Umstellung auf Einzelteillfertigung und der Einführung von KANBAN als Methode zur Materialflusssteuerung aufgezeigt.

Durch die Einführung von KANBAN wird ein selbst steuerndes System eingeführt. Damit entsteht ein geringer Steuerungsaufwand, da ständige Eingriffe der zentralen Steuerung überflüssig sind. Die Regelkreise funktionieren automatisch. Notwendig dafür ist die richtige Anwendung durch die Mitarbeiter. KANBAN hat auch eine Bestandsreduzierung zur Folge. Die Materialbestände werden niedrig gehalten und erst aufgefüllt, wenn Bedarf vorliegt (Lagerbehälter leer oder Sicherheitsbestand erreicht). Durch fest definierte Lagerplätze entstehen keine "geheimen Materialanhäufungen", wodurch gleichzeitig der Überblick über die vorhandenen Bestände erhalten bleibt.

Durch fehlerhafte Bearbeitung oder Transportschäden kann Ausschuss entstehen. Bei der Serienfertigung gibt es durch Brennserien das Problem, dass keine einzelne Sorte von Teilen im Zuschnitt ausgebrannt werden kann. Dazu ist erst das Erstellen eines separaten Brennplanes notwendig. Bei der Einzelteillfertigung ist dieses Problem nicht gegeben. Für jede Teilesorte (in Bezug auf die zehn

Standardprodukte) gibt es eigene Brennpläne. Damit werden mögliche Engpässe und das Erstellen eines separaten Brennplanes im Vorhinein ausgeschlossen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass es nur geringe Unterschiede beim Materialeinsatz und Verschnitt gibt zwischen Serien- und Einzelteilerfertigung. Alle ermittelten Werte liegen nah beieinander. Beachtet werden muss aber, dass bei der Einzelteilerfertigung wesentlich mehr Restbleche vorgesehen sind. Da diese aber nicht immer in den benötigten Abmaßen zur Verfügung stehen, werden die Werte für den Materialeinsatz und den Verschnitt in der Praxis etwas höher ausfallen.

### **9.5.2 Nachteile einer Umstellung**

Eine Umstellung im Zuschnitt auf Einzelteilerfertigung bringt auch einige Nachteile mit sich. Der entscheidendste Nachteil sind die deutlich höheren Durchlaufzeiten. Die Ursachen dafür sind im Kapitel 9.4 betrachtet worden. Es ergibt sich somit ein erhöhter Zeitaufwand im Zuschnitt. Es zeigen sich hier auch die Grenzen der Einzelteilerfertigung. Die höheren Durchlaufzeiten haben zur Folge, dass bei größeren Stückzahlen für die Einzelteilerfertigung meist eine zusätzliche Schicht notwendig ist, um die gleichen Produkte fertig zu stellen, wie unter Serienfertigungsbedingungen. Bei der theoretischen Annahme von zehn Mulden pro Tag würde(n) ein Tag bzw. drei Schichten nicht ausreichen, um zehn MKI-Mulden mit den dazugehörigen Hilfsrahmen zu fertigen. Das ist ein nicht unerheblicher Unterschied zur Serienfertigung und damit ein klarer Nachteil.

Durch die hohe Anzahl an unterschiedlichen Brennteilen (insgesamt 240) sind viele Lagerbehälter notwendig. An jedem muss sich zudem eine Kanban-Karte mit eindeutiger Zuordnung der Teile befinden. Diese Karten dürfen nicht verloren gehen, denn sie dienen im Zuschnitt als Auftrag. Die Herstellung der 240 Karten und die Bereitstellung von 240 Behältern ist sowohl ein zeitlicher, als auch ein kostenintensiver Aufwand und wird deshalb als Nachteil angesehen.

Wichtig für die Einführung von KANBAN ist die Akzeptanz der Mitarbeiter für das neue System. Sollten sie nicht davon überzeugt sein und es nur widerwillig ausführen, wird dadurch keine Verbesserung erreicht. Die Mitarbeiter müssen bei KANBAN mehr Verantwortung übernehmen und sich auf ein

abteilungsübergreifendes Denken umstellen. Stehen sie dabei dem neuen System skeptisch oder gar ablehnend gegenüber, wird es zu Problemen kommen. Die Einhaltung der Regeln ist für KANBAN sehr wichtig. Auch deswegen ist die Akzeptanz der Mitarbeiter wichtig, damit die Regeln eingehalten werden.

Das selbst steuernde System gilt nur für die zehn Standardprodukte. Das bedeutet, dass alle anderen Fertigungsprodukte unter Serienfertigungsbedingungen hergestellt werden. Die Vermischung beider Fertigungsverfahren wird zu Problemen führen. Eine Einführung von KANBAN für die gesamte Fertigung ist jedoch nicht zu empfehlen. Ein Grund dafür ist die enorme Anzahl an verschiedenen Brennteilen. Es gibt eine Brennteilliste, in der alle bisher verwendeten Brennteile aufgelistet sind. Es handelt sich dabei um über 6000 verschiedene Teile. Außerdem werden einige Teile nur sehr selten benötigt. Es wäre also nicht sinnvoll, diese Teile auf Pufferbestand vorrätig zu haben. Das würde der angestrebten Bestandsreduzierung entgegenwirken. Ein weiterer Grund ist, dass Teile, die selten benötigt werden, für KANBAN ungeeignet sind.

## 10 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Zusammenfassung gibt nochmals einen Überblick über die bisher ermittelten Ergebnisse und den daraus gewonnenen Erkenntnissen. Es wird auch eine Aussage darüber getroffen, ob eine Umstellung auf Einzelteillfertigung sinnvoll ist.

Das Thema der Diplomarbeit ist die Ermittlung von Durchlaufzeiten für den Zuschnitt bei Einzelteillfertigung. Zu Beginn wurden neue Brennpläne für die Einzelteillfertigung erstellt. Nach der Erfassung und Betrachtung der Einzelzeiten wurde die Durchlaufzeit für den Bereich des Zuschnittes berechnet. Anhand der neu erstellten Brennpläne konnten Materialeinsatz und Verschnitt ermittelt werden. Die Ergebnisse wurden schließlich mit den Ergebnissen der Serienfertigung verglichen.

Es stellt sich heraus, dass sich beim Materialeinsatz und beim Verschnitt nur geringfügige Abweichungen ergeben. Die ermittelten Werte beziehen sich hier auf Mindestwerte. In der Praxis werden der Materialeinsatz und der Verschnitt etwas höher ausfallen. Erhebliche Unterschiede zwischen beiden Fertigungsverfahren sind hingegen bei den Durchlaufzeiten zu erkennen. Der Hauptgrund dafür ist die Anzahl der verwendeten Bleche (sowohl ganze Bleche, als auch Restbleche). Diese ist bei der Einzelteillfertigung deutlich höher. Auch die Brennzeiten haben Einfluss auf die Durchlaufzeit. Bereits dort zeigt sich, dass bei der Einzelteillfertigung mehr Zeitaufwand benötigt wird. Bei einer theoretischen Annahme von zehn Mulden pro Tag zeigen sich Probleme bei der Einzelteillfertigung. Es ist nicht möglich, alle Brennteile für zehn MKI-Mulden und die dazugehörigen Hilfsrahmen an einem Tag im Zuschnitt auszubrennen. Bei dieser Betrachtung wird mit den höchsten ermittelten Werten für die Durchlaufzeit gerechnet.

Es wurden grundlegende Zusammenhänge zur Materialflusssteuerung erläutert und verschiedene Methoden genannt. Aus den Methoden wurde schließlich u.a. anhand von Fertigungsbedingungen und Vorgaben (selbst steuerndes System, Bestandsreduzierung, Reduzierung der Engpässe) ein System ausgewählt. Dabei handelt es sich um KANBAN. Nach einer kurzen Beschreibung folgten Ansätze einer möglichen Umsetzung. Bei der Betrachtung der Logistik wurde auf den

innerbetrieblichen Transport und die Lagerung eingegangen. Dies geschah unter Berücksichtigung der Umsetzung von KANBAN. Die Voraussetzungen bezüglich Lagerfläche und Transport sind in der Firma Jünger GmbH gegeben. Notwendig und wichtig ist eine umfassende Einweisung der Mitarbeiter, die von der Umstellung des Systems betroffen wären.

Die Frage lautet nun: Ist eine Umstellung auf Einzelteilerfertigung im Zuschnitt sinnvoll? Dazu sollten Vor- und Nachteile (siehe Kapitel 9.5) verglichen werden. Von Bedeutung sind hierbei die Durchlaufzeiten. Bei der Einzelteilerfertigung muss wesentlich mehr Zeit investiert werden, um die gleichen Teile im Zuschnitt auszubrennen, wie unter Serienfertigungsbedingungen. Materialeinsatz und Verschnitt sind bei beiden Fertigungsverfahren im selben Bereich. Welche Auswirkungen die erhöhten Durchlaufzeiten haben, konnte beim Vergleich der Auslastung gezeigt werden. Durch die Umstellung auf Einzelteilerfertigung können mögliche Engpässe bei den Teilen im Vorhinein beseitigt werden, aber das hat bei größeren Stückzahlen einen klaren Zeitverlust zur Folge. Das Ziel eines jeden Fertigungsunternehmens sollte es sein, die Durchlaufzeiten gering zu halten. Mit der Umstellung auf Einzelteilerfertigung wird genau das Gegenteil erreicht. Aus diesem Grund wird die Umstellung nicht empfohlen.

## 11 Fazit

Das Ziel dieser Diplomarbeit ist die Ermittlung von Durchlaufzeiten des Zuschnittes unter Berücksichtigung von Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand. Es wurden Betrachtungen zu Fertigungszeiten, Material und Logistik angestellt. Anschließend konnte ein Vergleich von Serien- und Einzelteilerfertigung durchgeführt werden. Dieser hat ergeben, dass sich deutlich längere Durchlaufzeiten bei einer Umstellung auf Einzelteilerfertigung ergeben. Beim Materialeinsatz und Verschnitt sind die Unterschiede vergleichsweise gering. Ein weiteres Ziel war es, mögliche Engpässe bei den Einzelteilen zu verhindern. Das wird mit der Einzelteilerfertigung erreicht. Gleichzeitig sollte ein sich selbst steuerndes System zur Materialflusssteuerung gefunden werden. Nach einem Vergleich verschiedener Methoden wurde KANBAN ausgewählt. Durch den Einsatz dieses Systems werden zusätzlich die Materialbestände gering gehalten. Es wurden schließlich Vor- und Nachteile einer Umstellung auf Einzelteilerfertigung im Zuschnitt aufgezeigt. Trotz aller Vorteile, die eine Umstellung mit sich bringen würde, auch im Zusammenspiel mit KANBAN, wird aufgrund der deutlich erhöhten Durchlaufzeiten davon abgeraten.

## Literaturverzeichnis

- [BOA09] Belastungsorientierte Auftragsfreigabe. Online im Internet: URL: <http://www.logistik-lexikon.de/ccBiid450.html> (Stand 30.07.2009)
- [CBA04] *Columbus II Version 4 Bedienungsanleitung*. ESAB Cutting Systems GmbH, 2004
- [COL04] Software: Columbus V5.19 Hilfe. DIM, allgemein. ESAB Cutting Systems GmbH, 2004
- [CON09] Verein Netzwerk Logistik. CONWIP. Online im Internet: URL: <http://www.logistikwoerterbuch.or.at/CONWIP.187.0.html> (Stand 22.07.2009)
- [EBZ08] EBZ Beratungszentrum GmbH. KANBAN. Online im Internet: URL: [http://www.ebz-beratungszentrum.de/pps\\_seiten/KANBAN-/KANBAN2.htm](http://www.ebz-beratungszentrum.de/pps_seiten/KANBAN-/KANBAN2.htm) (Stand 23.07.2009)
- [FSZ08] LOOS, P. Fortschrittsszahlen. Online im Internet: URL: <http://www.oldenbourg.de:8080/wi-enzyklopaedie/lexikon-/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme-/Produktionsplanungs--und--steuerungssystem/Fertigungssteuerung-/Fortschrittszahlen> (Stand 22.07.2009)
- [HP07] GIENKE, H., KÄMPF, R.: *Handbuch Produktion: Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling*. Carl Hanser Verlag, München, Wien, 2007
- [JUE09 ] Jünger GmbH. Online im Internet: URL: <http://www.juenger-gmbh.de/> (Stand 17.07.2009)
- [KAN03] GEIGER, G., HERING, E., KUMMER, R.: *Kanban: Optimale Steuerung von Prozessen*. 2. Auflage. Carl Hanser Verlag, München, 2003
- [KAN08] LOOS, P. Kanban. Online im Internet: URL: <http://www.oldenbourg.de:8080/wi-enzyklopaedie/lexikon-/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme-/Produktionsplanungs--und--steuerungssystem/Fertigungssteuerung-/Kanban/index.html> (Stand 22.07.2009)

- [PB09] FH Aachen. BWL für Ingenieure - Produktion und Beschaffung.  
Online im Internet: URL: [http://www.fh-aachen.de/index.php?id=3520&no\\_cache=1&file=6281&uid=60906](http://www.fh-aachen.de/index.php?id=3520&no_cache=1&file=6281&uid=60906)  
(Stand 22.07.2009)
- [PM09] SCHUH, G. Produktionsmanagement II – Steuerungsstrategien.  
Online im Internet: URL: [http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/7ab8e31a4ca7f394c1256fb700481ac7/pm\\_ii\\_v5.pdf](http://www.wzl.rwth-aachen.de/de/7ab8e31a4ca7f394c1256fb700481ac7/pm_ii_v5.pdf)  
(Stand 22.07.2009)
- [REFA02] *Ausgewählte Methoden zur prozessorientierten Arbeitsorganisation.*  
REFA Bundesverband e.V., Sonderdruck, Darmstadt, 2002
- [WR09] WR-Mulde auf Anhänger. Online im Internet: URL:  
[http://www.feuerverzinken.com/uploads/media-/Abb\\_1\\_lkw-auflieger.jpg](http://www.feuerverzinken.com/uploads/media-/Abb_1_lkw-auflieger.jpg) (Stand 26.07.2009)

## Anhangsverzeichnis und Anhang

Anlage 1: Brennteilliste für 10 x WR 7,2 SR06 BH=1460 aufl. ....	IX
Anlage 2: Stückliste zum Layout 646Q401A.....	X
Anlage 3: DIM zum Layout 646Q401A.....	XI
Anlage 4: Einbindung von Columbus in den betrieblichen Ablauf.....	XII
Anlage 5: Brennplanübersicht 10 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl. (Serienplan).....	XIII
Anlage 6: Vergleich verwendeter Bleche.....	XIV
Anlage 7: Übersicht über die Einzelwerte zu jedem Brennplan.....	XV
Anlage 8: Zuordnung der Brennteile zum Fertigungsprodukt.....	XXIII
Anlage 9: Übersicht über die Ablaufprinzipien.....	XXIX
Anlage 10: Übersicht über die ermittelten Zeiten.....	XXX
Anlage 11: Berechnung der Durchlaufzeiten.....	XXXI
Anlage 12: Verfahren der Fertigungssteuerung.....	XXXII
Anlage 13: Vergleich von Einzelteil- und Serienfertigung.....	XXXIII
Anlage 13.1: Vergleich von Materialeinsatz und Verschnitt.....	XXXIII
Anlage 13.2: Vergleich von Brennzeiten und Durchlaufzeiten.....	XXXIV
Anlage 14: Berechnung der Auslastung.....	XXXV

Anlage 1: Brennteilliste für 10 x WR 7,2 SR06 BH=1460 aufl.

Brennteilliste zu Auftrag: .....: Kunde: Schmitz; Bestell-Nr.: .....: 10 x WR 7,2 SR06 BH=1460 aufl. Seite 1 von 1

Bl.-Id.-Nr.:	Benennung	Zeichnungs-Nr.	Material	Abmessungen	Bearb	Anzahl
0000338a	Milde Standardteil -> Kranöse mit Loch	s. Skizze	QSIE 380	9,5x68x80	M	40x
0000707	MI-SRM Schmitz 5500 -> Montage kompl. -> Dichtblech Ecke vorn unten	AUF 149-0046.00	QSIE 380	4,5x45,9x92,7	M	20x
0000708a	MI-SRM Schmitz 5500 -> Montage kompl. -> Deckel f. Trichteranschluss geschr.	AUF 008-0255.02	QSIE 380	3,8x142x228	M	20x
0000712d	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Heizkanal innen Pos.2	AUF 008-0267.01	QSIE 380	5,5x310x2058	M	10x
0000715c	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Unterbau für Kipplager	AUF 008-0271.04	QSIE 380	9,5x613,7x878	K	20x
0000716b	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Verstärkung ü. Kippquerr.	AUF 008-0236.02	QSIE 380	4,5x337,7x576	K	20x
0000717a	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Platte für Kippl. Pos.13	AUF 008-0274.00	QSIE 380	5,5x227x370	M	20x
0000725c	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Deckel für Heizkanal Pos.1	AUF 008-0257.02	QSIE 380	3,8x233x239	M	20x
0000726	MI-SRM Schmitz 5500 -> BG -> Deckel für Heizkanal Pos.27	AUF 008-0258.00	QSIE 380	4,5x126,3x393,9	M	20x
0001309c	WR-MU Schmitz 7300 -> BG -> Traegerstummel	AUF 008-0231.05	QSIE 380	3,8x232,9x386	K	60x
0001312b	WR-MU Schmitz 7300 -> BG -> Stossplatte für Kippquerräger	AUF 008-0245.00	QSIE 380	7,5x125x370	M	20x
0002130	WR-MU Schmitz 7300 -> BG -> Träger-Stummel	AUF 008-0394.00	QSIE 380	3,8x226x289,5	K	40x
0002314	WR-MU Schmitz -> Anbaumontage -> Montage Ratsche -> Konsole für Ratsche	AUF 028-0171.02	QSIE 380	7,5x74,5x90	B	50x
0002489	MI-SRM Schmitz 5500 -> Endmontage -> Innenaufsteigs-U	AUF 019-0030.00	QSIE 380	5,5x100x258	K	30x
0002550	WR-MU Schmitz -> Querspiegel -> Kantprofil U-Aufnahmeblech	UNA 008-0166.00	QSIE 380	4,5x85x132	K	30x
0004293	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> BG -> Kippquerräger	AUF 008-0481.00	QSIE 380	5,5x566,1x1500	K	10x
0004294	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> BG -> Deckel für Kippquerräger	AUF 008-0484.00	QSIE 380	7,5x89x370	M	20x
0004295	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> BG -> Lager links u. rechts	1027455.00	QSIE 380	9,5x145x488,4	K	20x
0004299	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> BG -> Rippe für Heizkanal längs	AUF 008-0486.00	QSIE 380	4,5x56x240	M	10x
0004300	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> BG -> Zusatzrippe für GS-Stecker	1034780.00	QSIE 380	9,5x742,9x1164,1	M	20x
0004303a	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> SW -> Seitenwandplatte vertikal	AUF014-0839.00	QSIE 380	5,5x115x265,4	M	20x
0004329a	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> EM -> Schrägblech links u. rechts BH=1460	AUF 149-0092.03	QSIE 380	5,5x198,8x1239,2	K	20x
0004332b	WR 7,2 Schmitz SR 06 -> EM -> Verstärkungsblech aussen links u. rechts	AUF 149-0090.00	QSIE 380	3,8x283,6x310,8	K	20x
0004334a	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Bodenblech	AUF 008-0488.02	Hardox 450	5x2172x7463,3	K	10x
0004336a	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Heizkanal längs	AUF 008-0490.03	QSIE 380	3,8x353,6x7456	K	10x
0004338	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Abschlussblech hinten	AUF 008-0498.00	QSIE 380	5,5x270,9x2504	M	20x
0004342	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Lagerblech außen seitlich links u. rechts	AUF 008-0491.02	QSIE 380	9,5x155x594,7	M	20x
0004340a	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Winkel für Abschlussträger links u. rechts	AUF 008-0492.02	QSIE 380	4,5x327,6x772,9	K	20x
0004341	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Lagerblech Innenseite	AUF 008-0494.02	QSIE 380	9,5x154,8x2717,4	M	10x
0004343	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Deckel für Abschlussträger	AUF 008-0495.01	QSIE 380	3,8x186,1x320,8	K	20x
0004344	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> BG -> Flanschplatte links u. rechts	AUF 008-0496.00	QSIE 380	5,5x135x230	M	20x
0004346a	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> SW -> Seitenwandblech BH=1460	1027032.00	Hardox 450	4x1080x7672	K	20x
0004347	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> SW -> Kragen hinten BH=1460	AUF 014-0862.00	QSIE 380	3,8x534x1098,6	K	20x
0004348	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> SW -> SW-Platte horizontal	AUF 014-0864.00	QSIE 380	7,5x115x444,5	M	20x
0004349	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> SW -> Verstärkungsrippe für Kragen	1030500.00	QSIE 380	3,8x102x102	M	20x
0004359	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. u. Kombi -> SW -> Einweiser f. Peila	AUF 014-0872.00	QSIE 380	7,5x221,8x325,2	K	20x
0004359	WR 7,2 Schmitz SR 06 aufl. -> Einweiser-RWKL -> Einweiserblech an SW	1030527.00	QSIE 380	9,5x75x122	K	20x

Anlage 2: Stückliste zum Layout 646Q401A



# Stückliste

Datum: 11.02.2009, 10:38

		ID-Stückliste	Stück	Bearb.	Liefertermir	Bl-Id-Nr.	Benennung	Produkt(e)	A [m²]	L [mm]	B [mm]
1		>	4	4	22.01.2007	0000708a	De.f. Tr.anschl.	M	0,0306	228	142
2		>	2	2	26.10.2006	0002130	Träg.stu.1	K	0,0440	300	219
3		>	2	2	26.10.2006	0004342	De.f.Abschl.tr	M	0,0325	354	107
4		>	6	6	07.11.2006	0004346a	Kra.hi.li.re.	K	0,3081	1082	528
5		>	14	14	26.10.2006	0004348	Verst.ri.f.Kr.	M	0,0103	102	102
6		>	2	2	22.07.2008	0000725c	De.f.HK Pos.1	M	0,0276	249	233
7		>	8	8	09.09.2008	0004336a	HK längs	K	2,6126	7454	354
8		>	8	8	09.09.2008	0001309c	Träg.stu.2	K	0,0618	386	233

## Layout

Layout-Name: 646Q401A



Tafel-Name: #

Material: QSIE 380

Abmessung: 1500,0\*8700,0\* 3,80 mm

Kopien: 2

NC-Name: 646Q401A

Maschine: Sato SXE-P

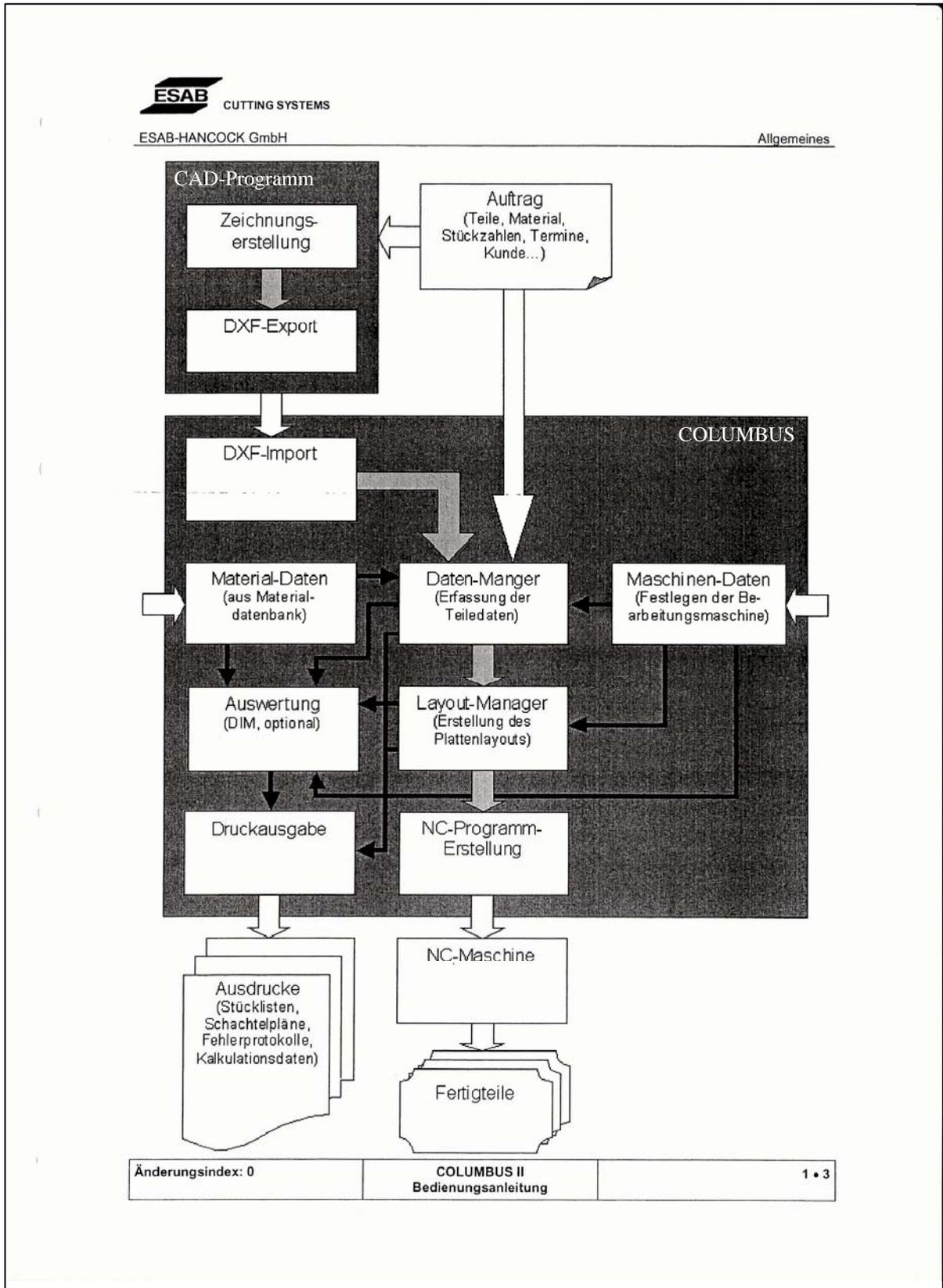
Schneidparameter-Makro:

Maßstab 1:105,776

Seite 1

 <b>COLUMBUS</b> v5.19		<b>DIM</b> Zusammenfassung		Datum: 11.02.2009, 10:39	
<p style="text-align: center;"><b>Teile-Daten</b></p>					
<b>Kennung</b> Layout 646Q401A		<b>Stückzahlen</b> Stücklisteinträge 8 Versch. Stücklisteinträge 1 Anzahl Teile 23 Anzahl versch. Teile 8		<b>Flächen/Gewichte</b> Netto Fläche 11,8589 m <sup>2</sup> Container Fläche 12,9171 m <sup>2</sup> Netto Gewicht 353,752 kg Container Gewicht 385,316 kg	
<b>Platten-Daten</b>		<b>Maschine</b> Sato SXE-P Plasma Min. benutzte Wagen 1 Max. benutzte Wagen 1		<b>Werte</b> Eilgang 76,437 m Schneiden 89,887 m Markieren 0,000 m Gesamt 166,323 m Anzahl Buchstaben 0 Anzahl Punkte 0	
<b>Material</b> Material QSIE 380 Dicke 3,8 mm Spez. Gewicht 7,850 g/cm <sup>3</sup>		<b>Tafel</b> # 2 Anzahl Platten 2 X-Abmaß 1,500 m Y-Abmaß 8,700 m Netto Fläche 13,0500 m <sup>2</sup> Container Fläche 13,0500 m <sup>2</sup> Netto Gewicht 388,282 kg Container Gewicht 388,282 kg Ausnutzung 90,9 %			
				<b>Zeiten</b> Eilgang 00:03:49 Schneiden 00:28:27 Markieren 00:00:00 Beschriften 00:00:00 Andere 00:06:24 Maschinen Vorb 00:05:00 Gesamt 00:43:41	
Berechnungsbasis : Sato - Stahl 3 < t <= 4					

# Anlage 4: Einbindung von Columbus in den betrieblichen Ablauf



Anlage 5: Brennplanübersicht 10 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl. (Serienplan)

**Brennplanübersicht**

**Auftrag / Kunde / Best- Nr.:** DAF verz. Serienteile / Schmitz / 1065346  
**Anzahl x Produkt(e):** 10 x HIRA DAF 5,5 verzinkt **ESAB BT2**

NC-Prgr.	Material	Blechformat lt. Brennplan	Mindest-Blechabmaße (bei Restblechen oder abweichenden Blechformaten)	Anzahl Bleche	Anzahl Brenner	Zeit [min]
10DAFvz Q501	QStE 380	4,5x1500x9200		1	2	38
10DAFvz Q502	QStE 380	4,5x1500x9200	Restbl. mind. 1500x4170	1	2	23
10DAFvz Q601	QStE 380	5,5x1500x8500	Restbl. mind. 1500x7425	1	2/1	59
10DAFvz Q801	QStE 380	7,5x1500x7800		10	2	535
10DAFvz Q101	QStE 380	9,5x1500x2700		1	2	83
10DAFvz Q102	QStE 380	9,5x1500x2700	Restbl. mind. 1500x1625	1	2	53
10DAFvz Q121	QStE 380	11,4x1500x8000	Restbl. mind. 1500x1760	1	2	42
10DAFvz S151	St-52-3	15x1500x3000	Restbl. mind. 1500x1690	1	2	58
10DAFvz S201	St 52-3	20x1500x3000	Restbl. mind. 900x1500	1	2	41
						932
					Summe Zeiten:	15 h 32 min

Stand: 17.02.09 Rattei

Anlage 6: Vergleich verwendeter Bleche

Fertigungsprodukt	Bleche für Serienfertigung	Bleche für Einzelteillfertigung
10 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	59	81
10 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	59	79
10 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	77	80
10 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	72	82
10 x HIRA DAF 5,5 verz.	18	45
10 x HIRA Iveco 5,5 verz.	17	44
10 x HIRA MAN 5,5 verz.	18	43
10 x HIRA MB 5,5 verz.	19	49
10 x HIRA Scania 5,5 verz.	19	43
10 x HIRA Volvo 5,5 verz.	17	45

Anlage 7: Übersicht über die Einzelwerte zu jedem Brennplan

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Brennzeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0000338a	40	9,5	QStE 380	30	460	635	1	0,292	46,6	53,4	0,156
0000707	20	4,5	QStE 380	10	300	370	1	0,111	55,9	44,1	0,049
0000708a	20	3,8	QStE 380	26	770	935	1	0,720	84,9	15,1	0,109
0000711c	12	4,5	QStE 380	39	1180	7880	1	9,298	85,4	14,6	1,358
0000712d	12	5,5	QStE 380	27	1285	5850	1	7,517	89,5	10,5	0,789
0000715c	20	9,5	QStE 380	85	1500 / 895	2700 / 965	2 / 1	8,964	52,3 / 54,5	47,7 / 45,5	4,257
0000716b	20	4,5	QStE 380	17	1500	2270	1	3,405	61,7	38,3	1,304
0000717a	20	5,5	QStE 380	25	1190	1525	1	1,815	92,0	8,0	0,145
0000723a	20	7,5	QStE 380	21	445	860	1	0,383	81,7	18,3	0,070
0000724b	20	4,5	QStE 380	21	1500	5235	1	7,853	64,9	35,1	2,756
0000725c	20	3,8	QStE 380	33	895	1225	1	1,096	50,3	49,7	0,545
0000726	20	4,5	QStE 380	15	695	785	1	0,546	45,0	55,0	0,300
0000740	10	5	Hardox	36	2200 / 2200	7700 / 3220	1 / 1	24,024	93,4 / 95,7	6,6 / 4,3	1,423
0000755	10	4,5	QStE 380	20	360	1050	1	0,378	74,4	25,6	0,097
0000756a	10	4,5	QStE 380	30	525	1490	1	0,782	53,4	46,6	0,365
0000760	20	5,5	QStE 380	18	900	955	1	0,860	89,3	10,7	0,092
0000768	10	5,5	QStE 380	9	350	705	1	0,247	71,1	28,9	0,071
0000770b	20	9,5	QStE 380	28	725	900	1	0,653	19,3	80,7	0,527
0000790a	20	20	St 52-3	52	935	1500	1	1,403	52,3	47,7	0,669
0000791	20	15	St 52-3	19	255	310	1	0,079	44,6	55,4	0,044
0000793	40	7,5	QStE 380	39	560	1300	1	0,728	73,0	27,0	0,197
0000796	20	9,5	QStE 380	68	1500 / 510	2700 / 870	1 / 1	4,494	57,1 / 58,0	42,9 / 42,0	1,924
0000802a	20	7,5	QStE 380	29	695	755	1	0,525	76,0	24,0	0,126
0000838	20	7,5	QStE 380	24	1060	1385	1	1,468	70,7	29,3	0,430
0001309c	60	3,8	QStE 380	27	1500	3255	1	4,883	75,9	24,1	1,177
0001312b	20	7,5	QStE 380	33	680	1525	1	1,037	87,9	12,1	0,125
0001318a	20	4,5	QStE 380	11	485	620	1	0,301	61,6	38,4	0,115
0001319a	20	3,8	QStE 380	13	760	1045	1	0,794	86,8	13,2	0,105
0001687	20	9,5	QStE 380	50	810	1455	1	1,179	75,3	24,7	0,291
0001774	10	5	Hardox	34	2200 / 2200	7700 / 3115	1 / 1	23,793	84,3 / 89,3	15,7 / 10,7	3,393
0001960f	20	7,5	QStE 380	145	1170 / 780	7330 / 2450	2 / 1	19,063	84,4 / 84,1	15,6 / 15,9	2,980
0001965	110	7,5	QStE 380	32	1145	1500	1	1,718	74,9	25,1	0,431
0001966	50	7,5	QStE 380	32	520	775	1	0,403	69,0	31,0	0,125
0002045	10	5,5	QStE 380	41	950	1285	1	1,221	60,4	39,6	0,483

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0002130	40	3,8	QStE 380	20	1500	1725	1	2,588	68,0	32,0	0,828
0002227	100	7,5	QStE 380	63	980	1025	1	1,005	68,0	32,0	0,321
0002228	20	7,5	QStE 380	44	945	1065	1	1,006	83,5	16,5	0,166
0002232	20	15	St 52-3	51	1315	1500	1	1,973	61,0	39,0	0,769
0002233	10	7,5	QStE 380	9	330	455	1	0,150	70,0	30,0	0,045
0002259	60	7,5	QStE 380	44	910	1035	1	0,942	72,0	28,0	0,264
0002260	40	9,5	QStE 380	69	960	1610	1	1,546	81,7	18,3	0,283
0002261	20	11,4	QStE 380	69	1150	1680	1	1,932	65,7	34,3	0,663
0002314	50	7,5	QStE 380	31	520	525	1	0,273	45,4	54,6	0,149
0002335a	20	15	St 52-3	58	1500	1735	1	2,603	57,6	42,4	1,103
0002461	30	3,8	QStE 380	24	1310	3500	1	4,585	92,9	7,1	0,326
0002489	30	5,5	QStE 380	18	660	1340	1	0,884	87,5	12,5	0,111
0002534	60	9,5	QStE 380	65	1500	1660	1	2,490	75,7	24,3	0,605
0002550	30	4,5	QStE 380	15	490	865	1	0,424	79,4	20,6	0,087
0002607	60	7,5	QStE 380	73	1500	1990	1	2,985	78,0	22,0	0,657
0002610	40	7,5	QStE 380	18	545	665	1	0,362	67,8	32,2	0,117
0002611a	70	7,5	QStE 380	41	540	970	1	0,524	59,0	41,0	0,215
0003014	10	7,5	QStE 380	9	255	460	1	0,117	74,0	26,0	0,030
0003015a	10	7,5	QStE 380	11	285	290	1	0,083	54,1	45,9	0,038
0003016	10	7,5	QStE 380	9	240	335	1	0,080	67,1	32,9	0,026
0003117a	10	5,5	QStE 380	9	345	405	1	0,140	69,1	30,9	0,043
0003118	10	7,5	QStE 380	15	1100	1185	1	1,304	88,0	12,0	0,156
0003120a	12	7,5	QStE 380	63	1500	5130	1	7,695	78,9	21,1	1,624
0003121a	12	7,5	QStE 380	62	1500	5090	1	7,635	79,0	21,0	1,603
0003148	20	7,5	QStE 380	11	260	350	1	0,091	39,3	60,7	0,055
0003169	40	9,5	QStE 380	58	760	1535	1	1,167	80,2	19,8	0,231
0003170d	20	7,5	QStE 380	99	1500 / 970	7070 / 3540	3 / 1	35,249	77,6 / 79,9	22,4 / 20,1	7,817
0003173	20	7,5	QStE 380	12	370	410	1	0,152	73,8	26,2	0,040
0003535	20	11,4	QStE 380	72	1015	2060	1	2,091	70,4	29,6	0,619
0003592a	48	7,5	QStE 380	61	1500	1710	1	2,565	75,4	24,6	0,631
0003630	20	7,5	QStE 380	13	465	540	1	0,251	76,0	24,0	0,060
0003631	20	7,5	QStE 380	17	275	765	1	0,210	61,7	38,3	0,081
0003779	48	7,5	QStE 380	48	1500	1710	1	2,565	79,4	20,6	0,528
0003780	20	11,4	QStE 380	49	1500	1770	1	2,655	58,0	42,0	1,115

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0003781a	20	15	St 52-3	58	1500	1690	1	2,535	59,2	40,8	1,034
0004287d	10	5	Hardox	130	2200	7700	10	169,400	95,3	4,7	7,962
0004288a	10	3,8	QStE 380	62	1500 / 735	7470 / 7470	2 / 1	27,900	93,3 / 95,2	6,7 / 4,8	1,765
0004289b	12	5,5	QStE 380	44	1175	7870	1	9,247	86,4	13,6	1,258
0004292	20	4	Hardox	11	780	785	1	0,612	83,6	16,4	0,100
0004293	10	5,5	QStE 380	25	1160	7550	1	8,758	84,3	15,7	1,375
0004294	20	7,5	QStE 380	18	770	1005	1	0,774	84,7	15,3	0,118
0004295	20	9,5	QStE 380	43	940	1410	1	1,325	59,1	40,9	0,542
0004296	10	4,5	QStE 380	28	1180	2350	1	2,773	93,3	6,7	0,186
0004297a	20	9,5	QStE 380	57	980	1660	1	1,627	57,9	42,1	0,685
0004298a	10	9,5	QStE 380	25	680	700	1	0,476	66,1	33,9	0,161
0004299	10	4,5	QStE 380	15	340	510	1	0,173	50,0	50,0	0,087
0004300	20	9,5	QStE 380	34	640	815	1	0,522	67,9	32,1	0,167
0004301	20	4	Hardox	150	2200	7700	10	169,400	93,1	6,9	11,689
0004303a	20	5,5	QStE 380	40	1500 / 1500	8500 / 1760	1 / 1	15,390	72,0 / 61,4	28,0 / 38,6	4,589
0004304a	20	3,8	QStE 380	27	1500	6355	1	9,533	77,4	22,6	2,154
0004305	20	7,5	QStE 380	16	635	1115	1	0,708	80,7	19,3	0,137
0004306a	20	7,5	QStE 380	16	635	1105	1	0,702	82,5	17,5	0,123
0004310	20	9,5	QStE 380	53	1500	2700	2	8,100	77,3	22,7	1,839
0004313a	20	7,5	QStE 380	12	420	460	1	0,193	72,0	28,0	0,054
0004314	10	4,5	QStE 380	31	1175 / 400	7240 / 2420	1 / 1	9,475	94,3 / 92,0	5,7 / 8,0	0,562
0004319	24	4,5	QStE 380	28	1205	6260	1	7,543	90,1	9,9	0,747
0004322a	20	4,5	QStE 380	25	1500	4485	1	6,728	72,2	27,8	1,870
0004323a	10	4,5	QStE 380	20	1500	4325	1	6,488	85,9	14,1	0,915
0004325	20	20	St 52-3	65	955	1460	1	1,394	60,9	39,1	0,545
0004326	20	4,5	QStE 380	11	390	640	1	0,250	56,4	43,6	0,109
0004327	10	7,5	QStE 380	12	235	280	1	0,066	62,1	37,9	0,025
0004329a	20	5,5	QStE 380	31	1500	3640	1	5,460	78,3	21,7	1,185
0004332b	20	3,8	QStE 380	14	985	1500	1	1,478	75,6	24,4	0,361
0004333	20	5,5	QStE 380	27	1500	2490	1	3,720	72,5	27,5	1,023
0004334a	10	5	Hardox	120	2200	7700	10	169,400	93,7	6,3	10,672
0004336a	10	3,8	QStE 380	64	1500 / 735	7475 / 7475	2 / 1	27,919	93,2 / 95,1	6,8 / 4,9	1,794
0004338	10	5,5	QStE 380	27	1500	4830	1	7,245	38,3	61,7	4,470
0004339	20	9,5	QStE 380	56	865	1660	1	1,436	61,4	38,6	0,554

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0004340a	20	4,5	QStE 380	19	1500	2800	1	4,200	62,9	37,1	1,558
0004341	10	9,5	QStE 380	22	330	1105	1	0,365	58,3	41,7	0,152
0004342	20	3,8	QStE 380	14	5600	1500	1	8,400	77,4	22,6	1,898
0004343	20	5,5	QStE 380	18	725	965	1	0,700	86,0	14,0	0,098
0004344	20	4	Hardox	150	2200	7700	10	169,400	93,9	6,1	10,333
0004346a	20	3,8	QStE 380	25	1500	5430	1	8,145	75,6	24,4	1,987
0004347	20	7,5	QStE 380	20	640	1830	1	1,171	87,3	12,7	0,149
0004348	20	3,8	QStE 380	11	455	565	1	0,257	80,1	19,9	0,051
0004349	20	7,5	QStE 380	23	1060	1500	1	1,590	64,6	35,4	0,563
0004354	20	4,5	QStE 380	25	1250	5560	1	6,950	88,2	11,8	0,820
0004357a	12	4,5	QStE 380	23	1500	6080	1	9,120	78,8	21,2	1,933
0004359	20	9,5	QStE 380	15	440	540	1	0,238	73,6	26,4	0,063
0004372a	10	5	Hardox	64	1515 / 1515	7240 / 2425	3 / 1	36,580	92,0 / 91,6	8,0 / 8,4	2,941
0004375	10	5	Hardox	64	1575 / 1575	7410 / 2480	3 / 1	38,918	93,7 / 93,3	6,3 / 6,7	2,467
0004496e	12	7,5	QStE 380	113	1500	7800	1	11,700	73,1	26,9	3,147
0004497a	40	7,5	QStE 380	39	1125	1500	1	1,688	69,7	30,3	0,511
0004499	20	7,5	QStE 380	30	605	790	1	0,478	58,6	41,4	0,198
0004663	20	9,5	QStE 380	15	460	540	1	0,248	72,9	27,1	0,067
0004670a	20	7,5	QStE 380	23	1060	1380	1	1,463	71,4	28,6	0,418
0004925b	10	7,5	QStE 380	23	1100	1510	1	1,661	85,8	14,2	0,236
0004954a	12	7,5	QStE 380	35	1275	6140	1	7,829	82,1	17,9	1,401
0004955a	10	7,5	QStE 380	32	1500	4210	1	6,315	76,0	24,0	1,516
0004957b	12	7,5	QStE 380	100	1500	7800	1	11,700	68,7	31,3	3,662
0004960	20	11,4	QStE 380	64	835	1745	1	1,457	72,3	27,7	0,404
0004961a	20	15	St 52-3	69	1500	1610	1	2,415	55,6	44,4	1,072
0005015b	20	11,4	QStE 380	82	1500	1700	1	2,550	67,6	32,4	0,826
0005016a	20	15	St 52-3	99	1235	1500	1	1,853	69,9	30,1	0,558
0005170	20	7,5	QStE 380	20	580	835	1	0,484	62,0	38,0	0,184
0005221a	20	7,5	QStE 380	50	1500 / 1500	6905 / 3455	2 / 1	25,898	73,1 / 73,0	26,9 / 27,0	6,972
0005222b	10	7,5	QStE 380	26	1500	2810	1	4,215	71,9	28,1	1,184
0005223	20	7,5	QStE 380	17	955	1500	1	1,433	76,1	23,9	0,342
0005224b	20	7,5	QStE 380	19	790	1580	1	1,248	85,0	15,0	0,187
0005225	20	9,5	QStE 380	23	650	1500	1	0,975	81,9	18,1	0,176
0005226a	20	5,5	QStE 380	25	1500	3600	1	5,400	87,9	12,1	0,653

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0005227a	10	5,5	QStE 380	16	1180	2665	1	3,145	89,4	10,6	0,333
0005235	40	7,5	QStE 380	20	760	1500	1	1,140	68,0	32,0	0,365
0005236	40	5,5	QStE 380	20	825	845	1	0,697	81,7	18,3	0,128
0005237b	20	7,5	QStE 380	24	775	830	1	0,643	80,3	19,7	0,127
0005238b	20	5,5	QStE 380	40	615	1260	1	0,775	83,1	16,9	0,131
0005239b	10	5,5	QStE 380	20	485	735	1	0,356	80,7	19,3	0,069
0005240	20	5,5	QStE 380	35	800	955	1	0,764	84,4	15,6	0,119
0005248	20	5,5	QStE 380	13	330	1000	1	0,330	79,0	21,0	0,069
0005249	20	5,5	QStE 380	14	365	1175	1	0,429	81,5	18,5	0,079
0005254	40	7,5	QStE 380	26	585	590	1	0,345	60,1	39,9	0,138
0005296	10	5,5	QStE 380	9	275	570	1	0,157	76,5	23,5	0,037
0005300a	10	6	Hardox	120	2200	5800	10	127,600	95,9	4,1	5,232
0005304	20	5,5	QStE 380	54	1500	4725	5	35,438	80,7	19,3	6,839
0005306	20	9,5	QStE 380	49	1500	2700	2	8,100	71,2	28,8	2,333
0005307	20	4,5	QStE 380	12	460	690	1	0,317	80,4	19,6	0,062
0005308	10	5,5	QStE 380	28	1500	7550	1	11,325	64,4	35,6	4,032
0005309	20	9,5	QStE 380	48	860	1610	1	1,385	69,0	31,0	0,429
0005310	20	9,5	QStE 380	43	860	1810	1	1,557	72,4	27,6	0,430
0005311	20	11,4	QStE 380	48	1500	2195	1	3,293	56,5	43,5	1,432
0005312	20	11,4	QStE 380	47	765	1325	1	1,014	61,9	38,1	0,386
0005313	20	5,5	QStE 380	30	1500	1800	1	2,700	85,3	14,7	0,397
0005314a	12	4,5	QStE 380	19	1500	2130	1	3,195	88,0	12,0	0,383
0005315	20	9,5	QStE 380	27	925	1000	1	0,925	84,7	15,3	0,142
0005316a	20	4,5	QStE 380	21	1500	5120	1	7,680	69,6	30,4	2,335
0005317	20	9,5	QStE 380	50	1500	2700	2	8,100	77,8	22,2	1,798
0005320	20	5	Hardox	150	2200	5960	10	131,120	82,5	17,5	22,946
0005322	20	3,8	QStE 380	26	1500	6055	1	9,083	75,2	24,8	2,252
0005327	10	5	Hardox	58	1510 / 1510	9500 / 4765	2 / 1	35,885	87,0 / 86,7	13,0 / 13,3	3,427
0005328	20	4,5	QStE 380	23	1500	3795	1	5,693	85,3	14,7	0,837
0005331a	20	5,5	QStE 380	24	1500	2390	1	3,585	70,8	29,2	1,047
0005364	20	5,5	QStE 380	29	1500	3340	1	5,010	77,4	22,6	1,132
0005427	40	7,5	QStE 380	64	935	1500	1	1,403	67,5	32,5	0,456
0005428	20	5,5	QStE 380	12	275	805	1	0,221	76,5	23,5	0,052
0005435a	10	3	QStE 380	31	1500	6995	1	10,493	85,4	14,6	1,532

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m²]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m²]
0005436	20	5,5	QStE 380	38	1500	1515	1	2,273	52,2	47,8	1,086
0005437	20	5	Hardox	150	2200	5805	10	127,710	92,8	7,2	9,195
0005438	20	5	Hardox	14	885	970	1	0,858	85,3	14,7	0,126
0005439	20	7,5	QStE 380	47	1500	7800	1	11,700	75,6	24,4	2,855
0005440c	12	7,5	QStE 380	58	1500	5185	1	7,778	73,7	26,3	2,045
0005441b	10	7,5	QStE 380	89	1170 / 400	5170 / 1720	1 / 1	6,737	79,7 / 77,9	20,3 / 22,1	1,380
0005442c	10	5,5	QStE 380	30	1500	3355	1	5,033	82,4	17,6	0,886
0005443a	20	5,5	QStE 380	13	560	850	1	0,476	78,9	21,1	0,100
0005444e	20	7,5	QStE 380	126	1500 / 890	4540 / 4540	6 / 1	44,901	82,3 / 92,5	17,7 / 7,5	7,535
0005445	20	11,4	QStE 380	81	1500	1900	1	2,850	58,2	41,8	1,191
0005447a	20	15	St 52-3	89	1500	1515	1	2,273	67,3	32,7	0,743
0005457a	10	5,5	QStE 380	9	360	725	1	0,261	68,7	31,3	0,082
0005458	40	7,5	QStE 380	17	445	535	1	0,238	66,9	33,1	0,079
0005459	40	7,5	QStE 380	19	475	570	1	0,271	67,3	32,7	0,089
0005460	20	7,5	QStE 380	74	1500 / 890	7800 / 2650	2 / 1	25,759	79,3 / 87,4	20,7 / 12,6	5,141
0005461d	20	7,5	QStE 380	75	1220	4250	5	25,925	89,5	10,5	2,722
0005462	10	7,5	QStE 380	26	1500	2745	1	4,118	73,7	26,3	1,083
0005463b	30	5,5	QStE 380	24	1500	4575	1	6,863	82,6	17,4	1,194
0005464	10	5,5	QStE 380	17	1230	2735	1	3,364	91,9	8,1	0,272
0005465	100	5,5	QStE 380	29	575	685	1	0,394	62,5	37,5	0,148
0005466a	10	7,5	QStE 380	23	1500	3940	1	5,910	77,0	23,0	1,369
0005467	20	7,5	QStE 380	25	425	1540	1	0,655	79,4	20,6	0,135
0005468	40	7,5	QStE 380	16	330	395	1	0,130	55,7	44,3	0,058
0005469	20	7,5	QStE 380	50	1500 / 1500	6905 / 3455	2 / 1	25,898	73,1 / 73,0	26,9 / 27,0	6,972
0005470	10	5,5	QStE 380	17	1245	2735	1	3,405	92,5	7,5	0,255
0005471	20	5,5	QStE 380	21	1500	3900	1	5,850	92,6	7,4	0,433
0005473	20	3,8	QStE 380	25	635	785	1	0,498	71,3	28,7	0,143
0005473	20	4,5	QStE 380	27	635	785	1	0,498	71,3	28,7	0,143
0005473	20	5,5	QStE 380	27	635	785	1	0,498	71,3	28,7	0,143
0005474	40	9,5	QStE 380	92	1500	1640	1	2,460	62,8	37,2	0,915
0005475a	60	4,5	QStE 380	19	1500	3230	1	4,845	86,1	13,9	0,673
0005476	10	7,5	QStE 380	28	1500	2980	1	4,470	73,0	27,0	1,207
0005477	20	7,5	QStE 380	163	1500 / 890	6115 / 6115	6 / 1	60,477	77,6 / 87,2	22,4 / 12,8	13,024
0005478a	20	4,5	QStE 380	24	1500	3375	1	5,063	84,0	16,0	0,810

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0005480	20	7,5	QStE 380	119	1500 / 895	4235 / 4235	6 / 1	41,905	81,9 / 91,5	18,1 / 8,5	7,221
0005481	10	7,5	QStE 380	27	1500	2745	1	4,118	75,3	24,7	1,017
0005482	60	4,5	QStE 380	46	1500 / 655	9200 / 1500	1 / 1	14,783	80,3 / 80,6	19,7 / 19,4	2,909
0005483	20	5,5	QStE 380	20	1500	3900	1	5,850	84,7	15,3	0,895
0005484	10	5,5	QStE 380	16	1185	2735	1	3,241	90,0	10,0	0,324
0005485	20	4,5	QStE 380	24	1500	3250	1	4,875	86,9	13,1	0,639
0005486	20	7,5	QStE 380	96	1500 / 1500	7395 / 3385	1 / 1	16,170	76,3 / 71,4	23,7 / 28,6	4,081
0005494	60	4,5	QStE 380	46	1500 / 660	9200 / 1500	1 / 1	14,790	79,1 / 78,7	20,9 / 21,3	3,095
0005495	20	4,5	QStE 380	24	1500	3270	1	4,905	86,0	14,0	0,687
0005497d	20	7,5	QStE 380	163	1335 / 895	5995 / 5995	6 / 1	53,385	87,5 / 87,0	12,5 / 13,0	6,700
0005498	20	7,5	QStE 380	49	1500 / 1500	6610 / 3310	2 / 1	24,795	73,0 / 72,9	27,0 / 27,1	6,700
0005499	10	7,5	QStE 380	26	1500	2750	1	4,125	73,6	26,4	1,089
0005500	20	5,5	QStE 380	20	1500	3900	1	5,850	82,1	17,9	1,047
0005501	10	5,5	QStE 380	16	1165	2735	1	3,186	89,1	10,9	0,347
0005502	60	4,5	QStE 380	49	1500 / 1500	8410 / 3090	1 / 1	17,250	79,3 / 78,5	20,7 / 21,5	3,608
0005503	20	4,5	QStE 380	19	1500	3255	1	4,883	68,9	31,1	1,518
0005504a	20	7,5	QStE 380	25	425	1595	1	0,678	79,4	20,6	0,140
0005505	10	5,5	QStE 380	34	1500	3795	1	5,693	74,2	25,8	1,469
0005506	10	3	QStE 380	31	1500	6995	1	10,493	92,3	7,7	0,808
0005507	20	5,5	QStE 380	27	1500	1805	1	2,708	48,1	51,9	1,405
0005508	20	5,5	QStE 380	39	1500 / 1500	8000 / 2005	1 / 1	15,008	65,5 / 65,3	34,5 / 34,7	5,184
0005509b	20	7,5	QStE 380	130	1270 / 850	4425 / 4425	6 / 1	37,480	92,5 / 92,1	7,5 / 7,9	2,826
0005510	20	7,5	QStE 380	48	1500 / 1500	6340 / 3175	2 / 1	23,783	67,6 / 67,5	32,4 / 32,5	7,710
0005511	10	7,5	QStE 380	26	1500	2545	1	3,818	75,3	24,7	0,943
0005512	20	7,5	QStE 380	17	955	1500	1	1,433	72,7	27,3	0,391
0005513	20	7,5	QStE 380	19	790	1570	1	1,240	85,0	15,0	0,186
0005514	20	5,5	QStE 380	20	1500	3700	1	5,550	82,8	17,2	0,955
0005515	20	5,5	QStE 380	26	1150	5175	1	5,951	91,2	8,8	0,524
0005516	60	4,5	QStE 380	46	1500 / 655	9200 / 1500	1 / 1	14,783	74,9 / 75,2	25,1 / 24,8	3,707
0005517	20	4,5	QStE 380	24	1500	3235	1	4,853	86,0	14,0	0,679
0005518	40	7,5	QStE 380	25	910	1500	1	1,365	64,5	36,5	0,485
0005519	30	5,5	QStE 380	15	565	850	1	0,480	71,4	28,6	0,137
0005520	20	7,5	QStE 380	24	420	1430	1	0,601	80,0	20,0	0,120
0005521	10	7,5	QStE 380	13	475	640	1	0,304	63,1	36,9	0,112

Bt.-Id.-Nr.	Stückzahl	Blechstärke [mm]	Material	Zeit je Brennplan [min]	Abmaß 1 [mm]	Abmaß 2 [mm]	Anzahl Bleche	Material-einsatz [m <sup>2</sup> ]	Blechausnutzung [%]	Verschnitt [%]	Verschnitt [m <sup>2</sup> ]
0005761	20	7,5	Q.SiE 380	14	580	810	1	0,470	75,4	24,6	0,116
0005762	10	5,5	Q.SiE 380	25	1500	1885	1	2,828	81,4	18,6	0,526

Anlage 8: Zuordnung der Brennteile zum Fertigungsprodukt

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>WR 1460 Sch</b>	0000338a	40
	0000707	20
	0000708a	20
	0000712d	10
	0000715c	20
	0000716b	20
	0000717a	20
	0000723a	20
	0000724b	20
	0000725c	20
	0000726	20
	0000760	20
	0001309c	60
	0001312b	20
	0001318a	20
	0001319a	20
	0002130	40
	0002314	50
	0002489	30
	0002550	30
	0004287d	10
	0004288a	10
	0004292	20
	0004293	10
	0004294	20
	0004295	20
	0004296	10
	0004297a	20
	0004298a	10
	0004299	10
	0004300	20
	0004301	20
	0004303a	20
	0004304a	20
	0004305	20
	0004306a	20
	0004329a	20
	0004332b	20
	0004333	20
	0005170	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>WR 1460 aufl.</b>	0000338a	40
	0000707	20
	0000708a	20
	0000712d	10
	0000715c	20
	0000716b	20
	0000717a	20
	0000725c	20
	0000726	20
	0001309c	60
	0001312b	20
	0002130	40
	0002314	50
	0002489	30
	0002550	30
	0004293	10
	0004294	20
	0004295	20
	0004299	10
	0004300	20
	0004303a	20
	0004305	20
	0004329a	20
	0004332b	20
	0004334a	10
	0004336a	10
	0004338	10
	0004339	20
	0004340a	20
	0004341	10
	0004342	20
	0004343	20
	0004344	20
0004346a	20	
0004347	20	
0004348	20	
0004349	20	
0004359	20	
0004663	20	

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>MKI 1360</b> <b>Sch</b>	0000338a	40
	0000707	20
	0000708a	20
	0000712d	10
	0000715c	20
	0000716b	20
	0000717a	20
	0000725c	20
	0000726	20
	0000755	10
	0000756a	10
	0000760	20
	0001312b	20
	0001319a	20
	0002461	30
	0002489	30
	0004332b	20
	0005300a	10
	0005304	20
	0005307	20
	0005308	10
	0005309	20
	0005310	20
	0005311	20
	0005312	20
	0005313	20
	0005314a	10
	0005315	20
	0005316a	20
	0005320	20
	0005322	20
	0005331a	20
	0005364	20
	0005427	40
	0005428	20
	0005506	10
	0005507	20
	0005508	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>MKI 1460</b> <b>Sch</b>	0000338a	40
	0000707	20
	0000708a	20
	0000712d	10
	0000715c	20
	0000716b	20
	0000717a	20
	0000725c	20
	0000726	20
	0000755	10
	0000756a	10
	0000760	20
	0001312b	20
	0001319a	20
	0002461	30
	0002489	30
	0004303a	20
	0004304a	20
	0004329a	20
	0004332b	20
	0004333	20
	0005300a	10
	0005304	20
	0005307	20
	0005308	10
	0005309	20
	0005310	20
	0005311	20
	0005312	20
	0005313	20
	0005314a	10
	0005315	20
	0005316a	20
0005427	40	
0005428	20	
0005435a	10	
0005436	20	
0005437	20	
0005438	20	

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>STW MKI</b> <b>1360 Sch</b>	0000711c	10
	0001774	10
	0004313a	20
	0005306	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>STW WR 1460</b> <b>Sch+aufl.</b>	0000740	10
	0004289b	10
	0004310	20
	0004313a	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>RWKL MKI</b> <b>1360 Sch</b>	0004314	10
	0004322a	20
	0004323a	10
	0004325	20
	0004326	20
	0004327	10
	0005327	10
	0005328	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>RWKL WR/MKI</b> <b>1460 Sch</b>	0004314	10
	0004319	20
	0004322a	20
	0004323a	10
	0004325	20
	0004326	20
	0004327	10
	0004372a	10

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>STW MKI</b> <b>1460 Sch</b>	0000711c	10
	0000740	10
	0004313a	20
	0005317	20

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>RWKL WR</b> <b>1460 Aufl.</b>	0004314	10
	0004322a	20
	0004325	20
	0004327	10
	0004354	20
	0004357a	10
	0004375	10

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA DAF</b> <b>verz.</b>	0000770b	20
	0000790a	20
	0000791	20
	0000793	40
	0000838	20
	0001960f	20
	0002610	40
	0003148	20
	0003169	80
	0003779	40
	0003780	20
	0003781a	20
	0004327	10
	0004670a	20
	0005221a	20
	0005223	20
	0005224b	20
	0005225	20
	0005235	40
	0005236	40
	0005240	20
	0005249	20
	0005254	40
	0005467	20
	0005468	40
	0005474	40
	0005480	20
	0005481	10
	0005482	60
	0005483	20
	0005484	10
	0005485	20
0005486	20	

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA Iveco</b> <b>verz.</b>	0000770b	20
	0000790a	20
	0000791	20
	0002607	60
	0002610	70
	0002611a	70
	0003015a	10
	0003016	10
	0003148	20
	0004327	10
	0004496e	10
	0004497a	40
	0004499	20
	0004670a	20
	0004954a	10
	0004955a	10
	0004957b	10
	0004960	20
	0004961a	20
	0005225	20
	0005240	20
	0005474	40
	0005509b	20
	0005510	20
	0005511	10
	0005512	20
	0005513	20
	0005514	20
	0005515	20
	0005516	60
	0005517	20
	0005518	40
0005519	30	
0005520	20	
0005521	10	

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA MAN</b> <b>verz.</b>	0000770b	20
	0000790a	20
	0000791	20
	0000793	20
	0001960f	20
	0002259	60
	0002260	40
	0002261	20
	0002335a	20
	0003148	20
	0003169	40
	0003170d	20
	0003173	20
	0004327	10
	0004670a	20
	0005223	20
	0005224b	20
	0005225	20
	0005235	40
	0005236	40
	0005240	20
	0005460	20
	0005461d	20
	0005462	10
	0005463b	30
	0005464	10
	0005465	100
	0005466a	10
	0005467	20
	0005468	20
	0005761	20
	0005762	10

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA MB</b> <b>verz.</b>	0000770b	20
	0000790a	20
	0000791	20
	0000793	20
	0000796	20
	0000802a	20
	0001687	20
	0002045	10
	0004327	10
	0004499	20
	0004670a	20
	0004925b	10
	0005221a	20
	0005222b	10
	0005223	20
	0005224b	20
	0005225	20
	0005226a	20
	0005227a	10
	0005235	40
	0005236	20
	0005237b	20
	0005238b	20
	0005239b	10
	0005240	10
	0005248	20
	0005439	20
	0005440c	10
	0005441b	10
	0005442c	10
	0005443a	20
	0005444e	20
0005445	20	
0005447a	20	
0005457a	10	
0005458	40	
0005459	40	
0005474	40	
0005494	60	
0005495	20	

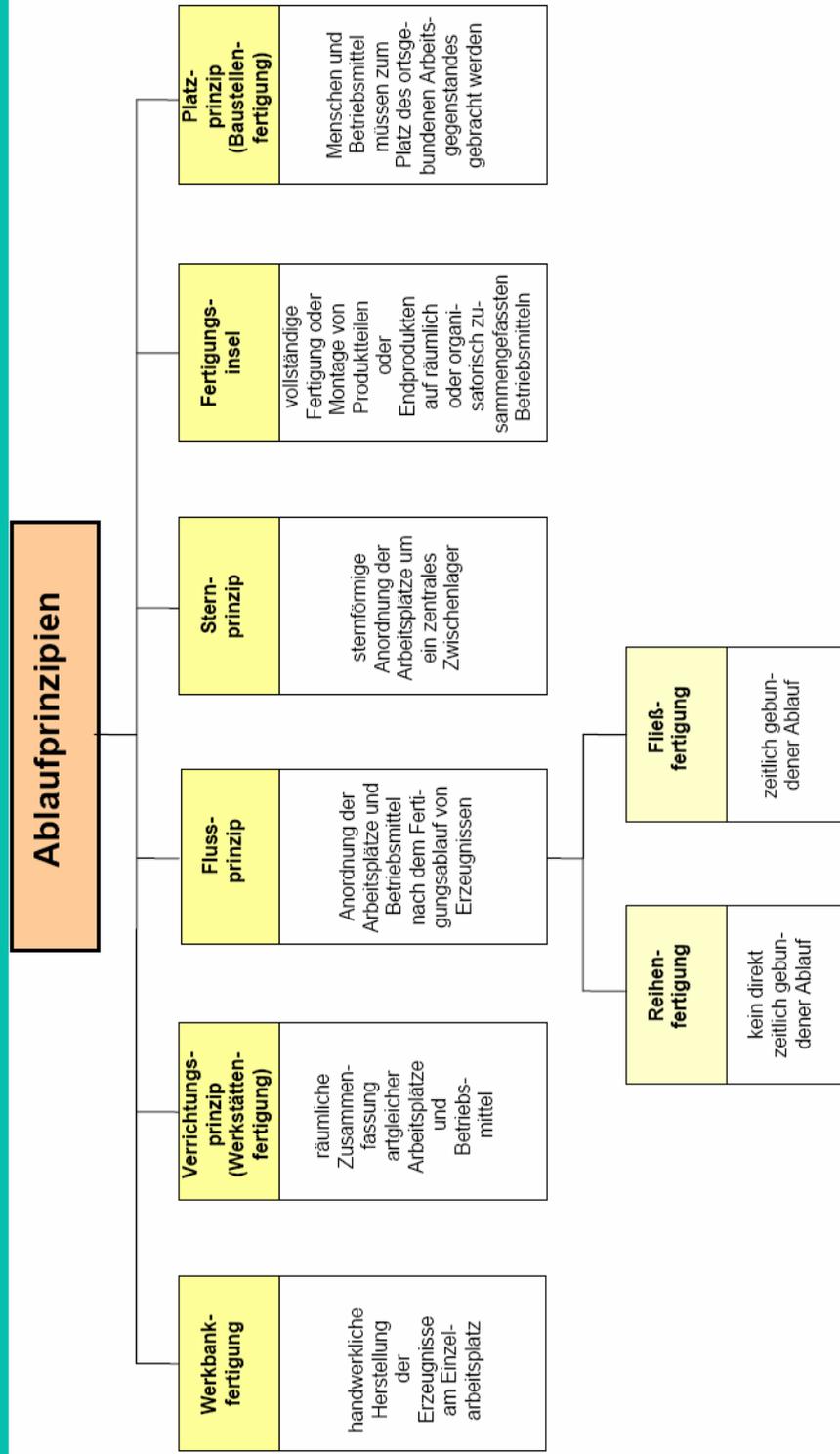
	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA Scania</b> <b>verz.</b>	0000768	10
	0000770b	20
	0000790a	20
	0000791	20
	0001965	40
	0001966	50
	0002233	10
	0002534	60
	0003014	10
	0003015a	10
	0003117a	10
	0003118	10
	0003120a	10
	0003121a	10
	0003148	20
	0004670a	20
	0005015b	20
	0005016a	20
	0005223	20
	0005224b	20
	0005225	20
	0005235	40
	0005236	20
	0005240	20
	0005249	40
	0005474	40
	0005497d	20
	0005498	20
	0005499	10
	0005500	20
	0005501	10
	0005502	60
	0005503	20
	0005504a	20
0005505	10	

	<b>Bt-Id-Nr.</b>	<b>Stückzahl</b> (Losgröße 10)
<b>HIRA Volvo</b> <b>verz.</b>	0000770b	20
	0000790	20
	0000791	20
	0001960f	20
	0001965	100
	0002227	100
	0002228	20
	0002232	20
	0003148	20
	0003535	20
	0003592a	40
	0003630	20
	0003631	20
	0004327	10
	0004499	20
	0004670a	20
	0005223	20
	0005224b	20
	0005225	20
	0005235	40
	0005236	40
	0005240	20
	0005296	10
	0005467	20
0005469	20	
0005470	10	
0005471	20	
0005473	20	
0005473	20	
0005473	20	
0005474	40	
0005475a	60	
0005476	10	
0005477	20	
0005478a	20	

# Anlage 9: Übersicht über die Ablaufprinzipien



## Ablaufprinzipien im Überblick



Anlage 10: Übersicht über die ermittelten Zeiten

Ablaufabschnitt	Zeitart	ermittelte Einzelzeit(en) [min]	Durchschnittszeit [min]
Auftrag holen und lesen	Rüstzeit	5	5
Material bereitstellen	Zwischenzeit	5	5
Maschine "bestücken" (Blech auf Gitterrost)	Nebenausführungszeit	7, 6, 8, 4, 5, 5	6
Maschine einrichten und einstellen	Nebenausführungszeit	siehe DIM-Blatt: Maschinenvorbereitung	5
Einzelteile ausbrennen	Hauptausführungszeit	siehe DIM-Blatt: Geamtzeit	-
Restblech/Einzelteile vom Gitterrost entfernen	Nebenausführungszeit	17, 12, 15, 15, 17, 13	15
Maschine in Ausgangsposition fahren	Nebenausführungszeit	1, 1, 1, 1, 1, 1	1
Einzelteile abtransportieren	Zwischenzeit	5	5
Auftragsunterlagen unterschreiben und weg bringen	Rüstzeit	5	5

## Anlage 11: Berechnung der Durchlaufzeiten

$T_D = t_{pS} + t_{zuS}$  Durchlaufzeit = planmäßige Durchlaufzeit + Zusatzzeit

$t_{pS} = t_{dS} + t_{zws}$  planmäßige Durchlaufzeit = Durchführungszeit +  
Zwischenzeit

$t_{dS} = t_{hS} + t_{nS}$  Durchführungszeit = Hauptdurchführungszeit +  
Nebendurchführungszeit

⏟

$T_D = t_{hS} + t_{nS} + t_{zws} + t_{zus} + t_r$   $t_r =$  Rüstzeit

$t_{hS}$  → Einzelteile ausbrennen

$t_{nS}$  → Blech auflegen (6 min) + Restblech entfernen (15 min) + Maschine  
zurückfahren (1 min)

$t_{zws}$  → Material bereitstellen (5 min)

$t_{zus}$  → entfällt für Berechnung der einzelnen Durchlaufzeiten

$t_r$  → Auftrag holen und lesen (5 min) + Auftragsunterlagen fortbringen (5min)

### Berechnungsbeispiel für WR 1460 Sch:

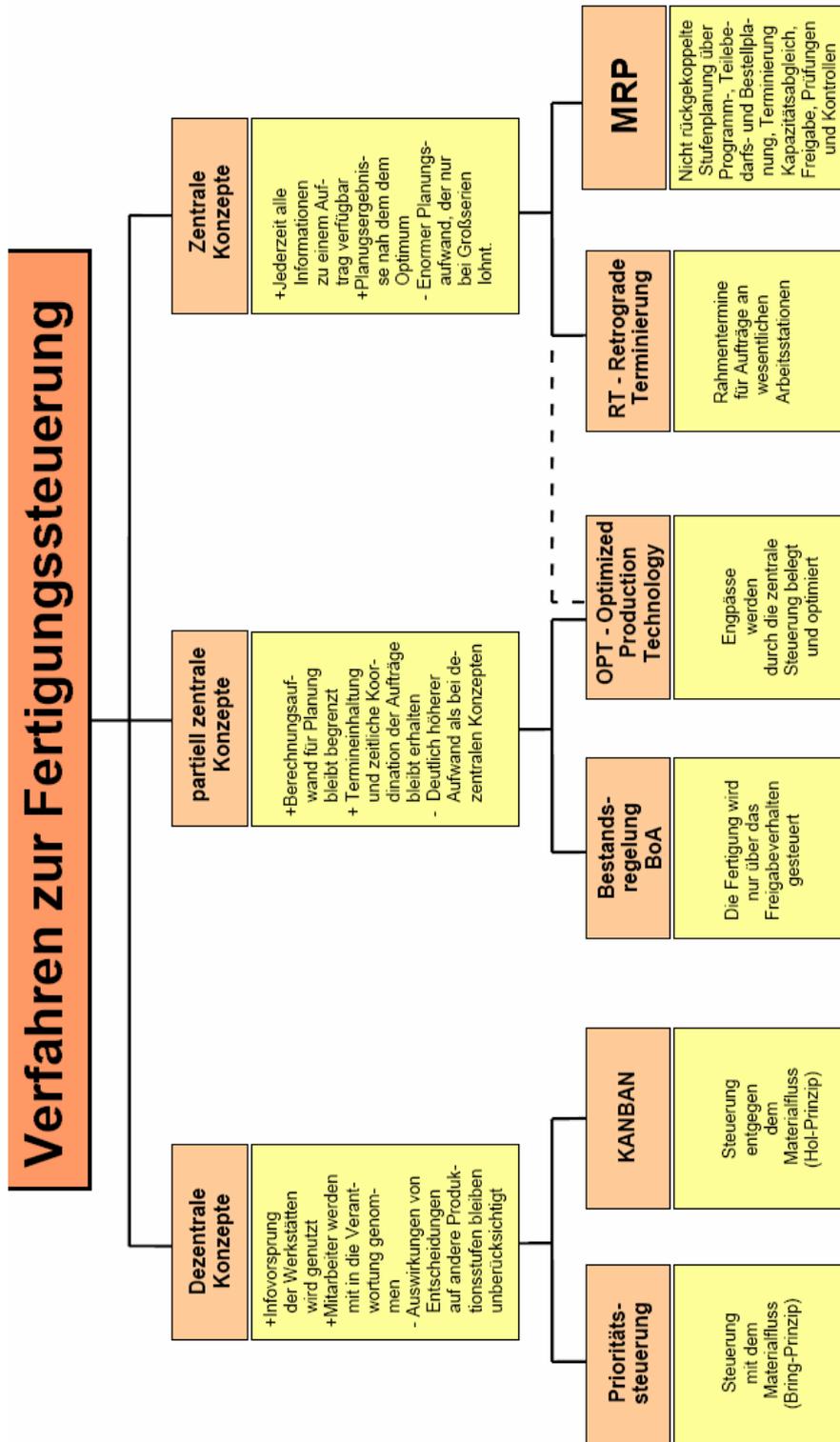
Brennzeit beträgt 1670 min, insgesamt werden 81 Bleche aufgelegt

$$T_D = \underbrace{1670}_{t_{hS}} + 81 \times \underbrace{(6 + 15 + 1)}_{t_{nS}} + \underbrace{5}_{t_{zws}} + \underbrace{5}_{t_r} \quad [\text{min}] \quad (\text{Losgröße } 10)$$

$$T_D = [1670 + 81 \times (6 + 15 + 1) + 5 + 5 + 5] : 10 \quad [\text{min}]$$

$T_D = 347 \text{ min}$  (Losgröße 1)

# Anlage 12: Verfahren der Fertigungssteuerung



Anlage 13: Vergleich von Einzelteil- und Serienfertigung

Anlage 13.1: Vergleich von Materialeinsatz und Verschnitt

Bezeichnung	Materialeinsatz in m <sup>2</sup>	
	Serienfertigung	Einzelteilmfertigung
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	59,04	57,24
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	56,64	57,98
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	49,98	51,44
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	51,69	51,47
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	16,12	16,10
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	15,93	15,21
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	14,81	14,99
1 x HIRA MB 5,5 verz.	15,45	16,44
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	14,59	15,55
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	15,99	15,46
<b>Summe:</b>	<b>310,24</b>	<b>311,88</b>

Bezeichnung	Verschnitt in m <sup>2</sup>	
	Serienfertigung	Einzelteilmfertigung
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	6,73	6,01
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	6,71	6,53
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	7,42	8,17
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	6,89	6,49
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	3,53	3,50
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	4,01	3,34
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	2,76	2,94
1 x HIRA MB 5,5 verz.	2,83	3,74
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	2,22	3,20
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	3,18	3,41
<b>Summe:</b>	<b>46,28</b>	<b>47,33</b>

Anlage 13.2: Vergleich von Brennzeiten und Durchlaufzeiten

Bezeichnung	Brennzeit in min	
	Serienfertigung	Einzelteillfertigung
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	122	167
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	97	163
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	118	171
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	121	175
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	94	129
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	97	133
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	87	122
1 x HIRA MB 5,5 verz.	99	150
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	89	123
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	92	133
<b>Summe:</b>	<b>1016</b>	<b>1466</b>

Bezeichnung	Durchlaufzeit in min	
	Serienfertigung	Einzelteillfertigung
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 Schütte	252	347
1 x WR 7,2 SR 06 BH=1460 aufl.	227	338
1 x MKI 06 5,5 x BH=1360 Schütte	288	348
1 x MKI 06 5,5 x BH=1460 Schütte	279	357
1 x HIRA DAF 5,5 verz.	135	229
1 x HIRA Iveco 5,5 verz.	136	231
1 x HIRA MAN 5,5 verz.	128	219
1 x HIRA MB 5,5 verz.	143	259
1 x HIRA Scania 5,5 verz.	132	220
1 x HIRA Volvo 5,5 verz.	131	233
<b>Summe:</b>	<b>1851</b>	<b>2781</b>

## Anlage 14: Berechnung der Auslastung

Annahme: 10 Mulden pro Tag

→ Variante 1: 5 x WR, 5 x MKI, 5 x HIRA

→ Variante 2: 10 x WR

→ Variante 3: 10 x MKI, 10 x HIRA

eine Schicht: 8 h Arbeitszeit = 480 min

vier Brennschneidmaschinen vorhanden: 4 x 480 min = 1920 min

		Serienfertigung		Einzelteillfertigung	
Variante 1:	5 x WR	5 x 252 min	= 1260 min	5 x 347 min	= 1735 min
	5 x MKI	5 x 288 min	= 1440 min	5 x 357 min	= 1785 min
	5 x HIRA	5 x 143 min	= 715 min	5 x 259 min	= 1295 min
		Summe:	<b>3415 min</b>		Summe:
Variante 2	10 x WR	10 x 252 min	= 2520 min	10 x 347 min	= 3470 min
		Summe:	<b>2520 min</b>	Summe:	<b>3470 min</b>
Variante 3	10 x MKI	10 x 288 min	= 2880 min	10 x 357 min	= 3570 min
	10 x HIRA	10 x 143 min	= 1430 min	10 x 259 min	= 2590 min
		Summe:	<b>4310 min</b>	Summe:	<b>6160 min</b>

Variante 1: 3415 min / 1920 min = 1,8 Schichten (Serienfertigung)

4815 min / 1920 min = 2,6 Schichten (Einzelteillfertigung)

Variante 2: 2520 min / 1920 min = 1,4 Schichten (Serienfertigung)

3470 min / 1920 min = 1,9 Schichten (Einzelteillfertigung)

Variante 3: 4310 min / 1920 min = 2,3 Schichten (Serienfertigung)

6160 min / 1920 min = 3,3 Schichten (Einzelteillfertigung)

## Ehrenwörtliche Erklärung

“Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich“,

1. dass ich meine Diplomarbeit mit dem Thema

“Ermittlung von Durchlaufzeiten des Zuschnittes für vorgegebene Stückzahlen in der Muldenfertigung unter Berücksichtigung von Einzelteilerfertigung auf Pufferbestand“

ohne fremde Hilfe angefertigt habe,

2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und

3. dass ich meine Praxisarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift