

Hochschule Merseburg  
Fachbereich Ingenieur und Naturwissenschaften  
Studiengang Mechatronik



## Bachelorarbeit

**Fertigungszentrum zur Komplettbearbeitung von  
Sägeblättern unter Berücksichtigung technischer und  
organisatorischer Verkettungsaspekte der  
Grundkörper- und Sägezahn-Herstellung**

Name: Zhengyuan Jiang

Matrikelnummer: 24706

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer

# Hochschule Merseburg

Fachbereich Ingenieur und Naturwissenschaften

## Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit von Herrn Zhengyuan Jiang (MMP18)

**Thema:** Erstellung eines Konzeptes für ein Fertigungszentrum zur Komplettbearbeitung von Sägeblättern unter Berücksichtigung technischer und organisatorischer Verkettungsaspekte der Grundkörper- und Sägezahn-Herstellung

**Betreuer:** Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademmann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

### **Aufgabenstellung:**

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei der Auslegung der einzusetzenden Fertigungstechnik eine Vielzahl an technischen und organisatorischen Rahmenbedingungen zu beachten gilt.

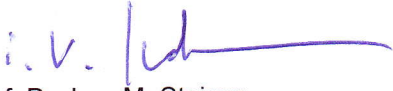
Im Rahmen der Bachelorarbeit sind, gemäß der o. g. Themenstellung, das Überwachungskonzept zu konzipieren, deren Struktur darzustellen sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.


### **Hinweise zur Lösung der Aufgabenstellung**

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der automatisch ablaufenden Montageprozesse als Basisvorgänge unter Beachtung der Prozessabläufe, der einsetzbaren Materialien, und der möglichen Anlagentechniken sowie erforderlichen Hilfseinrichtungen und Überwachungsmitteln
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o. g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten für die konventionelle und die automatisierte Komplettbearbeitung
4. Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)
5. Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Ausgangsteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für die Vorzugsvariante gemäß Abschnitt 4

**Anzahl der Exemplare:**

2 (zuzüglich 1 Exemplar in digitaler Form)

  
Prof. Dr.-Ing. M. Staiger  
Vorsitzender des Prüfungsausschusses  
des Studiengang MMP

  
Prof. Dr.-Ing. R. Kademmann  
Themenstellender Hochschullehrer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Herstellung von Sägeblättern</b> .....	<b>2</b>
2.1 Sintern.....	2
2.2 Schweißen.....	3
2.3 Vakuumlöten.....	4
<b>3. Herstellung von Grundkörper</b> .....	<b>5</b>
3.1 Lösung 1.....	5
3.1.1 CSP 100 Stanzautomat.....	5
3.1.1.1 Beschreibung.....	6
3.1.1.2 Technische Daten.....	7
3.1.2 Bandzuführanlagen.....	8
3.1.2.1 Beschreibung.....	8
3.1.2.2 Technische Daten.....	9
3.1.3 Arbeitsverlauf.....	10
3.2 Lösung 2.....	11
3.2.1 TruLaser 3030.....	11
3.2.1.1 Beschreibung.....	11
3.2.1.2 Technische Daten.....	12
3.2.2 LiftMaster.....	13
3.2.2.1 Beschreibung.....	13
3.2.2.2 Technische Daten.....	14
3.2.3 Arbeitsverlauf.....	15
3.3 Lösung 3.....	16
3.3.1 LiftMaster Store.....	17
3.3.1.1 Beschreibung.....	17
3.3.1.2 Technische Daten.....	18
3.3.2 TruStore Serie 3000.....	19
3.2.2.1 Beschreibung.....	19
3.2.2.2 Technische Daten.....	20
3.3.3 Arbeitsverlauf.....	21
<b>4. Auslegung und Bewertung der Lösungsvarianten</b> .....	<b>23</b>
4.1 Gewichtung der Bewertungskriterien.....	23
4.2 Gewichtete Punktbewerbung.....	24
4.3 Die mögliche Lösung.....	24
<b>5. Darstellung des Zusammenhangs in der Lösung 3</b> .....	<b>26</b>
<b>6. Zusammenfassung</b> .....	<b>29</b>
<b>7. Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>30</b>
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>31</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>32</b>

## 1. Einleitung

Seit vielen Jahren wird die Automatisierung zunehmend in der Produktionstechnik eingesetzt. Industrielle Automatisierung ersetzt meist risikoreich, monoton, hochfrequent menschliches Verhalten durch automatische Geräte. Außerdem hat die Automatisierung viele Vorteile. Zum Beispiel werden die Personalkosten eingespart. Die Produktqualität wird verbessert. Und die Gestaltung von den Materialflüssen wird immer sicherer und effizienter. In dieser Bachelorarbeit werden mehrere Konzepte für die Komplettbearbeitung von Sägeblättern erstellt. Diese Konzepte werden unter Berücksichtigung technischer und organisatorischer Verkettungsaspekte der Grundkörper- und Sägezahn-Herstellung untersucht und analysiert. Ein bestes Konzept wird gemäß mehreren Bewertungskriterien ausgewählt und detailliert erklärt. Der Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Ausgangsteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für das bevorzugte Konzept dargestellt.

## 2. Herstellung von Sägeblättern

Ein komplettes Sägeblatt besteht aus einem Grundkörper und Schneidköpfen. Es ist ein sehr wichtiger Prozess, der Grundkörper und die Schneidköpfe zu verbinden. Es gibt verschiedene Verfahren zur Verbindung von dem zwei Teile.

### 2.1 Sintern

Das Verfahren wird in Kaltpresssintern und Heißpresssintern unterteilt. Sintermetallgebundene Diamantklingen sind der häufigste Klingentyp. Die Sintertechnologie verlängert die Lebensdauer der Diamantklingen. Gesinterte Klingen sind langlebig, da der Diamant mit dem Metall gemischt und auf die Kante der Klinge geklebt wird, nicht nur auf eine Beschichtung.

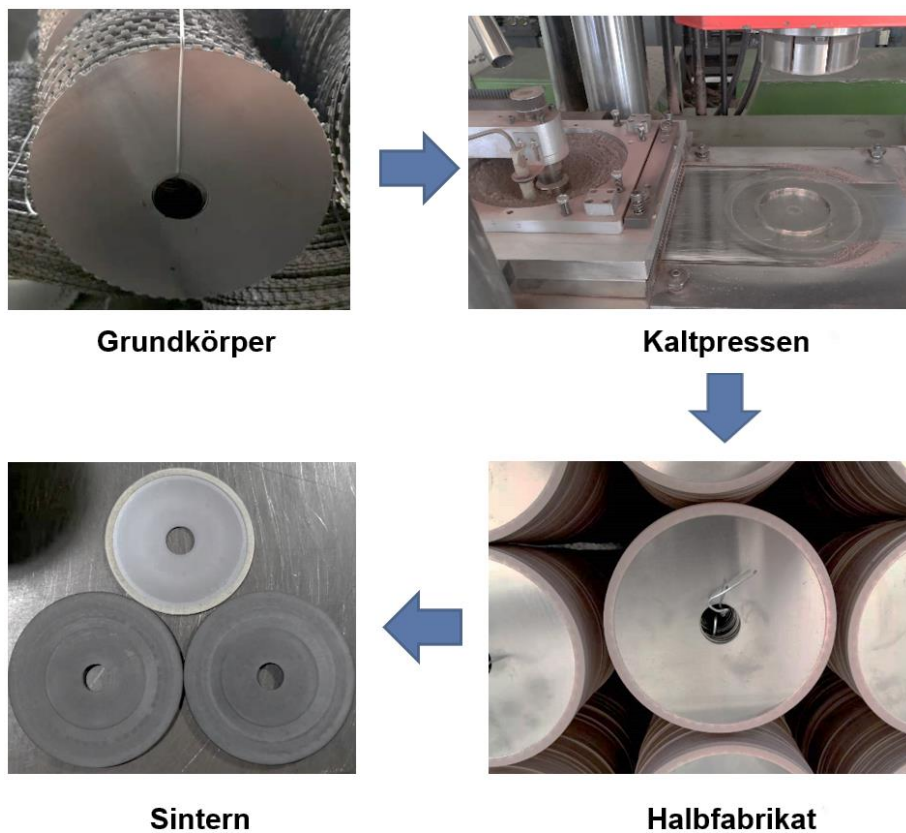


Abb. 1: Kaltpresssintern

## 2.2 Schweißen

Es gibt zwei Arten des Verfahrens, also Hochfrequenzschweißen und Laserschweißen. Beim Hochfrequenzschweißen werden der Schneidkopf und der Grundkörper mit einem Hochtemperatur-schmelzmedium zusammenschweißt. Beim Laserschweißen wird die Kontaktkante des Schneidkopfs und des Grundkörpers mit einem Hochtemperaturlaserstrahl geschmolzen, um eine metallurgische Verbindung herzustellen.

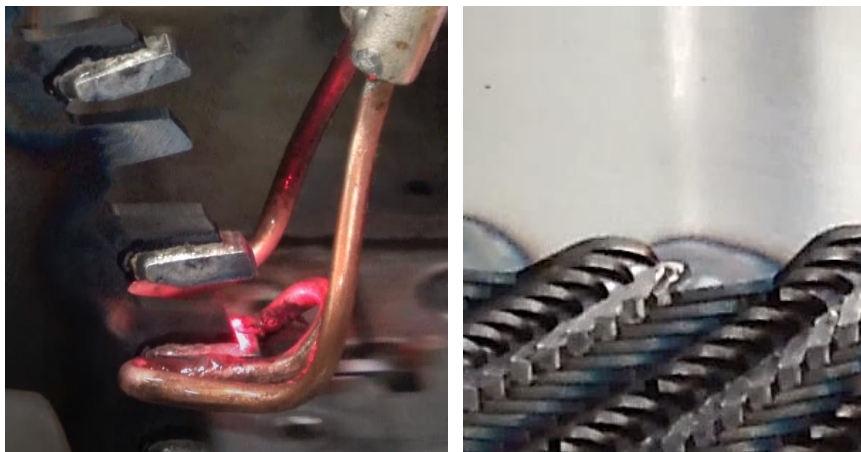


Abb. 2: Hochfrequenzschweißen

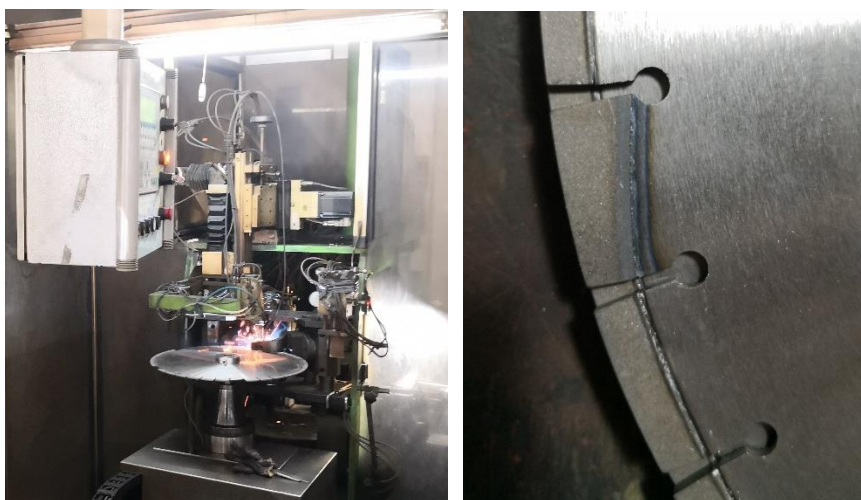


Abb. 3: Laserschweißen



## 2.3 Vakuumlöten

Vakuumgelötete Diamantklingen werden hergestellt, indem synthetische Diamantpartikel in einem Vakuumlöten an die Außenkante des Kreissägeblattes geschweißt werden. Alle Diamantpartikel befinden sich an der äußeren Schneide der Klinge, ohne Bond-Diamant-Segmente wie bei anderen Klingen. Sie sind ideal für trockene Anwendungen und die Klinge hält bei Verwendung mit Wasser länger.



Abb. 4: Vakuumofen



Abb. 5: Diamantsägeblatt

### **3. Herstellung vom Grundkörper**

Es werden drei Lösungsvarianten von der Herstellung des Grundkörpers in dieser Bachelorarbeit untersucht. Im Herstellungsprozess von dem Grundkörper des Sägeblattes gibt es hauptsächlich Bearbeitungsmethoden wie Stanzen und Laserschneiden.

#### **3.1 Lösung 1**

Bei der ersten Lösungsvariante wird der Grundkörper durch das Stanzen hergestellt. Das Rohmaterial für diese Produktionsmethode sind Stahlspulen. Die Stahlspule wird durch ein Transportsystem zu den Stanzautomat transportiert und bearbeitet.

Bei der Lösungsvariante werden CSP 100 Stanzautomat und Schuler Bandzuführanlagen der Power Line gewählt.

##### **3.1.1 CSP 100 Stanzautomat**

Die Matrize von dem Grundkörper wird auf den Maschinentisch befestigt. Das Rohmaterial wird durch die Bandzuführanlage zu der Matrize transportiert und gestanzt. Dann wird der Grundkörper hergestellt.





Abb. 6: CSP 100 Stanzautomat

### 3.1.1.1 Beschreibung

Die individuelle Anpassung der Hubhöhe in Verbindung mit einer reversierenden Bewegung des Torquemotors (Pendelhub) führt zu einer deutlichen Ausbringungssteigerung im Vergleich zu konventionell angetriebenen Pressen.

Das schmieröl- und spielfreie Antriebskonzept verfügt über zwei elektrisch gekoppelte, frei programmierbare Antriebseinheiten mit Torquemotor und Kniegelenk. [1]

- Schnelle und flexible Anpassung der Stößelbewegung an das Werkstück durch vorprogrammierte Kurven für alle gängigen Prozesse oder durch freie Programmierung mit optionalem Kurvengenerator

- Das energieeffiziente Gesamtkonzept ermöglicht eine um mehr als 50 Prozent reduzierte elektrische Leistungsaufnahme
- Integrierter Wartungsplan mit innovativer Zustandsüberwachung

### 3.1.1.2 Technische Daten

<b>CSP 100</b>		
Höhe der Presse	3320	mm
Breite der Presse	1225	mm
Tiefe der Presse	2520	mm
Presskraft	1000	kN
Stößelfläche	550 × 460	mm x mm
Durchgang im Ständer (nach hinten)	410	mm
Aufspannplatte	950 × 660	mm x mm
Öffnung im Tisch (nach unten)	280 × 590	mm x mm
Stößelverstellung	80	mm
Hubzahl	3–130	1/min
Stößelhub	20–160	mm
Einbauhöhe	370	mm
Gewicht mit Grundausstattung	7500	kg

Tab. 1: Technische Daten von CSP 100

### 3.1.2 Bandzuführanlagen

Die Bandanlage besteht aus einer Abwickelhaspel mit einer Andrückrolle, der Richtmaschine und der Band schlaufensteuerung mit Ultraschallsensor. Außerdem wird ein Walzenvorschub mithilfe eines Anbauwinkels zum Vortreiben des Bandmaterials einlaufseitig an der Stanzautomat angebracht.

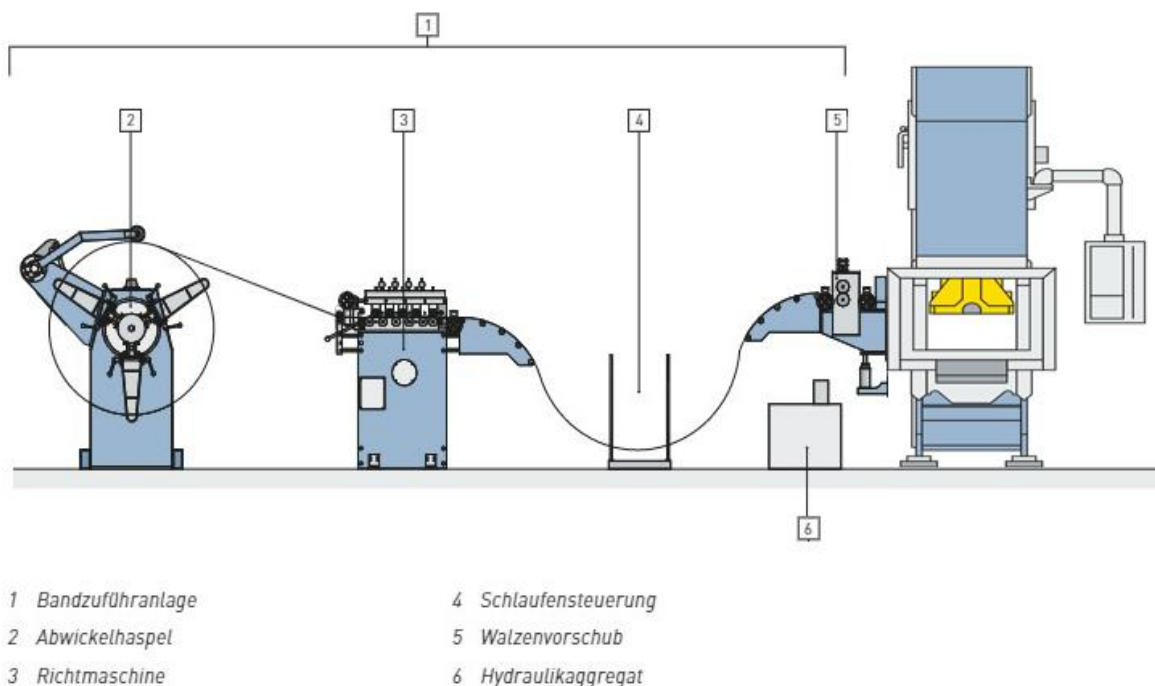


Abb. 7: Bandzuführanlagen

#### 3.1.2.1 Beschreibung

- Präzision und Prozesssicherheit
  - Außerhalb der Toleranz liegende Banddicken werden erkannt und die Informationen an die Pressensteuerung weitergeleitet.
  - Der Präzisionsvorschub kann mit unterschiedlichen Vorschüben ausgestattet werden. Die Vorschubgenauigkeit beträgt  $\pm 0,05$  mm.

- Flexibilität
  - Anlagen und Komponenten sind direkt verfügbar
  - Verschiedene Gewichtsklassen bis 30 t werden unterstützt
  
- Automatisierung nach Anforderung
  - Rüstachsen motorisiert oder manuell verstellbar
  - Visualisierung der Achsbewegungen

### 3.1.2.2 Technische Daten

<b>Abwickelhaspel 650-L</b>		
Coilgewicht max.	13,5	t
Bandbreite min.	140	mm
Bandbreite max.	650	mm
Banddicke min.	0,5	mm
Banddicke max.	4,0	mm
Bandquerschnitt max.	1300	mm <sup>2</sup>
Richtwalzen Ø	53	mm
Schlaufenradius	1000	mm

Tab. 2: Technische Daten vom Abwickelhaspel 650-L

<b>Walzenvorschub 650-L</b>		
Bandbreite min.	60	mm
Bandbreite max.	650	mm
Banddicke min.	0,5	mm
Banddicke max.	4,0	mm
Bandbeschleunigung max.	45	m/s <sup>2</sup>
Schlaufenradius	1000	mm

Tab. 3: Technische Daten vom Walzenvorschub 650-L

### 3.1.3 Arbeitsverlauf

Die Stahlspule wird auf eine Abwickelhaspel gestellt. Zum erst wird die Stahlspule durch die Richtmaschine nivelliert. Dann wird sie durch den Walzenvorschub zu die Stanzautomat transportiert. Die Fertigteile werden durch einen mechanischen Aufbau gesammelt. Der Stanzabfall wird aufgewickelt und steht für die weitere Materiallogistik zur Verfügung.



Abb. 8: Arbeitsverlauf vom Stanzen

## 3.2 Lösung 2

Bei der zweiten Lösungsvariante wird der Grundkörper durch das Laserschneiden hergestellt. Das Rohmaterial für diese Produktionsmethode sind Rohbleche. Das Rohbleche wird durch dem Saugerrahmen auf die Palette gelegt. Dann wird es zu dem Arbeitsbereich transportiert und durch den Laser geschnitten. Danach trennt eine Ausstattung Fertigteile schnell aus dem Restgitter. Die Fertigteile und die Restgitter werden getrennt auf anderen Paletten gesammelt.

Bei der Lösungsvariante werden Trulaser 3030 Laserschneidmaschine und LiftMaster gewählt. LiftMaster ist eine automatische Ausstattung, die das Rohmaterial flexibel beladen, entladen und sortieren kann.

### 3.2.1 TruLaser 3030



Abb. 9: Trulaser 3030 Laserschneidmaschine

#### 3.2.1.1 Beschreibung

Die Laserschneidmaschine TruLaser 3030 mit CO<sub>2</sub>-Laser vereint

hohe Leistung mit Schnittqualität, die ihresgleichen sucht. Der Laser TruFlow, robust und zuverlässig, verschafft spiegelglatte Schnittkanten, die meist komplett ohne Nachbearbeitung auskommen. Durch kompakte Maschinenabmessungen und ein einfaches Bedienkonzept ist die TruLaser 3030 ein perfektes Gesamtpaket für die Produktion der Laserschneidteile.[2]

- Mit dem CO<sub>2</sub>-Laser TruFlow kann man beste, mikrogratfreie Schneidergebnisse erreichen.
- Dank BrightLine kann man im Edelstahl spiegelglatte Schnittkanten erzielen.
- Mit der Funktion CoolLine kann man selbst kleine Konturen in dickem Baustahl schaffen.
- Condition Guide hat den Zustand der Maschine immer im Blick.

### 3.2.1.2 Technische Daten

<b>TruLaser 3030</b>		
<b>Abmessung</b>		
Länge	9300	mm
Breite	4700	mm
Höhe	2200	mm
<b>Max. Geschwindigkeit</b>		
Simultan	140	m/min



<b>Arbeitsbereich</b>		
X-Achse	3000	mm
Y-Achse	1500	mm
Max. Werkstückgewicht	900	kg

Tab. 4: Technische Daten von TruLaser 3030

### 3.2.2 LiftMaster

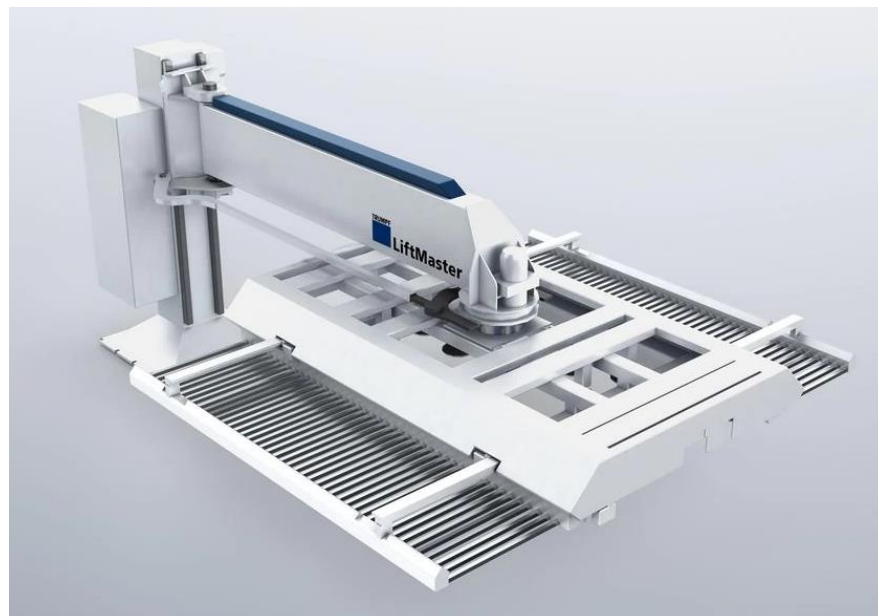


Abb. 10: LiftMaster

#### 3.2.2.1 Beschreibung

Die Automatisierungslösung LiftMaster deckt dank unterschiedlicher Aufstellvarianten eine große Bandbreite an Funktionen ab. Diese reichen vom einfachen Be- und Entladen über die Palettenhandhabung bis hin zur Teileentnahme. Den Grundbaustein bildet der Saugerrahmen. Er enthält sowohl Tragsauger für den Transport des Rohblechs als auch Rechenzinken für die Beförderung der geschnittenen Tafel. Dank

Sortierfunktion trennt der LiftMaster auch Fertigteile vom Restgitter und legt diese ab. [3]

- Der LiftMaster handhabt die Teile kratzerarm.
- Der Schwenkarm des LiftMaster passt sich automatisch den Gegebenheiten der Anwendung an.
- Der LiftMaster arbeitet ohne Aufsicht 24 Stunden am Tag prozesssicher.
- Für einen kompletten Be- oder Entladezyklus inklusive Palettenwechsel benötigt der LiftMaster nur vier Minuten.

### 3.2.2.2 Technische Daten

<b>LiftMaster Großformat</b>		
<b>Beladen</b>		
Max. Blechformat	3000 x 1500	mm x mm
Min. Blechformat	1000 x 1000	mm x mm
Max. Blechdicke	25	mm
Max. Blechgewicht	1600	kg
<b>Entladen</b>		
Max. Blechformat	4000 x 2000	mm x mm
Min. Blechformat	150 x 150	mm x mm
Max. Blechdicke	25	mm
Max. Blechgewicht	1260	kg
Max. Teilegröße	150 x 150	mm x mm

Tab. 5: Technische Daten vom LiftMaster

### 3.2.3 Arbeitsverlauf

Das Layout der Anlagen ist wie folgendes Bild.

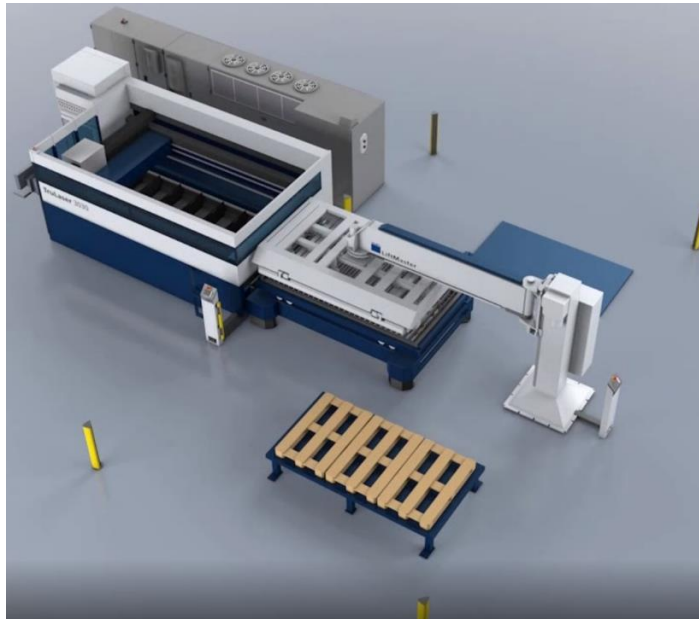


Abb. 11: Layout der Anlagen

Zum erst werden die Position von den Rohblechen und die Position von der Palette für die Fertigteile gestellt. Dann werden die Rohbleche in der Position gelegt. Nach der Programmierung von der Lasermaschine wird ein Rohblech auf der Palette durch die LiftMaster beladen.

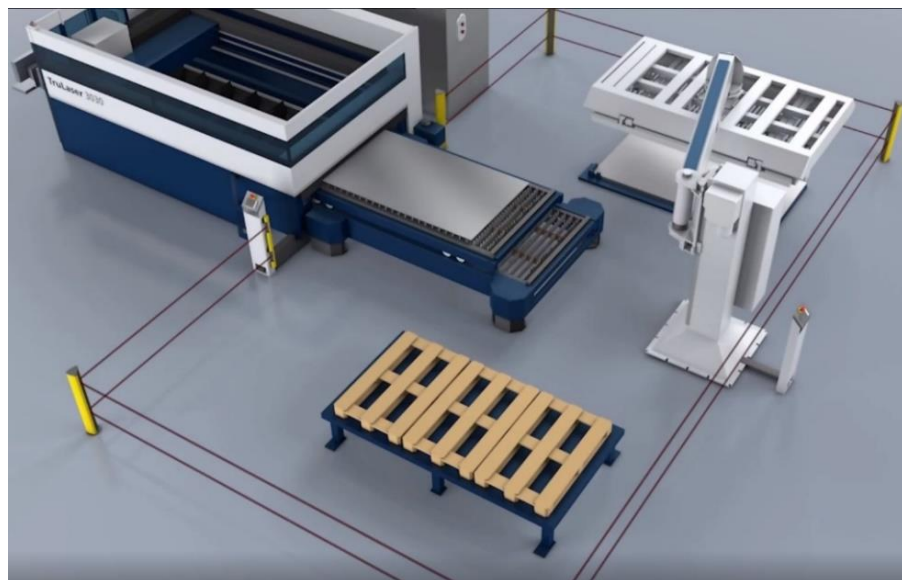


Abb. 12: Beladen des Rohbleches

Nachdem, dass das Laserschneiden fertig ist, werden die Fertigteile durch die LiftMaster auf eine Palette entladen. Und das Restgitter auf eine andere Palette entladen.

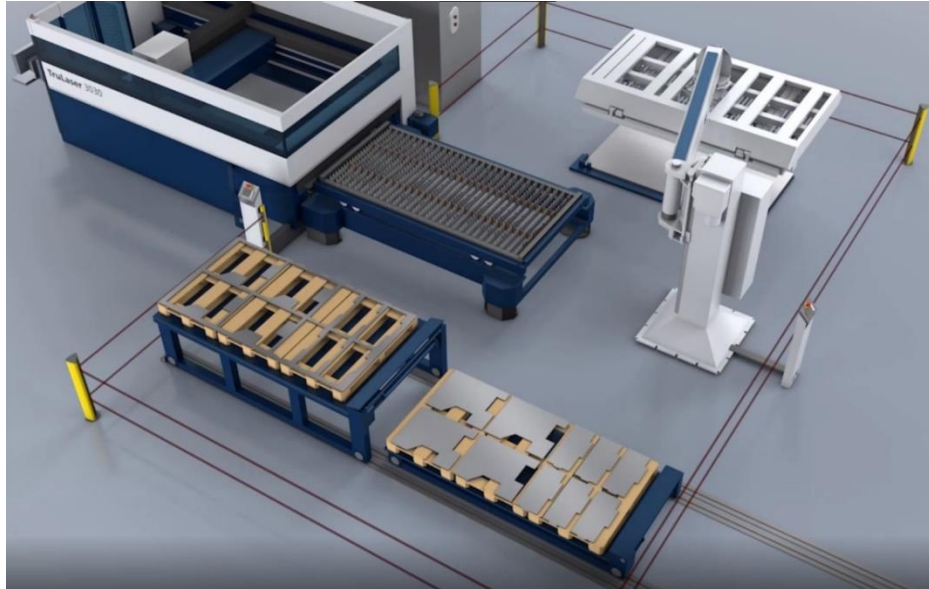


Abb. 13: Entladen der Fertigteile und der Restgitter

### 3.3 Lösung 3

Bei dieser Lösung wird der Grundkörper auch durch die Trulaser 3030 Laserschneidmaschine hergestellt. Aber die Lösung ist nicht gleich mit der Lösung 2 aus organisatorischer Verkettungsaspekte.

Die Lasermaschine wird mit einer Komponente verbunden. Die Komponente ist LiftMaster Store. Sie ist die schnellste Lageranbindung mit Mehrmaschinenanbindung. Um höhere Produktivität zu erreichen, wird die LiftMaster Store mit dem TruStore Serie 3000 Lager verbunden. So kann das Produkt rund um die Uhr hergestellt.

### 3.3.1 LiftMaster Store



Abb. 14: LiftMaster Store

#### 3.3.1.1 Beschreibung

Die direkt ans Lager angebundene Portallösung LiftMaster Store benötigt nur wenig Platz, schafft dafür aber umso mehr Spielraum für die Gestaltung Ihrer Produktion. Dabei helfen dem LiftMaster Store eine Reihe bewährter TRUMPF Technologien. Etwa der Saugerrahmen mit Rechen zum automatisierten Be- und Entladen oder der Synchronloader zur Steigerung der Produktivität. Mit dem unabhängigen Regalbediengerät greift der LiftMaster Store schnell auf Paletten im Lager zu. Deshalb ist er besonders geeignet für die automatische Restgittertrennung. Eine Anbindung an bis zu drei Maschinen mit mehreren Stationen ermöglicht der LiftMaster Store Linear.[4]

- Per Regalbediengerät greift der LiftMaster Store direkt aufs Lager zu.
- Für einen kompletten Be- oder Entladezyklus inklusive Palettenwechsel mit dem Synchronloader benötigt der LiftMaster Store nur 100 Sekunden.
- Produzieren Sie in einem Hub und unter einer Minute je Tafel.

### 3.3.1.2 Technische Daten

<b>LiftMaster Store Großformat 1530</b>		
<b>Beladen</b>		
Max. Blechformat	3000 x 1500	mm x mm
Min. Blechformat	1000 x 1000	mm x mm
Max. Blechdicke	25	mm
Max. Blechgewicht	900	kg
<b>Entladen</b>		
Max. Blechformat	3000 x 1500	mm x mm
Min. Blechformat	150 x 150	mm x mm
Max. Blechdicke	25	mm
Max. Blechgewicht	900	kg

Tab. 6: Technische Daten vom LiftMaster Store

### 3.3.2 TruStore Serie 3000



Abb. 15: TruStore Serie 3000 Lager

#### 3.3.2.1 Beschreibung

Das Kompaktlager TruStore Serie 3000 wächst mit Ihren Anforderungen, senkt den Platzbedarf und ist ausbaubar bis zum vollautomatischen System. Die TruStore Serie 3000 erhalten Sie standardmäßig mit Lagerturm und Regalbediengerät. Die Höhe Ihres Lagers wählen Sie aus 15 möglichen Stufen, dabei sind die Lagerfächer auf 90 oder 170 mm einstellbar. Das Lager lässt sich bequem an Ihre TRUMPF 2D-Laserschneidanlage, Stanzmaschine oder Stanz-Laser-Maschine anbinden. Nach dem Baukastenprinzip ist es jederzeit modular erweiterbar.[5]



- Steigern Sie Ihre Maschinenauslastung um 100 % – durch eine unbeaufsichtigte Schicht.
- Mit der TruStore Serie 3000 sparen Sie bis zu 85 % Fläche ein.
- Lagern Sie bis zu 222 Tonnen im Großformat.
- Jederzeit umbauen oder erweitern durch das modulare Prinzip.

### 3.3.2.2 Technische Daten

<b>TruStore Serie 3000 Großformat</b>		
Max. Blechformat	3048 × 1524	mm x mm
Max. Systemhöhe	8250	mm
Beladehöhe je Palette	90	mm
Max. Gewicht je Palette	3000	kg
Max. Palettenanzahl	74	
Max. Lagerkapazität	222	t

Tab. 7: Technische Daten vom TruStore Serie 3000

### 3.3.3 Arbeitsverlauf

Die Kombination dieser ausgewählten Maschinen sieht wie im Bild unten aus



Abb. 16: Fertigungszentrum

Nachdem, dass die Rohbleche bearbeitet werden, nimmt der Entladerechen die fertig bearbeitete Blechtafel vom Palettenwechsler auf. Gleichzeitig bewegt eine Palette sich unter dem Entladerechen. Unter der Palette wird ein neues Rohblech durch den Vakuumsauger gehoben. Auf der Palette sind die Fertigteile. Wenn der Entladerechen die Fertigteile entladet, wird das neue Rohblech auf die Lasermaschine beladen.

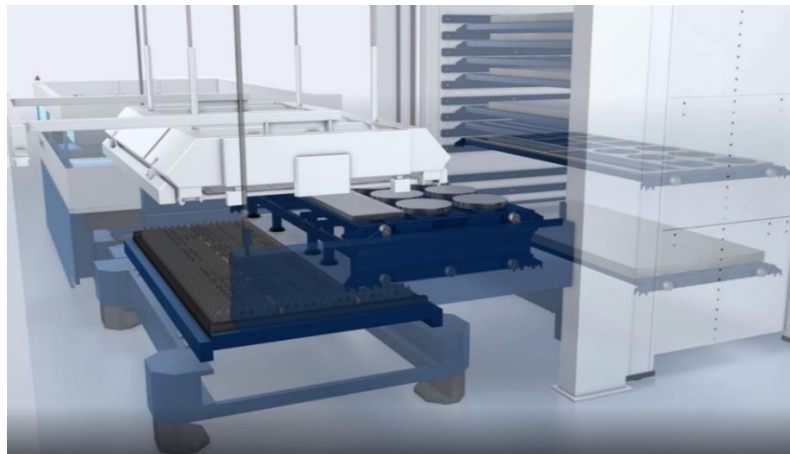


Abb. 17: Entladen der Fertigteile und Beladen des Rohbleches

Das Restgitter wird auf eine andere Palette entladen.

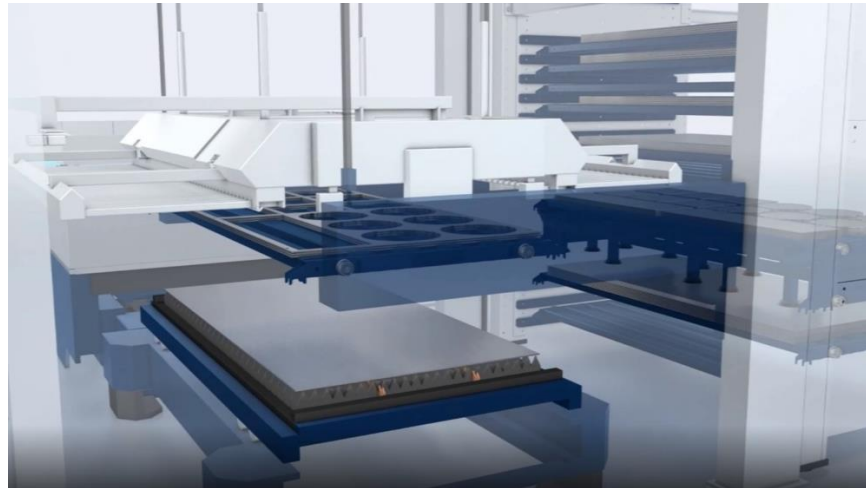


Abb. 18: Entladen der Restgitter

Mit der Verwendung von dem LiftMaster Store und dem TruStore Serie 3000 können maximal drei Laserschneidmaschinen verbunden werden. Also ein LiftMaster Store kann gleichzeitig drei Maschinen dienen.



Abb. 19: Mehrmaschinenanbindung mit LiftMaster Store und TruStore 3030

## 4. Auslegung und Bewertung der Lösungsvarianten

Um eine beste Lösungsvariante auszuwählen, sollen die Lösungsvarianten unter folgenden Bewertungskriterien bewertet werden.

- Investitionskosten
- Präzision
- Qualität
- Flexibilität
- Produktivität
- Energieeffizienz

### 4.1 Gewichtung der Bewertungskriterien

Zum erst werden verschiedene Bewertungskriterien paarweise verglichen.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	Summe	%
1. Investitionskosten		0	0	0	0	1	1	3,33%
2. Präzision	2		1	2	2	2	9	30%
3. Qualität	2	1		2	2	2	9	30%
4. Flexibilität	2	0	0		1	2	5	16,67%
5. Produktivität	2	0	0	1		2	5	16,67%
6. Energieeffizienz	1	0	0	0	0		1	3,33%
Summe							30	100%

Tab. 8: Gewichtung mithilfe des Paarvergleichs

0= Zeile weniger wichtig als Spalt

1= Zeile gleich wichtig als Spalt

2= Zeile wichtiger als Spalt

## 4.2 Gewichtete Punktbewerbung

Dann werden für jede Lösungsalternative je nach Erfüllungsgrad des Kriteriums Punktwerte vergeben.

	<b>Wichtung</b>	Lösung 1	Lösung 2	Lösung 3
1. Investitionskosten	3,33%	8	5	4
2. Präzision	30%	5	8	8
3. Qualität	30%	5	8	8
4. Flexibilität	16,67%	4	7	9
5. Produktivität	16,67%	6	6	7
6. Energieeffizienz	3,33%	8	6	6
Summe		5,1998	7,3352	7,8023

Tab. 1: Gewichtete Punktbewerbung

Summe =  $\sum(\text{Wichtung} \times \text{Erfüllungsgrad})$

Erfüllungsgrad von 0 - 9

Erfüllungsgrad 0 entspricht Lösung erfüllt das Kriterium nicht

Erfüllungsgrad 9 entspricht Lösung erfüllt das Kriterium vollständig

## 4.3 Die mögliche Lösung

Nach dem Vergleich zur gewichteten Punktbewerbung kann man sehen, dass die Lösung 3 ist eine optimale Lösung. Die Begründungen werden detailliert erklärt.

Außer den Investitionskosten und der Energieeffizienz hat die Lösung 3 viele Vorteile.

- **Präzision und Qualität**

Die Herstellungsmethoden vom Stanzen und Laserschneiden sind total unterschiedlich. Das Rohmaterial verformt sich unter dem Druck des Stanzautomaten. Deshalb wird die Struktur des Materials zerstört. Und die Ränder von den Fertigteilen sind sehr rau. Aber das Laserschneiden beschädigt das Material nicht.

- **Flexibilität**

Bei der Herstellung durch den Stanzautomat muss man viele verschiedene Matrizen und Stahlspulen mit verschiedenen Abmessungen vorbereiten. Es braucht viel Zeit, wenn man die Matrize wechselt oder das Rohmaterial beladet. Aber mit der Laserschneidmaschine kann man die Abmessungen einfach stellen und die Rohbleche einfach beladen. Danach braucht man nicht immer um den Materialfluss zu sorgen.

- **Produktivität**

Bei der Lösung 3 wird der LiftMaster Store verwendet. Er kann sogar drei Laserschneidmaschinen zu gleicher Zeit dienen. Mithilfe des TruStore Serie 3000 Lagers werden viele Rohbleche gelagert. Deshalb können die Maschinen rund um Uhr arbeiten und kann die Produktivität sehr hoch werden.

## 5. Darstellung des Zusammenhangs in der Lösung 3

Das Fertigungszentrum der Lösung 3 ist nicht gleich wie normale Fertigungszentrum. Es hat kein langes Fließband. Der Materialfluss wird durch den Saugerrahmen und die bewegbaren Paletten des TruStore Lagers realisiert. Das Rohblech kommt aus dem Lager. Die Fertigteile und die Restgitter kehren wieder in dem Lager zurück.

Um die Fertigteile schnell aus der Restgitter zu trennen, ist der Saugerrahmen zusätzlich mit spreizbaren Greifern ausgerüstet, die das Restgitter im Entladerechen aufnehmen. Die Gutteile verbleiben im geschlossenen Entladerechen und können auf einem Entladeplatz abgelegt werden. Der Saugerrahmen legt anschließend das Restgitter ab.

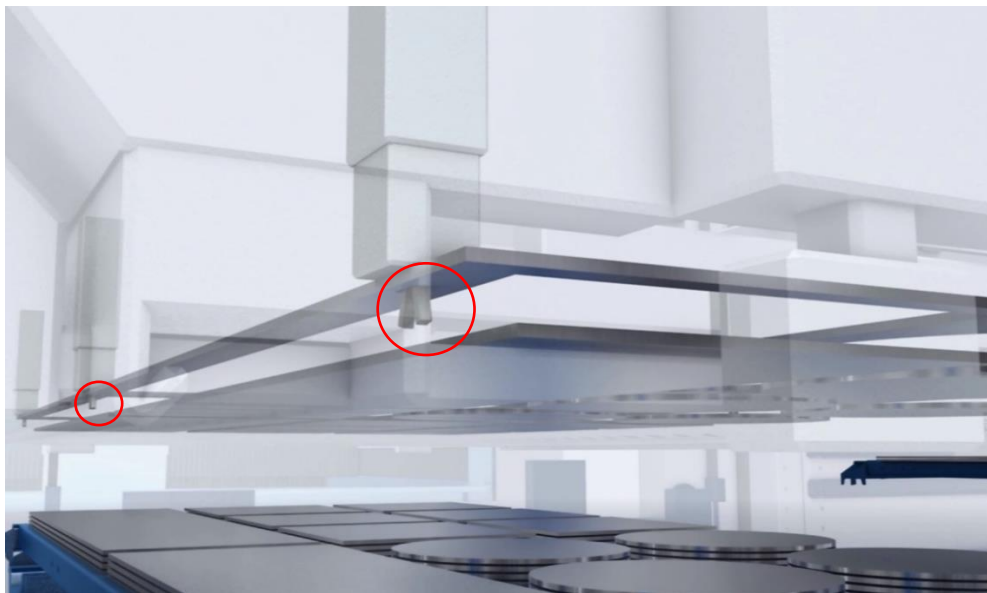


Abb. 20: Spreizbare Greifer

Die Handhabung der Laserschneidmaschine ist sehr einfach und bedienerfreundlich. Mit der MobileControl App werden die Maschinen einfach und flexibel bedient und kontrolliert, denn die App überträgt die Oberfläche des Standardbedienpults auf den Touchscreen des Tablets.



Die App ermöglicht die Benutzer, an unterschiedlichen Orten im Arbeitsumfeld der Maschine, zum Beispiel dem Abräumplatz, Maschineninformationen abzurufen oder Programmwechsel vorzunehmen.

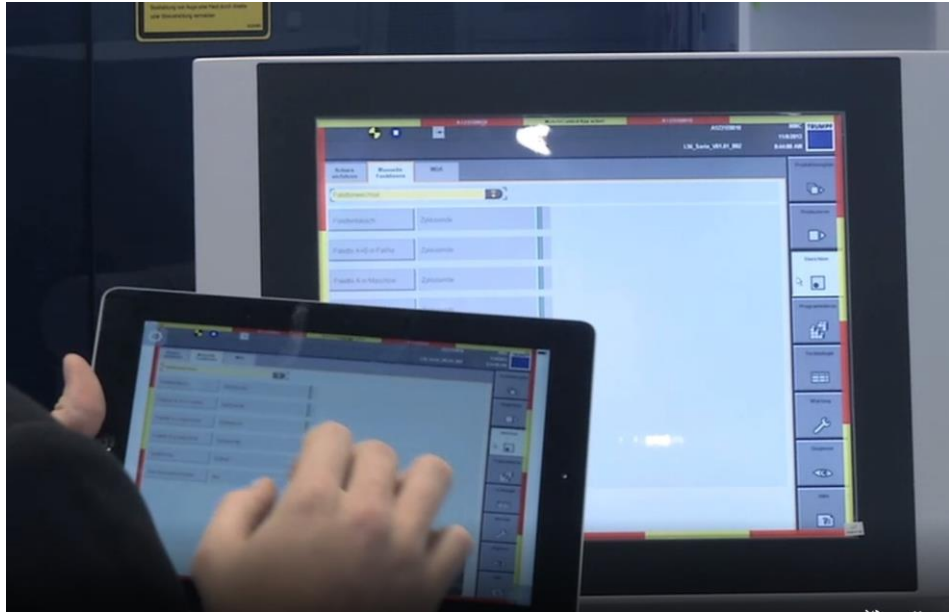


Abb. 21: MobileControl App

Das Beispiel der Lösung 3 besteht aus zwei Laserschneidmaschinen, einem Transportsystem und einem Lager.

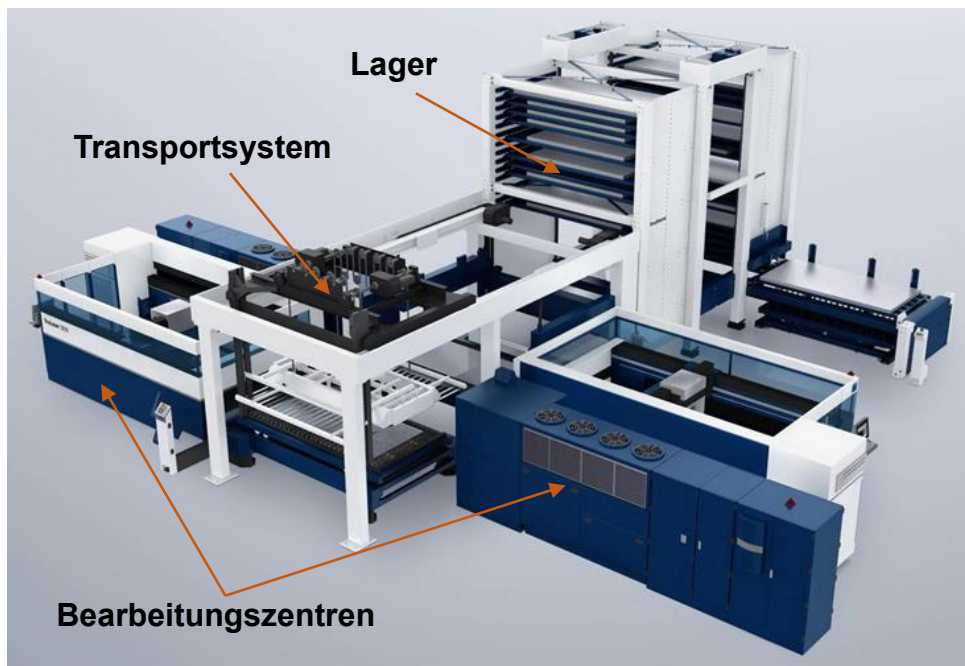


Abb. 22: Bestandteile der Lösung 3

Der gesamte Bearbeitungsprozesse wird wie in der Abbildung. 23 dargestellt.

- Der Palettentransport und Palettenregal werden durch DNC gesteuert. Dadurch können die Rohbleche entnommen werden und die Fertigteile in dem Lager gelagert werden.
- Das Transportsystem hebt die Rohbleche aus der Hilfspalette ab und auf der Lesermaschine legt. Nach der Bearbeitung transportiert das Transportsystem die Fertigteile und die Restgitter zu der Hilfspalette.
- Die Werkzeugmaschinen werden durch die rechnergestützte numerische Steuerung gesteuert.

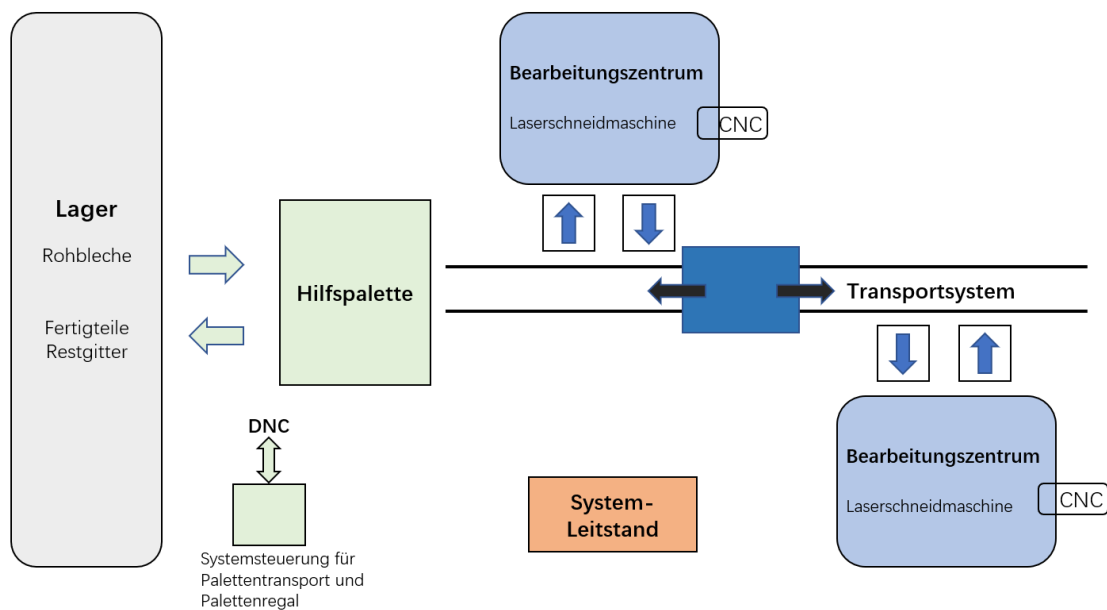


Abb. 23: Prinzipielles Systemlayout des flexiblen Fertigungssystem

## 6. Zusammenfassung

Das Ziel der Bachelorarbeit ist Erstellung eines Fertigungszentrum, das mit der Automatisierung die Grundkörper von Sägeblättern bearbeiten kann. Zum erst werden die allgemeinen Herstellungsmethoden von den kompletten Sägeblättern vorgestellt. Dann werden drei Lösungsvarianten aus verschiedenen organisatorischer Verkettungsaspekte erstellt. Zuletzt wird eine Lösungsvariante mit flexibler Automatisierung mithilfe der gewichteten Punktbewertung ausgewählt. Die optimale Lösungsvariante ist flexibel und hoch hochautomatisiert. Das LiftMaster Store Transportsystem kann mit bis zu drei Laserschneidmaschinen verbinden. Das flexible Fertigungssystem kann rund um Uhr arbeiten. Es ist eine effiziente Lösung zur Reduzierung von Kosten und Zeit.

## 7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 5:

<http://www.hcdiamond.com/uploadfile/image/20170817/20170817135312231223.jpg>

Abb. 6:

[https://servopresses.schulergroup.com/de/\\_pool/bilder/produktbilder\\_csp-100\\_01.jpg](https://servopresses.schulergroup.com/de/_pool/bilder/produktbilder_csp-100_01.jpg)

Abb. 7:

[https://www.schulergroup.com/major/download\\_center/broschueren\\_uebersichten/download\\_uebersichten/uebersicht\\_broschuere\\_produkte\\_blechumformung\\_d.pdf](https://www.schulergroup.com/major/download_center/broschueren_uebersichten/download_uebersichten/uebersicht_broschuere_produkte_blechumformung_d.pdf)

Abb. 8:

[https://www.schulergroup.com/major/download\\_center/broschueren\\_minting/download\\_minting/minting\\_broschuere\\_blankmaster\\_herstellung\\_muenzronden\\_d.pdf](https://www.schulergroup.com/major/download_center/broschueren_minting/download_minting/minting_broschuere_blankmaster_herstellung_muenzronden_d.pdf)

Abb. 9:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Processed/\\_processed\\_/1/1/csm\\_Trulaser-3030-L20-product-picture\\_071755114c\\_37d7b79484.jpg](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Processed/_processed_/1/1/csm_Trulaser-3030-L20-product-picture_071755114c_37d7b79484.jpg)

Abb. 10:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Processed/\\_processed\\_/e/3/csm\\_LiftMaster-product-picture\\_4aa12bc686\\_fb083395cf.jpg](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Processed/_processed_/e/3/csm_LiftMaster-product-picture_4aa12bc686_fb083395cf.jpg)

Abb. 11, Abb.12, Abb. 13:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Machines\\_and\\_Systems/Automation/2D\\_laser\\_cutting/LiftMaster/LiftMaster-product-video-DE.mp4](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Machines_and_Systems/Automation/2D_laser_cutting/LiftMaster/LiftMaster-product-video-DE.mp4)

Abb. 14:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Processed/\\_processed\\_/8/c/csm\\_LiftMaster-Store-product-picture\\_fb11f07273\\_4d70a66185.jpg](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Processed/_processed_/8/c/csm_LiftMaster-Store-product-picture_fb11f07273_4d70a66185.jpg)

Abb. 15:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Processed/\\_processed\\_/0/b/csm\\_Trustore-Series-3000-product-picture\\_b9a39a7c93\\_d29460f915.jpg](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Processed/_processed_/0/b/csm_Trustore-Series-3000-product-picture_b9a39a7c93_d29460f915.jpg)

Abb. 16, Abb. 17, Abb. 18, Abb. 20:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Machines\\_and\\_Systems/Automation/2D\\_laser\\_cutting/LiftMaster\\_Store/LiftMaster-Store-Film-loading-synchronously-DE.mp4](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Machines_and_Systems/Automation/2D_laser_cutting/LiftMaster_Store/LiftMaster-Store-Film-loading-synchronously-DE.mp4)

Abb. 19:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Processed/\\_processed\\_/9/c/csm\\_LiftMaster-Store-multi-machine-connection\\_a2cbbeec8d\\_c2a71f2028.jpg](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Processed/_processed_/9/c/csm_LiftMaster-Store-multi-machine-connection_a2cbbeec8d_c2a71f2028.jpg)

Abb. 21:

[https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF\\_Master/Products/Machines\\_and\\_Systems/01\\_Options/MS-options-MobileControl-App-DE.mp4](https://www.trumpf.com/filestorage/TRUMPF_Master/Products/Machines_and_Systems/01_Options/MS-options-MobileControl-App-DE.mp4)

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] <https://servopresses.schulergroup.com/de/Die-MSP-Baureihe/CSP-100/index.html>
- [2] [https://www.trumpf.com/de\\_DE/produkte/maschinen-systeme/2d-laserschneidmaschinen/trulaser-3030-3040/](https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/2d-laserschneidmaschinen/trulaser-3030-3040/)
- [3] [https://www.trumpf.com/de\\_DE/produkte/maschinen-systeme/automatisierung/automatisierung-fuer-2d-laserschneidmaschinen/liftmaster/](https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/automatisierung/automatisierung-fuer-2d-laserschneidmaschinen/liftmaster/)
- [4] [https://www.trumpf.com/de\\_DE/produkte/maschinen-systeme/automatisierung/automatisierung-fuer-2d-laserschneidmaschinen/liftmaster-store/](https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/automatisierung/automatisierung-fuer-2d-laserschneidmaschinen/liftmaster-store/)
- [5] [https://www.trumpf.com/de\\_DE/produkte/maschinen-systeme/lagersysteme/trustore-serie-3000/](https://www.trumpf.com/de_DE/produkte/maschinen-systeme/lagersysteme/trustore-serie-3000/)

---

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen stammen, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht. Ich bin weder vorbestraft, noch wurde gegen mich ein Ermittlungsverfahren eingeleitet.

Merseburg, den 04. 05. 2021

Zhengyuan Jiang