



# Hochschule Merseburg

Fachbereich Ingenieur und Naturwissenschaften  
Studiengang Mechatronik, Industrie- u. Physiktechnik

---

## Bachelorarbeit

**Thema:**

**Erstellung eines Konzeptes für ein Magnet-Umform-Zentrum  
für Blechteile aus Tiefzieh-Stahlblech unter Berücksichtigung  
der Handhabung von Ausgangs- und Fertigteil**

vorgelegt von: Jizhou Zhang

Matrikelnummer: 20099

Fachrichtung: Mechatronik

zur Erlangung des akademischen Grades

Bachelor of Engineering (B.Eng.)

Betreuer: Prof.Dr.-Ing.Rolf Kademann

Dipl.-Ing.(FH) Thomas Kirchhofer

Abgabe am: 23.03.2017

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Grundlage.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Fertigungssystem.....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Vorbemerkungen.....	5
2.1.3 Einsatzcharakteristika für FFS.....	6
2.1.4 Planungsgrundlagen für FFS.....	8
2.1.5 Hauptkomponenten des FFS.....	10
2.1.6 Das Maschinenkonzept im FFS.....	11
<b>2.2 Tiefziehen.....</b>	<b>13</b>
<b>2.3 Magnet-Umformung.....</b>	<b>16</b>
<b>3. Lösungen der technischen Einrichtungen.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Grundlage der Anlage von elektromagnetischen Umformung... 23</b>	<b>23</b>
3.1.1 Wirkprinzip der Magnetumformung.....	23
3.1.2 Aufbau elektromagnetischer Umformanlagen.....	25
<b>3.2 Lösungen der technischen Einrichtungen.....</b>	<b>33</b>
3.2.1 Energiespeicher.....	33
<b>4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten.....</b>	<b>39</b>
<b>5. Konzept mit Beispiel.....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Beispiel.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2 Überblick vom ganzen Prozess.....</b>	<b>42</b>
<b>5.3 Grundlage und Maschinen im Prozess.....</b>	<b>44</b>
5.3.1 Tafelschere.....	44
5.3.1.1 Grundlage von Tafelschere.....	44
5.3.1.2 CNC-Tafelschere.....	45
5.3.2 Schleifen.....	47
5.3.2.1 Grundlage von Schleifen.....	47
5.3.2.2 MFP Flach-/ und Profilschleifmaschine.....	48
<b>5.4 Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen</b>	

<b>und organisatorischen Schnittstellen.....</b>	<b>49</b>
<b>5.4.1 Materialfluss.....</b>	<b>49</b>
<b>5.4.2 Transportsystem mit Rollenförderer.....</b>	<b>50</b>
<b>5.4.3 Flächenportalroboter .....</b>	<b>52</b>
<b>5.4.4 Plattenrundspeicher.....</b>	<b>54</b>
<b>6. Zusammenfassung.....</b>	<b>56</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>58</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>60</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>61</b>

# 1. Einleitung

## 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 Maschinenkonzept zu konzipieren, deren Struktur darzustellen sowie dazugehörige maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.

## Lösung der Aufgabenstellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungssystemauslegung der o.g. Zielstellung unter Berücksichtigung der möglichen allgemeinen technischen Lösung.
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o.g. Technischen Einrichtungen in derartigen Prozess.
3. Auslegung und Bewertung der unter Abschnitt 2 ermittelten Lösungsvarianten.
4. Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil.
5. Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen Materialfluss (Rohteil, Fertigteil, Werkzeuge), Transport und Handhabung sowie Ver- und Entsorgung der einzelnen Elemente für die Vorzugsvariante gemäß Abschnitt 4. [1]

**Entsprechend der Aufgabenstellung sind folgende Schwerpunkte zu bearbeiten:**

1. Verstehen und Analysieren die Herstellung und Charakterisierung der

Tiefzieh-stahlblech.

2. Verstehen und Analysieren die Eigenschaft von Magnet-Umform.
3. Erstellen ein Möglich Endprodukt nach o.g. 2 Schinitte.
4. Beschreiben der Automatisierung und Fertigungssystem.
5. Bestimmen Produktionsmaschinen.
6. Entwerfen Produktionslinie.

## 2. Grundlage

### 2.1 Fertigungssystem

#### 2.1.1 Vorbemerkungen

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtungen stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems (FFS) eine sehr komplexe Aufgabe dar, die durch einen das Gesamtsystem (technischtechnologisch, betriebsorganisatorisch und betriebswirtschaftlich) betrachtenden Planungsansatz zu bewältigen ist.

Die Hauptmerkmale, die dabei berücksichtigt werden müssen, sind

- Die **Systemkomponenten**
- Das **Informationssystem**
- Das **Personal**
- Die **organisatorische Einbindung** in den innerbetrieblichen Produktionsprozess sowie
- Die **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**. [2]

#### 2.1.2 Voraussetzungen für den Einsatz von FFS

Grundvoraussetzung für die Einführung eines FFS ist die systematische **Analyse der Schwachstellen** der Fertigung. Dazu zählen im Einzelnen:

- **Sicherstellung**, dass die bestehenden Probleme mit einem FFS beseitigt werden können
- **Überprüfung**, ob eine erforderliche Grundlogistik vorhanden ist, da in den meisten Fällen FFS keine autarken Fertigungsbereiche darstellen
- **Erfassung**, welche technischen und/oder organisatorischen Maßnahmen in den angrenzenden Bereichen getroffen werden müssen, um eine reibungslose Versorgung des FFS (z.B. mit Material, Fertigungshilfsmitteln, Informationen) zu gewährleisten.

Bei der Einführung flexibler Produktionstechnik ist das Hauptaugenmerk auf die Einflussgrößen

- **Motivation**
- **Vorgaben**
- **Unternehmensspezifische Gegebenheiten**

zu richten.[2]

### 2.1.3 Einsatzcharakteristika für FFS

Flexible Fertigungssysteme sind unter heutigen Gesichtspunkten nach dem Maschinenkonzept systematisiert. Es existieren das Einzelmaschinenkonzept (NC-Maschine--NCM, Bearbeitungszentrum--BZ, Flexible Fertigungszelle--FFZ) sowie das Mehrmaschinenkonzept (Flexible Taktstraße --FTS, Flexibles Fertigungssystem --FFS).

Die wichtigsten charakteristischen Kennzeichen flexibler Maschinenkonzepte sind dabei bezüglich der Automatisierung

- die Prozessdurchführung
- der Werkstückwechsel
- der Werkstücktransport
- der Werkzeugwechsel
- die Prozessüberwachung

Zu beachtende Kenngrößen im Hinblick auf die Bearbeitungsind

- ein wahlfreier Materialfluss
- die Simultanbearbeitung
- sich ersetzende/ergänzende Stationen
- eine Mehrverfahrenbearbeitung

die mittels einer übergeordneten Steuerung realisiert werden.

Somit gilt:

Flexible Fertigungssysteme (FFS) stellen **Mehrmaschinensysteme** mit **übergeordneter Steuerung** in Form eines Leitrechners dar.

Das Hauptmerkmal eines FFS besteht darin, dass **unterschiedliche Werkstücke** auf verschiedenen Fertigungseinrichtungen **simultan bearbeitet** werden können.

Die **Bearbeitungsstationen**, die von den einzelnen Werkstücken wahlfrei angelaufen werden, können dabei sowohl **ersetzend** oder auch **ergänzend** sein. Weiterhin kann ein größeres Variantenspektrum im Teile-Mix bearbeitet werden.

**Rüstvorgänge** werden **parallel zur Hauptzeit** durchgeführt. Werkzeug- und Werkstückversorgung und -entsorgung erfolgen automatisch.

Alle diese prozessorientierten Vorgänge innerhalb des FFS werden durch den **Leitrechner** gesteuert und koordiniert.

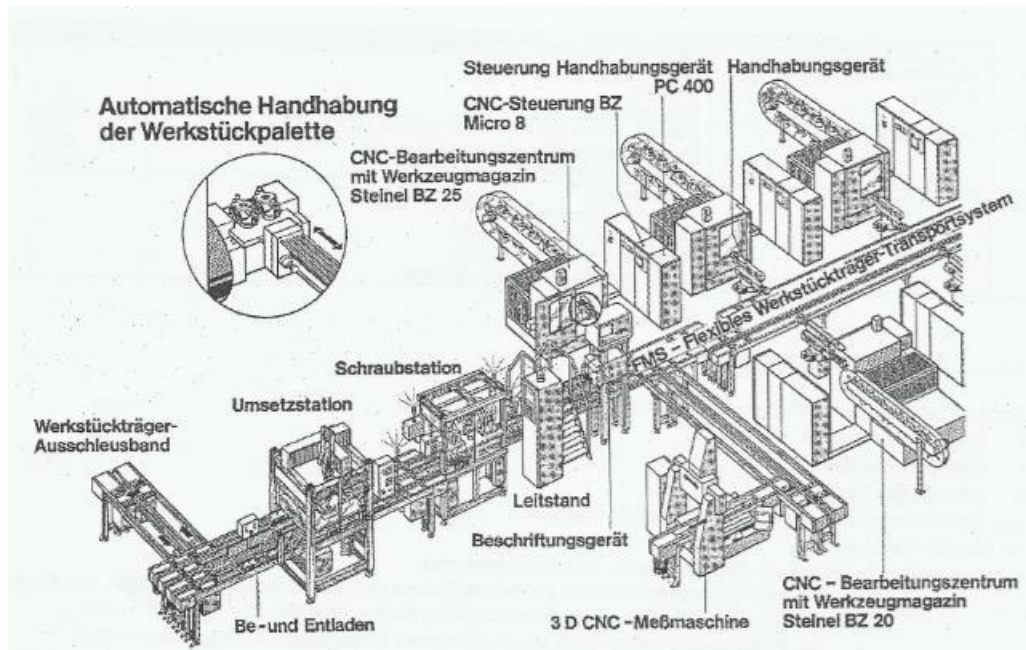


Abb.1: Elemente und Grundaufbau eines FFS [2]

Das in Abbildung 1 dargestellte Beispiel eines FFS ist für die Bearbeitung prismatischer Teile ausgelegt und besteht aus acht Bearbeitungszentren, die rechts und links des Transportsystems angeordnet sind. Die Be- und Entladung jeder dieser integrierten Fertigungseinrichtungen erfolgt automatisch durch ein Handhabegerät (jeweils vier Spannvorrichtungen mit je zwei Werkstücken), d.h. acht identische Teile. Im Anschluss an die Bearbeitung wird eine der vier Paletten zur Messmaschine transportiert und in dieser kontrolliert. Bei positivem Messergebnis erfolgt die Freigabe aller acht Teile für deren Montage. Das automatische Umspannen in die zweite Spannlage geschieht in der so genannten Schraub- und Umsetzstation.

Einlaufträge können unter Berücksichtigung vorgegebener Bearbeitungsprioritäten sehr kurzfristig in den aktuellen Auftragspool eingelastet werden. Dieser Eigenschaft ist es zu verdanken, dass ein FFS heute dem hohen Flexibilitätsbedarf gerecht werden kann.[2]

## 2.1.4 Planungsgrundlagen für FFS



Bei der Planung, Inbetriebnahme und dem Betrieb sind für die Aspekte

- Systemkomponenten
- Informationssystem
- Notwendiges Personal

Eine Reihe von grundsätzlichen Merkmalen zu beachten.

Im einzelnen sind dies:

#### **Grundsätze** bezüglich des FFS-Merkmals **Systemkomponenten**

- Aus den Unternehmenszielen ist das langfristige Produktionskonzept abzuleiten, das durch den Planer auf der Grundlage einer erstellten Zielhierarchie erarbeitet werden kann.
- Dies FFS-Planung erfolgt nach einer sukzessiven systematischen Vorgehensweise.
- Das Pflichtenheft ist die Grundvoraussetzung für die Planung. Es ist für jede einzelne Systemkomponente zu erstellen.
- Zeitparallel zur Planung der Systemkomponenten muss die Planung der Systemsoftware erfolgen.

#### **Grundsätze** bezüglich des FFS-Merkmals **Informationssystem**

- Die inhaltliche Erstellung des informationssystems erfolgt durch sich ständig einengende Optimierungsschleifen, wobei eine Abstimmung der Bestandteile Datenmodelle, Software, Hardware, Vernetzung und innere Abläufe erforderlich ist.
- Es ist eine schrittweise Vernetzung der einzelnen Komponenten des Gesamtsystems anzustreben, wobei die genaue Terminierung mit dem gesamten Terminplan des FFS konform gehen muss und eine frühzeitige Schulung des Bedienpersonals auf den eingesetzten Systemen berücksichtigt.

#### **Grundsätze** bezüglich des FFS-Merkmals **Personal**

- Das System muss trotz steigender Komplexität der Aufgaben mit weiterqualifizierten Fachkräften betrieben werden können.

- Jedes Mitglied des Systempersonals muss die Eigenschaften Verantwortungsbewusstsein und Teamfähigkeit besitzen.

#### **Grundsätze** bezüglich des FFS-merkmals **Organisatorische Einbindung**

- Die enge Verzahnung des FFS mit den Konventionellen Bereichen des Produktionsumfeldes erfordert eine hohe Durchgängigkeit des PPS-Systems.
- Qualitätssicherungsaspekte sind planungsseitig und ablaufbedingt bei der Gestaltung des Maschinenaufstellungsplanes und des fertigungstechnischen Materialflusses technisch-technologisch und informationstechnisch zu berücksichtigen.
- Für die NC-Programme ist eine zentrale Verwaltung sowie eine hauptzeitparallele Abrufbarkeit vorzusehen.
- Lager bzw. Puffer sind für Fertigungsmaterial und -hilfsmittel so einzurichten, dass eine Schichtüberdeckende Menge verfügbar ist, wobei die Verwaltung dieser Einrichtungen und Materialien über den Leitreechner erfolgen sollte.

#### **Grundsätze** bezüglich des FFS-Merkmals **Wirtschaftlichkeit**

- Die Einbindung der veränderten Fertigungsstrukturen in die vorhandenen betrieblichen Bewertungsmechanismen ist unabdingbar für einen fundierten Wirtschaftlichkeitsnachweis.
- Bei der Feinplanung sind Simulationsprogramme für die technische Bewertung von flexiblen Fertigungskonzepten einzusetzen.
- Die Einbindung der peripheren Systemkomponenten in die Kostenkalkulation der Stückkosten ist notwendig, da die Wertschöpfung auf der Grundlage der Bearbeitungszeit nicht für die reale Wertschöpfung am Produkt genügt.

### **2.1.5 Hauptkomponenten des FFS**

Das FFS bildet unter betrieblichen Bedingungen eine technische und organisatorische Einheit aus verschiedenen Einzelkomponenten, wobei

periphere Komponenten im Gegensatz zu konventionellen Maschinen fest integrierte Bestandteile des Gesamtsystems sind, sodass FFS als komplexe Einheit geplant werden muss.[2]



Abb.2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen [2]

Das Grundschemata eines derartigen Fertigungskonzeptes ist Abbildung 3 zu entnehmen.

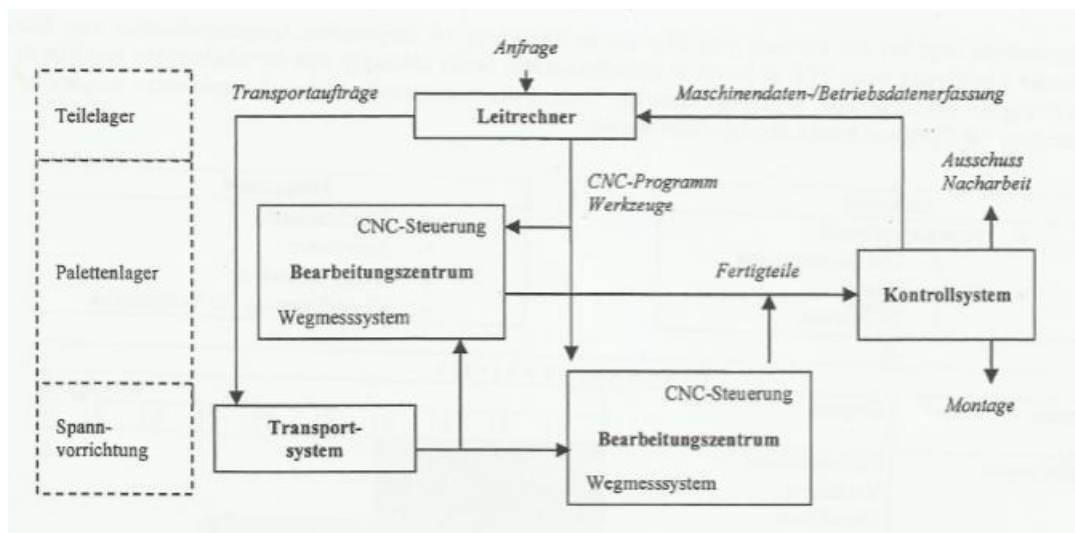


Abb.3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem[2]

### 2.1.6 Das Maschinenkonzept im FFS

Automation ist das Ergebnis der Kopplung von Produktion und Information. Ihre Aufgabe besteht darin, unterschiedliche Werkstücke in beliebiger Reihenfolge und in wechselnden Losgrößen wirtschaftlich zu fertigen. Diese Tatsache erfordert Schnittstellen zwischen allen Bereichen und Abteilungen. Die bei der FFS-orientierten Betrachtung anfallenden Aufgaben müssen später auch ein CIM-System übertragbar sein, so dass es zur informationellen Vernetzung der beteiligten Bereiche kommt.

Die Vorgehensweise bei der Beschaffung einer CNC-Werkzeugmaschine ist für die Auswahl eines FFS nicht anwendbar. Soll für die konkreten betrieblichen Bedingungen ein FFS installiert werden, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Um feststellen zu können, ob eine CNC-Maschine zur Integration in ein FFS geeignet ist, wird die erstellte Checkliste zur Auswahl von CNC-Maschinen bis auf die für den FFS-Betrieb wichtigen Merkmale reduziert.
- Das FFS wird nicht komplett, sondern jede einzelne Komponente für sich bewertet, um eine auf die konkreten betrieblichen Bedingungen zugeschnittene Problemlösung zu erhalten.
- Nachdem die in Frage kommenden Werkzeugmaschinen detailliert betrachtet wurden, wird ein teilesortimentsbezogener, fertigungsablauforientierter Maschinenaufstellungsplan erstellt und anschließend nach dem geeigneten, zuordenbaren Transport- und Steuerungssystem gesucht.

Bearbeitungszentren (BZ) und Flexible Fertigungszellen (FFZ) sind die im FFS am meisten verwendeten NC-Fertigungseinrichtungen, wobei das Bearbeitungszentrum allgemein die Basis für die Flexible Fertigungszelle darstellt. Bearbeitungszentren werden in folgenden Bauformen hergestellt:

- mit horizontaler oder vertikaler oder schwenkbarer Hauptspindel
- mit verfahrbarem oder feststehendem Ständer
- als Einständer- oder Doppelständer-portalmaschine
- als einspindlige oder mehrspindlige Maschine
- mit einer oder zwei Bearbeitungsstationen zur Pendelbearbeitung.

Unter Beachtung der jeweiligen Spezifik erfolgt die konkrete

Maschinenauswahl nach den Kriterien:

- gestellte Fertigungsaufgabe
- Werkstückgröße
- Geplantes automatisches Werkstücktransportsystem und der damit verbundene Werkstückwechsel [2]

## 2.2 Tiefziehen

Tiefziehen ist nach DIN 8584 das Zugdruckumformen eines Blechzuschnitts (auch Ronde, Folie, Platte, Tafel oder Platine genannt) in einen einseitig offenen Hohlkörper oder eines vorgezogenen Hohlkörpers in einen solchen mit geringerem Querschnitt ohne gewollte Veränderung der Blechdicke. Ein runder Zuschnitt wird auch Ronde genannt.

Das Tiefziehen zählt zu den bedeutendsten Blechumformverfahren und wird sowohl in der Massenfertigung als auch in Kleinserien eingesetzt, wie beispielsweise in der Verpackungs- und Automobilindustrie, für Hochdruck-Gaskapseln sowie im Flugzeugbau.

Thermoformen bei Kunststoffen wird umgangssprachlich oft Tiefziehen genannt, kann jedoch nicht mit dem Tiefziehen von Metallen verglichen werden. Beim Tiefziehen rutscht Material nach, eine Wanddickenänderung ist nicht vorgesehen. Wanddickenänderungen gibt es nur beim Abstrecktiefziehen, hier ist der Boden dicker als die Wand, da der zuerst tiefgezogene Napf anschließend durch Abstreckringe gezogen wird. Das Erzeugnis wird dünner und höher. (Beispiel: Herstellung von Getränkedosen).

Das Tiefziehen lässt sich in drei Bereiche unterteilen:

Tiefziehen mit Formwerkzeugen (Ziehring, Stempel und Blechhalter)

Tiefziehen mit Wirkmedien (Gase, Flüssigkeiten)

Tiefziehen mit Wirkenergie (z. B. Hochgeschwindigkeitsumformen)

### **Tiefziehen mit Werkzeugen**

Das klassische und bevorzugte Verfahren ist Tiefziehen mit starren Werkzeugen aus dem Werkzeugbau. Zum Tiefziehen werden hier Pressen verwendet. Die zur Umformung notwendige Pressenkraft wird mit Hilfe eines Prägestempels auf den Boden des zu fertigenden Tiefziehteiles über die Bodenrundung und dem Seitenteil (Flansch) in den eigentlichen Umformbereich (Bereich zwischen Ziehring und Niederhalter) geleitet. Die Umformung erfolgt durch radiale Zugspannung und dadurch bewirkte tangentielle Druckspannungen. Durch die Druckspannungen erfolgt eine Durchmesserreduzierung, etwa bei einer Ronde (rundes Blech). Durch die radialen Zugspannungen im Umformbereich wird eine Blechverdickung vermieden. Der Niederhalter soll dabei eine Faltenbildung durch das Aufstauchen vermeiden.

Mit dem Stempel wird der Blechzuschnitt durch den Ziehring (auch Matrize genannt) gedrückt. Der Niederhalter verhindert die Bildung von Falten am Ziehteil. Es werden auch Ziehleisten und Ziehwülste / Ziehsicken verwendet, um die Wirkung der Niederhalter zu verbessern.

Die Kanten von Stempel und Ziehring müssen abgerundet sein, da sonst das Blech reißen würde. Falls die Rundungen zu groß sind, kann das Blech am Ende des Zuges nicht mehr durch den Niederhalter festgehalten werden. Die Folge ist Faltenbildung. Der Positivradius des Stempels muss kleiner als der Negativradius der Matrize sein, da sonst der Stempel einschneidet.

Wenn die endgültige Ziehtiefe durch einen einzigen Zug nicht erreicht werden kann, so wird in mehreren Stufen gezogen.

### **Tiefziehen mit Wirkmedien**

Beim hydromechanischen Tiefziehen ersetzt ein druckreguliertes Wasserkissen die Matrize. Der absinkende Stempel des Werkzeugoberteils presst die Blechplatte an ein Wasserkissen, zieht sie beim Eintauchen mit sich und bringt so exakt die gewünschte Geometrie auf das Ziehteil auf. Aufgrund der verteilten Pressung des Blechs an den Stempel durch das Wirkmedium verschiebt sich die Lage des kritischen Ziehbereichs vom Werkstückboden hin zum Ziehradius. Daher lassen sich höhere Ziehverhältnisse als beim klassischen Ziehverfahren realisieren, und das bei geringeren Herstellungskosten aufgrund des relativ kleinen Bauraums. Die erreichbaren Pressenkräfte sind jedoch geringer als bei herkömmlichen Anlagen, weshalb sich nur eine beschränkte Auswahl an Blechteilen mit dieser Technologie fertigen lässt.

Beim Explosivumformen und dem artverwandten Hydrosparckverfahren wird statt des langsamen Druckanstieges ein Druckimpuls im Wasser ausgelöst. Beim Hydrosparckverfahren geschieht das nicht durch Sprengstoff, sondern durch eine elektrische Entladung im Wasser. Die Presskräfte sind hier nicht begrenzt und die hohe Umformgeschwindigkeit gestattet auch die Bearbeitung schwieriger Werkstoffe wie Titan- und Zirkonlegierungen.

### **Tiefziehen mit Wirkenergie**

Einziges Verfahren ist die Magnetumformung, bei der der Impuls durch magnetische Kräfte direkt im Blech erzeugt wird. Umformbar sind nur elektrisch gut leitfähige Bleche oder man umhüllt das Werkstück mit einem solchen.

### **Effekte beim Tiefziehen**

Beim Tiefziehen zeigt das Werkstück verschiedene Effekte. Im Wesentlichen kommt es zur Versetzungsbewegung, was zu Festigkeitsveränderungen

führen kann. Anisotrope (richtungsabhängige) Werkstoffeigenschaften beeinflussen zum einen die Tiefziehqualität und zum anderen das Bauteilverhalten. Dies lässt sich nachweisen, indem man die verschiedenen Kräfte misst, die nötig sind, ein Wandstück aus einem Tiefziehteil (z. B. Joghurtbecher) zu zerreißen: Kunststoffe werden in Richtung der Dehnung gestreckt, deren Makromoleküle richten sich teilweise parallel zueinander in Richtung der Kraft aus. Bei teilkristallinen Kunststoffen wird dadurch auch der Grad der Kristallinität erhöht.

Ein teilweise gewünschter Effekt ist der Aufbau von latenten Spannungen durch Versetzungsbewegung im Werkstück (Kaltverfestigung bei Metallen). Beispiele für klassische Tiefziehteile sind Kfz-Karosserieteile, wobei beim Karosserieteil fast immer eine Kombination aus dem klassischen Tiefziehen und dem Streckziehen zur Anwendung kommt. Man nennt diese Kombination deshalb auch Karosserieziehen. [3]

## 2.3 Magnet-Umformung

Die Magnetumformung, zutreffender auch als elektromagnetische Umformung bezeichnet, ist ein elektrodynamisches Hochenergieumformungsverfahren zur Kaltumformung flacher (z. B. Bleche) und zylindrischer Halbzeuge (z. B. Rohre, Profile) aus elektrisch leitfähigen Materialien mittels gepulster Magnetfelder.

Das Verfahren basiert auf dem sogenannten Pinch-Effekt.

Das Werkstück wird dabei innerhalb oder in der Nähe einer Spule positioniert und durch die Lorentzkraft, ausgelöst durch einen kurzen und hohen Stromimpuls durch die Spule, berührungslos umgeformt. Bei dem Einsatz dieses Verfahrens zum Fügen (elektromagnetischen Pulsschweißen) werden die Materialien mit sehr hoher Geschwindigkeit aufeinander gebracht und so kaltverschweißt.



Magnetumformen kann teilweise herkömmliche Technologien des Tiefziehens, Walzens, Lötens, Schweißens und Klebens in Hinblick auf Produktionskosten und Produktqualität ersetzen und wird in Bereichen der Industrie wie der Automobil-, Luftfahrt-, Elektro-, Kernkraft- und Küchengeräteindustrie eingesetzt. In den 1980er Jahren wurde die Technik des Magnetumformens industriereif für die Serienproduktion gemacht.

### **Vor- und Nachteile**

Das Magnetumformen hat folgende **Vorteile**:

- Der Impuls ist in der Energiemenge genau dosierbar. Das ermöglicht das Aufpressen von Metallen auf Glas, Kunststoffe, Verbundstoffe oder Metalle bei hoher Wiederholgenauigkeit.
- Die magnetische Kraftwirkung geht weitgehend ungehindert durch Materialien wie Glas, Keramik und Kunststoff hindurch. Daher lässt sich das Magnetumformen auch unter Vakuum, einer Schutzgasatmosphäre oder unter Reinstraumbedingungen anwenden.
- Magnetumformanlagen benötigen prinzipbedingt keinen mechanischen Kontakt zum Werkstück, daher treten weder Oberflächenverunreinigungen noch Werkzeugabdrücke auf.
- Prozesszeit von  $< 0,1$  s

**Nachteile** sind:

- Voraussetzung ist ein gut leitfähiges Material wie Aluminium oder Kupfer
- die hohen Magnetfelder können elektronische Ausrüstung stören oder beschädigen
- die Spule muss mechanisch sehr stabil und fest aufgebaut sein und ist daher teuer - ihre Zerstörung ist ein Gefahrenpotenzial

- die Eignung des Verfahrens muss in technologischen Voruntersuchungen erbracht werden.

### **Physikalische Grundlagen**

Das Magnetumformverfahren beruht auf der physikalischen Tatsache, dass ein zeitlich veränderliches Magnetfeld in benachbarten elektrisch leitenden Körpern Wirbelströme induziert. Auf diese Ströme übt das Magnetfeld Kräfte aus, deren Stärke vom räumlichen Gradienten der magnetischen Flussdichte und von der Größe der induzierten Ströme abhängt. Der leitende Körper (Blech, Rohr) erfährt eine hin zu geringeren Flussdichten gerichtete Kraft. Siehe auch Wirbelstrombeschleuniger.

Für die Magnetumformung geeignete, starke und sich schnell ändernde Magnetfelder werden in Impulsgeneratoren erzeugt, indem geladene Kondensatoren im Verlauf von einigen zehn Mikrosekunden über eine an die Werkstückgeometrie angepasste Spule entladen werden. Dadurch entsteht an und kurz unter der Werkstückoberfläche ebenfalls ein Impulsstrom, weil diese eine Kurzschlusswindung bildet. Dieser fließt gegenläufig zum Spulenstrom gerichtet mit der Folge, dass die Lorentzkraft Spule und Werkstück voneinander drückt.

Die Stärke der induzierten Ströme und damit die Kraftwirkung auf das Werkstück hängt von der elektrischen Leitfähigkeit des verwendeten Werkstoffes ab. Bei guter Leitfähigkeit, wie zum Beispiel von Kupfer, Aluminium und Messing, wirken auf die Oberfläche des Werkstücks für kurze Zeit Drücke von einigen tausend Megapascal.

Dieser Druck herrscht nur wenige Mikrosekunden, für die Dauer der Entladung der Kondensatoren. In dieser Zeit nimmt das Werkstück die benötigte Umformenergie in Form eines Impulses auf. Nach der kurzen Beschleunigungsphase bewegt sich das Material insbesondere bei geringer Masse sehr schnell. Die Geschwindigkeiten erreichen Werte bis zu 300 m/s. In

der Folge werden die im Werkstück auftretenden Spannungen so hoch, dass ein Fließen im Sinne der Umformtechnik eintritt. Beim Schweißen trifft das Material mit solch hohen Geschwindigkeiten auf den Fügepartner und entwickelt lokale Vermischungsvorgänge, die es erlauben, auch nicht schmelzschweißbare Materialpaarungen zu verschweißen. Da auf die Spule gleichermaßen Kräfte wirken, sind die mechanischen Festigkeitsanforderungen an die Spulenkonstruktion sehr hoch.

## **Besonderheiten**

### **Treiber**

Auch schlechte Leiter wie etwa Rohre aus rostfreiem Stahl sind mit diesem Verfahren umformbar, indem das Stahlrohr mit einem Treiber aus gut leitendem Material umgeben wird – häufig genügen wenige Windungen Aluminiumfolie. Die magnetischen Kräfte wirken hier nicht direkt auf den Stahl sondern auf den Treiber, mit dessen Hilfe das Rohr umgeformt wird. Der Impuls beziehungsweise die eingebrachte mechanische Energie lassen sich über die Höhe der Kondensatorladung exakt einstellen.

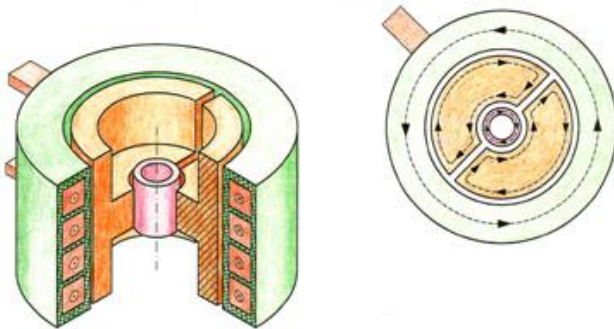
### **Feldformer**

Wirkungsweise eines Feldformers

Für den effektiven Einsatz der magnetischen Kräfte beim Umformen muss der Abstand von der Spule zum Werkstück möglichst klein sein. Um bei verschiedenen Werkstückabmessungen dennoch dieselbe Spule benutzen zu können, werden Feldformer eingesetzt, die es ermöglichen, die elektromagnetische Krafteinwirkung auf bestimmte Bereiche des Werkstücks zu konzentrieren.

Der Feldformer aus gut leitendem Material muss längs zur Spulenachse wenigstens einmal geschlitzt sein, damit auf seiner Innenwand ein Strom fließen kann. Dabei ist zu beachten, dass ein Stoßstrom, der auf der

Feldformeroberfläche durch Induktion erzeugt wird, aufgrund des Skin效ekts in den zu betrachtenden kurzen Zeiten nicht in das Metallinnere eindringen kann.



*Abb.4: Wirkungsweise eines Feldformers*

Bild zeigt eine Anordnung mit einem zweifach geschlitzten Feldformer und eine Darstellung der Richtungen der in Spule, Feldformer und Werkstück fließenden Ströme. Der auf der Innenwand des Feldformers fließende Strom konzentriert sich auf den Innenwandbereich, der nahe am Werkstück ist. Dementsprechend herrscht in diesem Bereich ein besonders hoher magnetischer Druck, durch den das Werkstück umgeformt wird.

### **Spulenformen und -anordnungen**

Man unterscheidet beim Magnetumformen drei Grundformen: Kompression, Expansion und Flachumformung.

#### **Kompression**

Die am häufigsten angewandte Magnetumformung ist die Kompression. Hierbei wird als Arbeitsspule eine Zylinderspule benutzt, die das Werkstück umfasst. Die Kräfte auf das Werkstück sind radial nach innen gerichtet und

drücken es zusammen oder pressen es auf einen inneren Kern. Dies zeigt Bild 5.

In Bild 6 ist die Anwendung der Kompression beim Aufpressen eines rohrförmigen Werkstücks auf eine Gelenkgabel einer Kardanwelle dargestellt. Der Einsatz eines Feldformers gewährleistet magnetische Kräfte, die groß genug sind, um das Wandmaterial des Rohres in die Vertiefungen des Kreuzgelenkelementes zu treiben.

Da bei der magnetischen Kompression ein hoher Grad an Rotationssymmetrie der auftretenden Kräfte erreicht werden kann, ist sie in der Regel mechanischen Verfahren bei der Aufpressung von Metallrohren auf Keramik, Glas oder spröden Kunststoff überlegen.

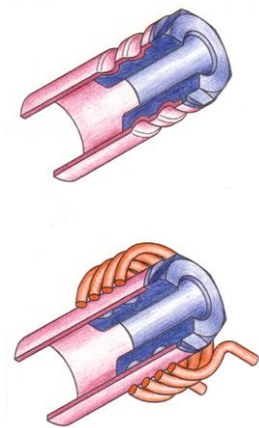
### **Expansion**

Bei der Expansion werden rohrförmige Werkstücke aufgeweitet oder in eine das Rohr umschließende Form hineingedrückt. Die Arbeitsspule für die Erzeugung des für diese Umformung geeigneten Magnetfeldes ist in diesem Fall eine Zylinderspule, die in das rohrförmige Werkstück eingeführt wird. Die ist in Bild 7 dargestellt. Die auf das Rohr wirkenden Kräfte sind radial nach außen gerichtet.

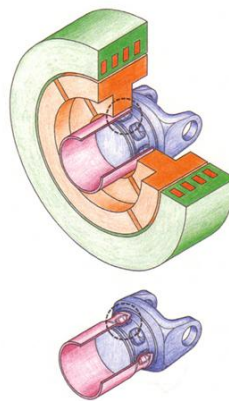
### **Flachumformung**

Bild 8 zeigt eine Anordnung für die Flachumformung. Das Magnetfeld wird in der Nähe eines Bleches erzeugt, das auf einer Matrize liegt. Die elektromagnetischen Kräfte treiben das Blech in die Vertiefung der Matrize. Das Magnetfeld ersetzt hier den herkömmlichen mechanischen Stempel. Die zur Erzeugung des Magnetfeldes benutzte Flachspule hat in diesem Beispiel die Form einer Uhrfeder (archimedische Spirale). Sie wird parallel zum Werkstück über diesem angebracht.

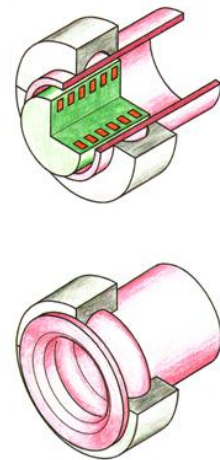
Die drei beschriebenen Grundtypen des magnetischen Umformens können zum Umformen, Verbinden und Fügen, jedoch bei Einsatz geeigneter Werkzeuge auch zum Trennen benutzt werden. Dies verdeutlicht Bild 9 am Beispiel einer Flachspule. An den vorgesehenen Stellen wird das Werkstückmaterial in die Aussparungen der Unterlage getrieben und vom Werkstück getrennt. Analog dazu können Rohre mit beliebig geformten Löchern versehen oder geschnitten werden.[4]



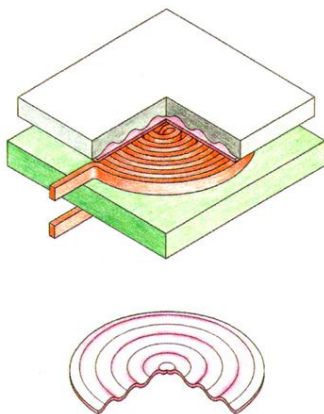
*Abb.5:Kompression eines Rohres*



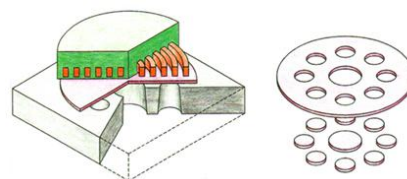
*Abb.6:Verbinden von Welle und Gelenk mittels Kompression*



*Abb.7:Expansion eines Rohres*



*Abb.8:Flachumformung*



*Abb.9:Trennen mittels Flachspule*

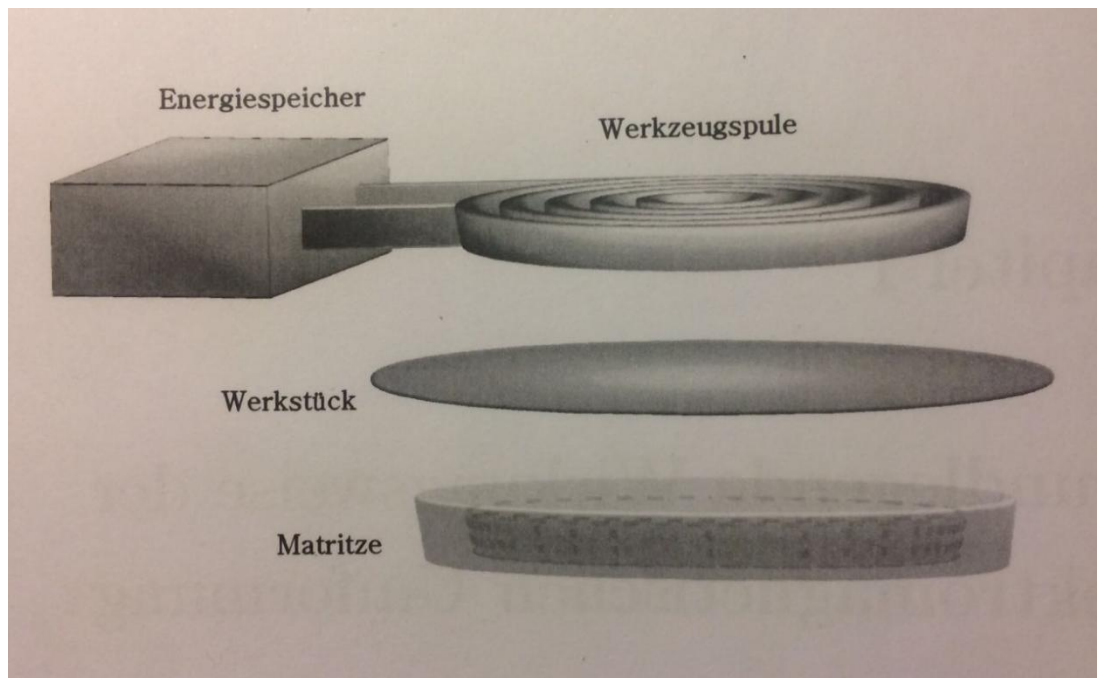
## **3. Lösungen der technischen Einrichtungen**

### **3.1 Grundlage der Anlage von elektromagnetischen**

#### **Umformung**

##### **3.1.1 Wirkprinzip der Magnetumformung**

In ihrer am weitesten verbreiteten Form verwenden bestehende Umformanlagen elektrische Energiespeicher, die sich innerhalb weniger zehn bis hundert Mikrosekunden auf eine als Werkzeug verwendete Umformspule ein starkes Magnetfeld, dessen zeitliche Änderungen in dem metallischen gut leitfähigem Werkstück Wirbelströme induzieren. Mit steigender elektrischer Leitfähigkeit des Materials wirkt das Werkstück zunehmend abschirmend, sodass sich das magnetische Feld in dem Bereich zwischen Werkzeug und Werkstück konzentriert. Die Werkstückstromdichte tritt in Wechselwirkung mit der von der Werkzeugspule erzeugten magnetischen Flussdichte und äußert sich als resultierende Volumenkraft, die letztendlich zur Verformung des Werkstückes führen soll. Mit einsetzender Bewegung absorbiert das Werkstück mechanische Energie, die anfangs in elektrischer Form im Energiespeicher vorliegt und dann gewandelt über das magnetische Feld dem Werkstück zugeführt wird. Um entsprechend viel dieser Energie übertragen zu können, werden möglichst kurze Entladeströme mit Pulsdauern einiger hundert Mikrosekunden angestrebt.[5]



*Abb.10: Prinzipanordnung der zur elektromagnetischen Umformung benötigten Komponenten*

Eine Formgebung kann entweder wie in Abbildung 10 angedeutet für den Fall freier Umformung alleine durch die partielle Beschleunigung des Werkstückmaterials oder formgebunden durch die Konturvorgabe einer Matritze erfolgen, die durch den Aufprall des Werkstücks einen Teil der mechanischen Energie ungenutzt aufnimmt. Diese Art der Umformung findet trotzdem überwiegende Verwendung, da spezielle Werkstückgeometrien, wie sie oft gefordert werden, nur auf diese Weise erreicht werden können.

Neben der in obiger Abbildung 10 dargestellten Anordnung zur Flachumformung dünner Bleche wird das Verfahren der elektromagnetischen Kraftwirkung auch zur Expansion oder Kompression rohrförmiger Werkstücke eingesetzt. Bei derartigen Anwendungen steht die Herstellung formschlüssiger Verbindungen von rohrförmigen Halbzeugen im Vordergrund, so dass hier der Fügepartner bereits als formgebende Matritze Teil des herzustellenden Produktes ist. Abseits der reinen Umformvorhaben wird bei deutlicher Erhöhung der elektromagnetischen Kraftwirkung über den Bereich der



plastischen Verformung hinaus mit einem Abscheren des Materials der Bereich des elektromagnetischen Stanzens erreicht.

### 3.1.2 Aufbau elektromagnetischer Umformanlagen

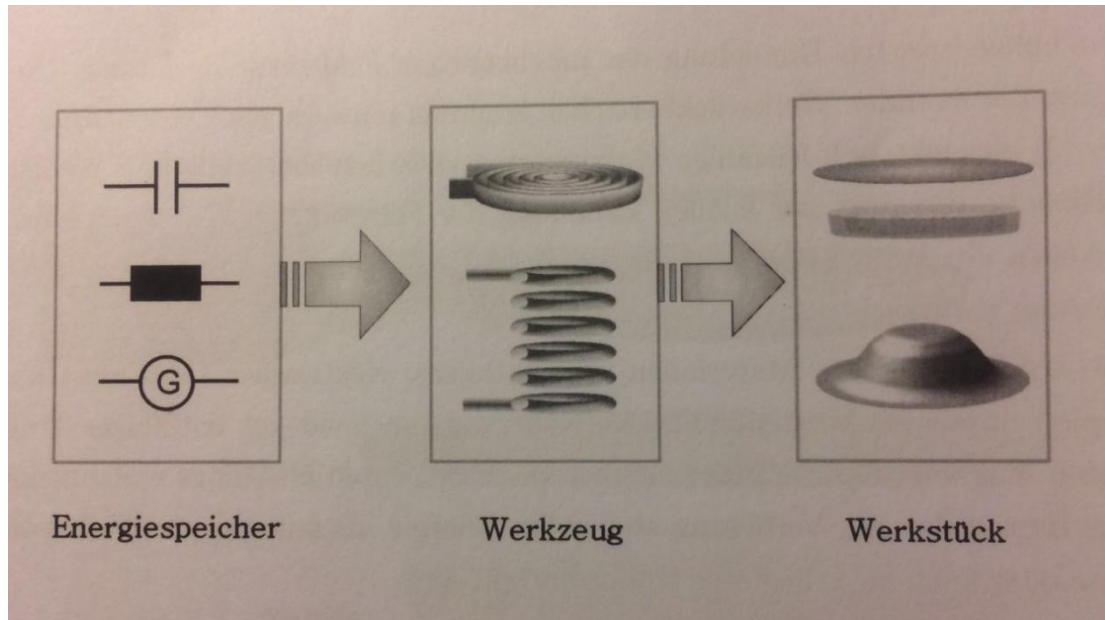


Abb. 11: Schematischer Aufbau von Anlagen zur elektromagnetischen Umformung

Anlage zur elektromagnetischen Metallumformung unterscheiden sich in ihrem prinzipiellen Aufbau allein nennenswert in der Wahl der verwendeten Werkzeugspule. So lässt sich für Aufbauten, ob sie zur Expansion, Kompression oder Flachumformung von Werkstücken eingesetzt werden, ein allgemeingültiger Zusammenhang der einzelnen Komponenten angeben, wie er schematisch in Abbildung 11 dargestellt ist. Prinzipiell sind darin die drei Blöcke Energiespeicher, Werkzeug und das Werkstück erkennbar. Die darin angedeuteten unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten haben immer gemeinsam, dass die Richtung der zur Umformung benötigten Wirkenergie stets die Kette der Energiewandlung von initial gespeicherter Ladeenergie über die induktiv vom Werkzeug ins Werkstück übertragene Energie und als dort wirksame Umformarbeit durchläuft. Die verschiedenen Konzepte des oben skizzierten Aufbaus beeinflussen die Modellierung der betreffenden

Anlage auf unterschiedliche Art und Weise bezüglich des Entladeverhaltens, der zu erzielenden Wirkung und der erreichbaren Effizienz des Umformprozesses. Unterteilt in drei modular voneinander separierbare Teile werden die üblicherweise verwendeten Komponenten Energiespeicher, Werkzeug und Werkstück in den Folgenden Abschnitten vorgestellt.[5]

## **Energiespeicher**

Als Energiespeicher kommen prinzipiell verschiedene Konzepte in Frage. Die Forderung nach einer ausreichend geeigneten Umformkraft besteht primär in der Bereitstellung des dazu notwendigen Werkzeugspulenstromes.

Das bei den kommerziell verfügbaren Umformanlagen verwendete Konzept der Energiespeicherung baut üblicherweise auf kapazitiven Energiespeichern auf. Diese besitzen den großen Vorteil einer hohen Verfügbarkeit sowie einer im allgemeinen guten Handhabbarkeit. Solche Stoßkondensatoren mit Energiesichten im Bereich von 50 bis 100 MJ/m<sup>3</sup> sind in der Lage sehr hohe gepulste Ströme abzugeben; im Innern solcher Kondensatoren treten jedoch enorme Stromkräfte auf, die mechanisch an den Wickellagen angreifen und die Lebensdauer dieser Bauteile stark verringern. Oftmals werden einzelne Kondensatoren parallel zusammengeschaltet, um die Gesamtkapazität und damit bei gegebener maximaler Ladespannung den Energieinhalt der Kondensatorbatterie zu erhöhen.

Zur Aufladung derartiger Energiespeicher kommen verschiedene Ladekreiskonzepte in Frage, die sich hinsichtlich ihrer Effizienz stark voneinander unterscheiden. Im Unterschied zur Aufladung der Speicherkapazität über eine Ein- oder Zweiweggleichrichterschaltung aus einem Wechselstromnetz können z.B. bei Verwendung einer konstanten Gleichspannungsquelle Aufladeverluste von 50% auftreten. Ein schematischer Aufbau eines kapazitiven Energiespeicherkreises ist in Abbildung 12 a) in Form eines elektrischen Ersatzschaltbildes gezeigt.

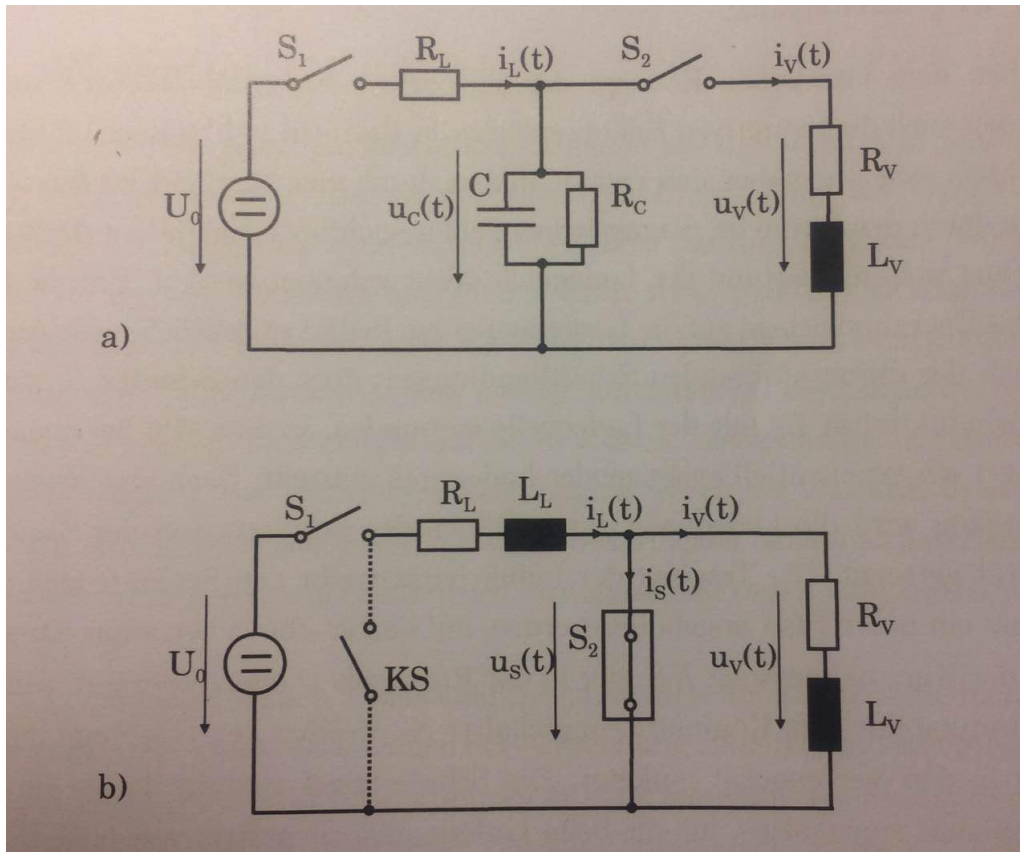


Abb. 12: Schematische Darstellung der zur Energiespeicherung

Nachdem die kapazitive Speicher  $C$  über den Schalter  $S_1$  und den Ladewiderstand  $R_L$  auf die gewünschte Spannung aufgeladen wurde, kann durch Schließen des Schalters  $S_2$  über den ohmsch-induktiven Verbraucher  $R_V, L_V$  der Entladevorgang eingeleitet werden. Die hohe Güte von Kondensatoren gestattet die Verwendung von verhältnismäßig simplen Schaltertechnologien, da über den parasitären Widerstand  $R_C$  der Selbstentladungs Vorgang der einmal während des Aufladevorganges in die Kondensatoren transferierten Ladeenergie eine sehr große Zeitkonstante besitzt. Hierzu eignen sich schnelle und möglichst verlustarme, robuste Schalter wie z.B. Funkenstrecken oder Ignitrons, aber auch zunehmend aus dem Bereich der Leistungshalbleitertechnologie bereitgestellte Schaltermodule, deren Einsatz allerdings wegen der begrenzten Stromtragfähigkeit und einer geringeren Sperrspannungsfestigkeit nur in

kaskadierter Bauweise sinnvoll ist. Die Herausforderung besteht hier wie auch in anderen Fällen paralleler Entladezweige in der einzuhaltenden Synchronizität der Schaltvorgänge. [5]

Neben dem klassischen Konzept der kapazitiven Energiespeicherung kommen prinzipiell auch die induktiven Energiespeicher in Betracht (Abb. 12 b) ). Diese zeichnen sich gegenüber den erstgenannten durch eine sehr viel geringere Güte aus; die durch den Strom im magnetischen Feld gespeicherte Energie ist flüchtig und kann ohne weitere Leistung der Ladequelle nicht gehalten werden. Um die Entladung des Energiespeichers auf die Last einzuleiten, bedarf es deutlich mehr Aufwand bezüglich der durchführenden Schaltvorgänge: über den Schalter  $S_1$  wird die Speicherinduktivität  $L_L$  mit der Ladequelle verbunden, so dass sich bei linearer Induktivität ein exponentiell ansteigender Ladestrom einstellt. Nach abgeschlossenem Ladevorgang wird die Ladequelle durch Öffnen des Schalters von der Speicherinduktivität getrennt. Die Trägheit der Induktivität treibt den Strom jedoch weiter ; ihm muss ein neuer Pfad angeboten werden, auf den er übergehen kann. Dies übernimmt der Kurzschlusszweig KS, der in Praxis als Diode ausgeführt sein kann, in Verbindung mit dem Schalter  $S_2$ , welcher den Übergang des Laststromes in den Verbraucher einleitet. Die Schwierigkeit besteht darin, die nötige Synchronizität einzuhalten, um die beim Ladestromabrisß auftretende hohe Kommutierungsspannung zu begrenzen. Aus diesem Grund ist der Einsatz induktiver Speicher nicht weit verbreitet.[5]

Der Vorteil induktiver Energiespeicherkonzepte besteht zum einem in einer höheren Energiedichte, die um bis zu einem Faktor von 100 über der von kapazitiven Energiespeichern liegt. Zum anderen ist die Beeinflussung der Last auf den zeitlichen Verlauf des Entladestromes nur gering vorhanden, solange die Induktivität des Entladestromes nur gering vorhanden, solange die Induktivität des Speichers als sehr viel größer gegenüber der Last

angenommen werden kann. Nachteilig sind hingegen der bislang nur in Ausnahmefällen sich in vernünftigem Verhältnis zum Nutzen befindende Aufwand der Stromkommutierung und die weitaus größeren Verluste während der Aufladung des Energiespeichers.

Denkbar sind auch Energiespeicherkonzepte, die die kinetische Energie großer rotierender Massen über das Wirkprinzip eines Generators in elektrische Energie gewandelt der Werkzeugspule zuführen, indem zur Einleitung der Umformung diese dem leerlaufenden Generator als Last zugeschaltet wird. Aus Gründen der Handhabbarkeit und nicht zuletzt unterwirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet, haben ich in der überwiegenden Anzahl der Anwendungsfälle kapazitive Energiespeicherkonzepte durchgesetzt.

## **Werkzeug**

Der Umformspule kommt die wesentliche Aufgabe zu, die anfangs in meist elektrischer Form gespeicherte Energie zur anteiligen Übertragung ins Werkstück in magnetische Feldenergie zu wandeln und über diese die Kopplung zum Werkstück zu erreichen. Die an Werkstück angreifende Kraft wirkt reaktiv gleichermaßen auf das Werkzeug, jedoch in umgekehrter Richtung. Konstruktiv sind deshalb derartige Werkzeugspulen so zu gestalten, dass sie der auftretenden mechanischen, elektrischen und thermischen Belastung standhalten können. Insbesondere die repetitiv im Taktbetrieb eingesetzten Werkzeugspulen erleiden wegen der enormen Erwärmung im Bereich des sich zwischen den Windungen befindlichen Isolationsmaterials einen Zusammenbruch der dortigen elektrischen Festigkeit und damit eine Zerstörung des Werkzeugs.[5]

Für die unterschiedlichen Umformaufgaben werden auch unterschiedliche Umformwerkzeuge verwendet. So kommen der Anwendung entsprechend Kompressions- bzw. Expansionsspule für den Rohrumformfall und

spiralförmige Flachumformspulen im Bereich der elektromagnetischen Blechumformung zum Einsatz. (wie folgende Abbildungen zeigen)

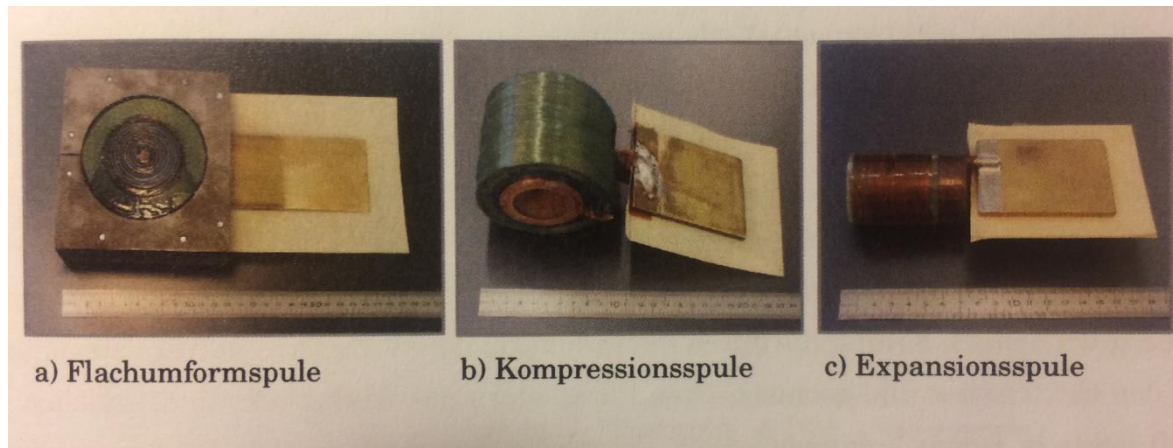


Abb. 13: Unterschiedliche Werkzeugspulen[5]

Derartige Spulen bestehen meist aus einem Kupferleiter rechteckigen Querschnittes, der entweder mehrlagig als Spiralspule oder einlagig als Längsspule aufgewickelt ist. Werkzeugspulen aus dem Bereich der elektromagnetischen Umformung werden generell nicht als Luftspulen ausgeführt; das zwischen den einzelnen windungen liegende Material muss in der Lage sein, der auftretenden Windungsspannung standzuhalten und insbesondere während des Umformvorganges die hohen mechanische Kräfte aufzunehmen. Üblicherweise werden die spulenwicklungen mit Epoxidharz vergossen, welchen mitunter spezielle Füllstoffe zur Verbesserung des mechanischen bzw. des elektrischen Verhaltens beigemischt werden.

Flachspulen erfahren durch die gegenseitige wirkung der einzelnen Spulenwindungen untereinander enorme radiale Expansionskräfte, die zu einer Zerstörung des Spulenkörpers führen können. Um dies zu verhindern werden vor dem Verguß Armierungen aus Glasfaserbändern um die Wicklungen gespannt.

Fertigungstechnisch werden die Spulenkörper entweder aus einer Vollmetallscheibe ausgeschnitten oder als Flachleiter mit geeigneter Glasfaserbandarmierung aufgewickelt. Als Spulenmaterial kann gerade für

den Fall einer im Taktbetrieb einzusetzenden Werkzeugspule auch rohrförmiges Kupfer eingesetzt werden, so dass durch das Innere der Windungen ein Kühlmedium geleitet werden kann. Derartige Spulen können allerdings nicht den gleichen maximalen elektromagnetischen Kräften ausgesetzt werden, wie dies bei Vollmetallspulen der Fall wäre.[5]

## **Werkstück**

Um ein Material elektromagnetisch umformen zu können, sollte dieses durch geeignete Materialparameter hinsichtlich einer guten elektrischen Leitfähigkeit sowie aus mechanischer Sicht einer hohen Duktilität verschreibbar sein. Die Vereinigung solcher Eigenschaften weisen Materialien wie z.B. Aluminium oder Kupfer auf. Prinzipbedingt treten während der elektromagnetischen Umformung im Werkstück mechanische Spannung auf, die letztendlich zur Verformung führen sollen. Die wechselseitig wirksamen Kräfte, die durch die Induktion der Wirbelstromdichte abhängig von den elektrischen und geometrischen Parametern des Werkstücks sind, greifen als Kraftdichte in jedem Volumenelement unterschiedlich stark an. Die Fließgrenze des umzuformenden Materials kennzeichnet den Punkt der mechanischen Spannungsbeanspruchung, ab dem es zu einer Verformung des Werkstücks kommt, die auch bei Verschwinden der ursächlichen Kräfte erhalten bleibt. In der Plastizitätstheorie werden üblicherweise diese Zusammenhänge in Spannungs-Dehnungs-Diagrammen dargestellt, in denen wie in Abbildung 1.5 ersichtlich ist, am Ende des plastischen Bereiches die maximale Dehnungsbeanspruchung gekennzeichnet ist, deren Überschreitung zu einem Zerreißen des Materials führt. Der charakteristische Verlauf dieses Spannungs-Dehnungs-Zusammenhanges beginnt mit einem linear-elastischen Bereich, in dem die stattfindenden Verformungen reversibel sind und somit nicht zu einer bleibenden Formänderung führen. Der sich daran anschließende nichtlinearelastische Bereich kennzeichnet eine immer noch

reversible Verformung, weist aber keine Proportionalität zwischen Spannung und Dehnung auf. Der plastische Bereich beginnt mit Überschreiten der Streckgrenze, was zu bleibenden Deformationen des Werkstücks führt; bei Erreichen des Spannungsmaximums steigert sich die Verformung bis zum endgültigen Bruchversagen des Materials.

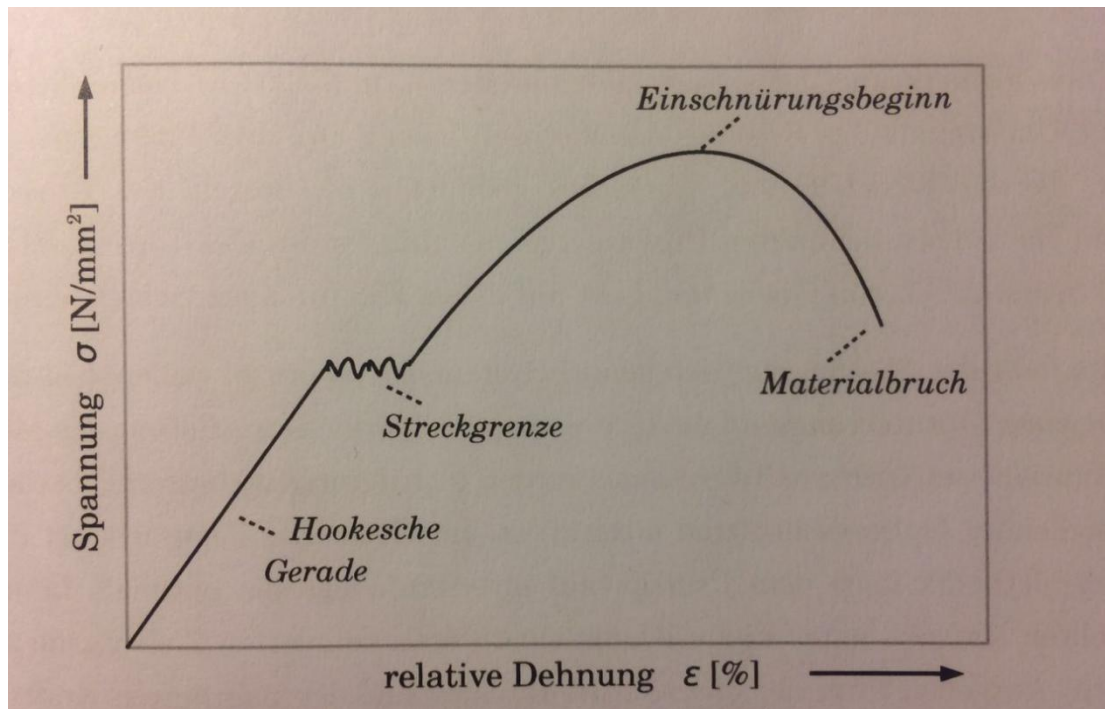


Abb. 14: Spannungs-Dehnungsdiagramm[5]

Der diesbezügliche Spannung-Dehnungs-Zusammenhang ist vorgegeben durch die umformmechanischen Materialparameter des Werkstücks, deren Verhalten, beeinflusst durch z.B. Elektromechanische Effekte, im hochdynamischen Bereich hingegen noch nicht vollends geklärt ist. In den für diese Arbeit relevanten Betrachtungen wird stets ein isotropes und inkompressibles Material vorausgesetzt, was zu jedem Zeitpunkt des Umformprozesses der Forderung nach einem konstant bleibendem Werkstückvolumen entspricht.

Die Effizienz des elektromagnetischen Umformprozesses wird maßgeblich durch die spezifische Leitfähigkeit des Werkstücks beeinflusst; Materialien mit



geringerer spezifischer Leitfähigkeit benötigen wegen der weitaus geringeren induzierten Stromdichte zusätzlich aufgebrauchte Treiberfolien aus gut leitfähigem Material, die den dort generierten elektromagnetischen Druck entweder direkt oder über ein Wirkmedium an das Werkstück weitergeben. Solche Treiberschichten sind nach nur in begrenztem Maße sinnvoll, da das Abklingen der Stromdichte in dünnwandigen Werkstücken deutlich flacher ausfällt und somit eine nennenswerte Dicke des einzusetzenden Materials benötigt wird, die jedoch prinzipbedingt wiederum einen großen Teil der Umformarbeit aufzehren würde. Die induzierte Stromdichte ruft aufgrund der endlichen Leitfähigkeit des Werkstücks Joulesche Verluste hervor, die sich in diesen Erwärmung bemerkbar machen und folglich die zur Umformung zur Verfügung stehende Energie verringern.[5]

## **3.2 Lösungen der technischen Einrichtungen**

Nach die oben genannt Grundlage können wir wissen, dass Anlage von elektromagnetischen Umformung ins zwei Teile geteilt wird, Energiespeicher und Umformanlage besteht aus Werkzeugspule und Matrize. Unser Rohteil wird schon als Tiefziehstahlblech bestimmt , deswegen sind die Wähle der Umformanlage ganz wenig. Das bedeutet, nur den Energiespeicher zu verändern. So wählte ich einige vorhandenen Energiespeicher einzuführen.

### **3.2.1 Energiespeicher**

Der Unterschied Zwischen Energiespeicher ist hauptsächlich in Entladeenergie und Steuerung. Ich wähle zwei unterschied Maschinen von eine Firma und ein Maschine von andere Firma zu vergleichen.



Abb. 15 PS8-16/25 [6]

Name	PS8-16/25
Entladeenergie( max )	8 KJ
Ladespannung	16 bis 25KV
Nennstoßstrom	Bis 320 KA
Max. Stromstoß	Bis 480 KA
Kurzschlussstrom	Bis 800 KA
Frequenz	Bis 100 KHz
Anzahl der Pulse pro Minute	12
Abmessungen	800x800 mm
Steuerung (SPS), Prozesskontrolle, VPN	integriert
Bauteile/min (spulenabhängig)	12 bis 600

Tabelle 1: Technische Daten von PS8-16/25 [6]



Abb. 16 PS48-16/25 [6]

Name	PS48-16/25
Entladeenergie( max )	48 KJ
Ladespannung	16 bis 25 KV
Nennstoßstrom	Bis 960 KA
Max. Stromstoß	Bis 1440 KA
Kurzschlussstrom	Bis 2400 KA
Frequenz	Bis 100 KHz
Anzahl der Pulse pro Minute	12
Abmessungen	1200x1600 mm
Steuerung (SPS), Prozesskontrolle, VPN	integriert
Bauteile/min (spulenabhängig)	12 bis 600

Tabelle 2: Technische Daten von PS48-16/25 [6]

Diese zwei Energiespeicher sind von PST GmbH. Abbildung 15 ( Abbildung 16 ) zeigt ein gesamte elektromagnetische Umformanlage. Es enthaltet ein Energiespeicher und ein Umformanlage, die Umformanlage kann nach dem

Produkt wechseln wird. Ein Steuerungssystem ist inner inklusiv, es benutzt ein perfekt System, was führt zu einfach und Sicherheit. Diese Maschine arbeitet mit hohe Spannung, es bringt mehr Energie für Impuls und aber mehr Verbrauch.



Abb. 17 IFE-10 [7]

Name	IFE-10
Entladeenergie( max )	10 KJ
Ladespannung	10 KV
Nennstoßstrom	Bis 80 KA
Max. Stromstoß	Bis 120 KA
Frequenz	Bis 50 KHz
Anzahl der Pulse pro Minute	6
Abmessungen	870x920 mm
Bauteile/min (spulenabhängig)	12 bis 600

Tabelle 3: Technische Daten von IFE-10 [7]

Abbildung 17 zeigt eine Maschine ,die IFE-10 genannt. Es ist nur ein einfach Energiespeicher mit kein Steuerungssystem, man muss ein neu SPS-System für es mit Computer schreiben. Aber es benutzt niedrige Spannung mit gleiche Spule. Es ist energiesparend und natürlich billiger.

## Umformanlage

Weil Rohteil ist Tiefziehstahlblech, wähle ich Flachumformspule als Werkzeug. Dann simuliere ich die Umformanlage wie folgende.

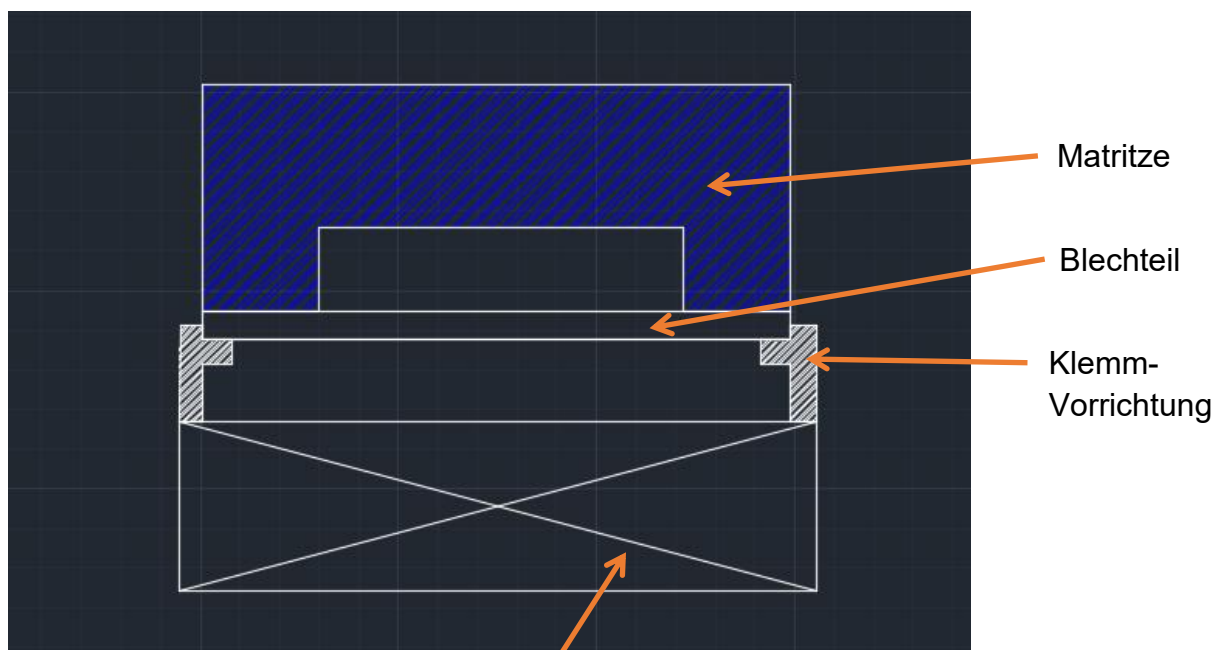


Abb. 18: Querschnitt der Simulation von Umformanlage



Abb. 19: Flachumformspule[8]

Wie oben gezeigt, besteht die Anlage aus drei Teile , Matritze, Klemmvorrichtung und Flachumformspule. Matritze und Klemmvorrichtung sind nach Rohteile wechselbar. Flachumformspule wird mit Energiespeicher verbindet.

### **Matrize**

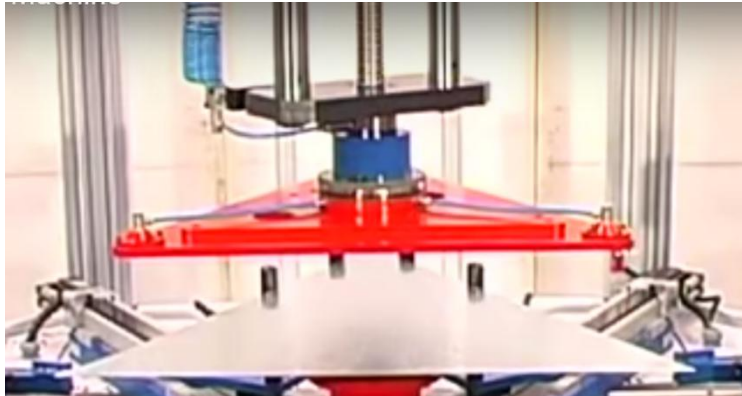


Abb.20 Matrize [9]

Abbildung 20 Zeigt eine Maschine mit Matrize, die kann oben und unter bewegen.

### **Klemmvorrichtung**

Ich wähle ein Plattenrundspeicher mit 5 Speicherplätze und 1 Integriertem Spannplatz. Abbildung 21 zeigt einen Plattenrundspeicher von andere Maschine und ich gebe eine Draufsicht des Speicher, der ich brauche, wie Abbildung 22 zeigt.

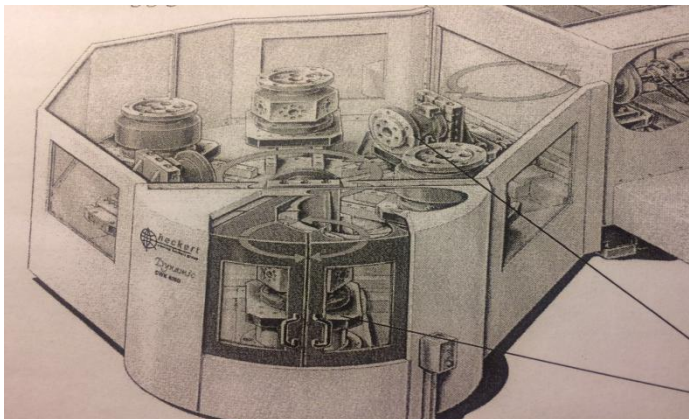


Abb. 21 Fertigungszelle FCWK 500 D [2]

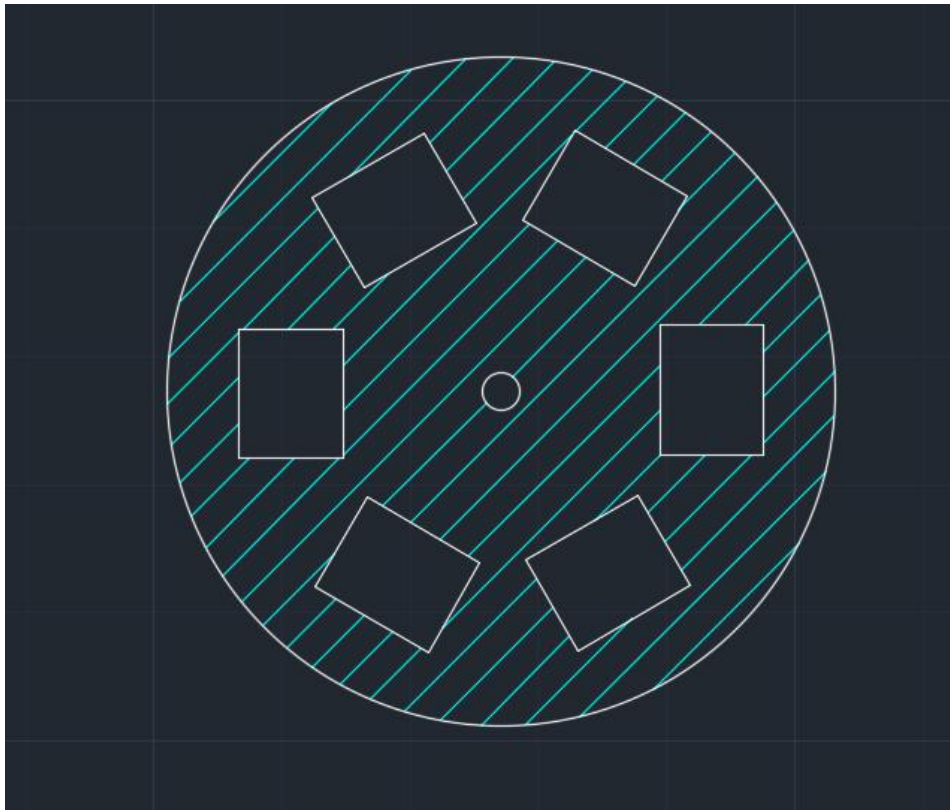


Abb. 22 Draufsicht des Plattenrundspeichers

#### 4. Auslegung und Bewertung von Lösungsvarianten

Weil die Rohteile schon bestimmt werden, ist das nur änderbar Teil der Energiespeicher. Die Funktion der unterschieden Energiespeicher ist gleich und ich habe in Abschnitt 3 schon erklärt, deswegen mache ich hier nur ein Bewertung für diese genannte Maschninen.

Ich bewerte durch folgende Bewertungskriterien.

##### **Ergonomie**

- ✓ Arbeitssicherheit
- ✓ Zuverlässigkeit

## Funktion

- ✓ Anwendungsbereich
- ✓ Montage
- ✓ Steuerung
- ✓ Geschwindigkeit der Produktion

## Betrieblich

- ✓ Anschaffungskosten
- ✓ Energieeffizienz

## Ergebnis

	PS8-16/25	PS48-16/25	IFE-10
Arbeitssicherheit	2	2	2
Zuverlässigkeit	2	2	2
Anwendungsbereich	1	2	1
Montage	2	2	1
Steuerung	2	2	1
Geschwindigkeit	2	2	1
Anschaffungskosten	1	0	2
Energieeffizienz	2	1	2
Summe	14	13	12
Gewichtung [%]	100	92.9	85.7

Tabelle 4: Bewertung

**0-normal, 1-gut, 2-Sehr gut**



$$\text{Gewichtung} = \frac{\sum \text{Sum.}}{\sum \text{Max}_{\text{sum.}}} * 100\%$$

Aus dieser Tabelle können wir passende Anlage einfach auswählen.

PS8-16/25 ist die beste Lösung für Energiespeicher.

## 5. Konzept mit Beispiel

### 5.1 Beispiel

Nach dem Rohteil und der Anlage wähle ich ein einfach Produkt, Gehäuse von Plattenheizung, als Beispiel.



Abb. 23 Plattenheizung [10]

Durch Abbildung 23 können wir wissen, das häupt Bestandteil des Gehäuses ist voder Blechteil. Und habe ich in Internet nachgeschlagen, dass es von Stahlblech herstellt wird. Unser Rohteil, das Tiefzieh-Stahlblech, ist natürlich eine gut Wahl.

Und dann baue ich ein Modell wie folgende.

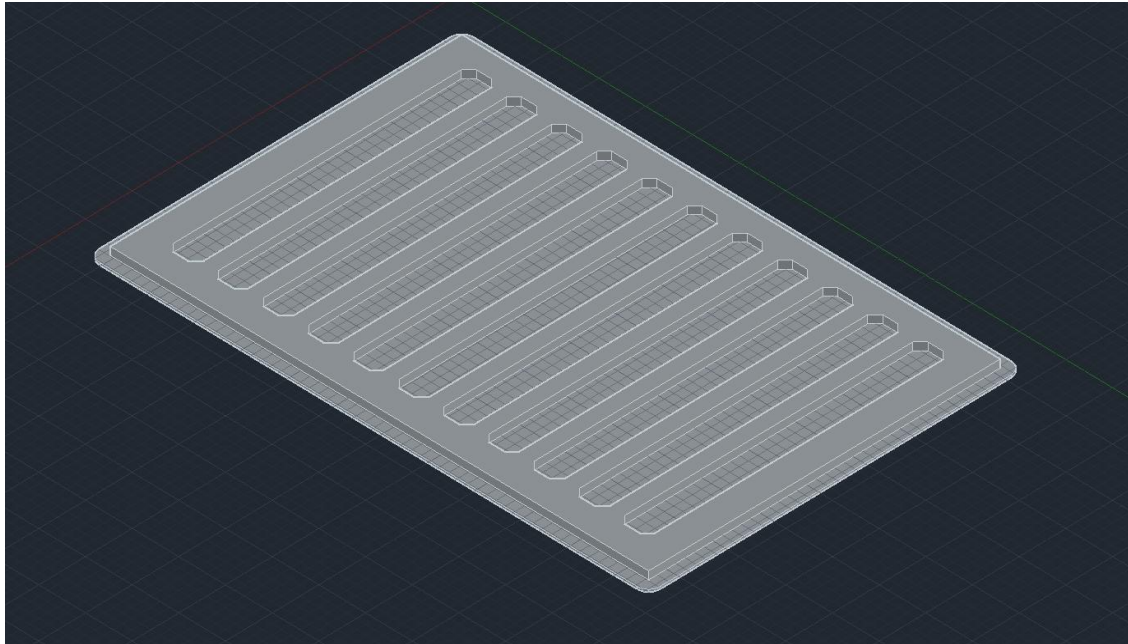


Abb. 24 3D-Sicht von Produkt

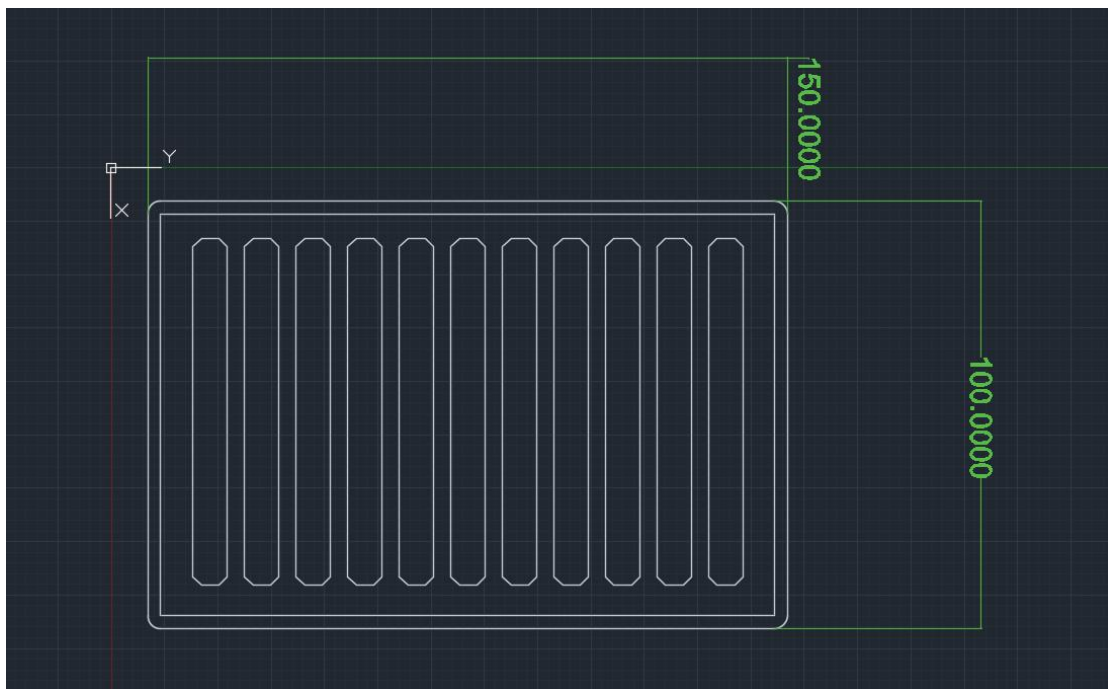
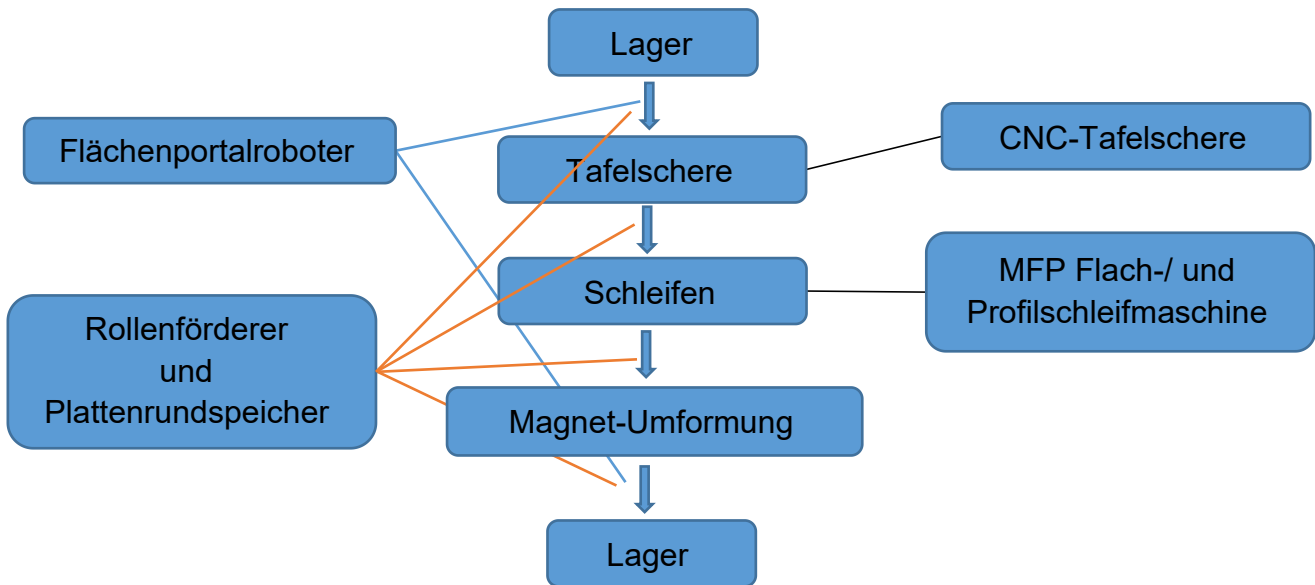


Abb. 25 Draufsicht von Produkt (cm)

## 5.2 Überblick vom ganzen Prozess



Von oben können wir das Prozess einfach wissen. Bevor Magnet-umformung sollen die Rohteile Vorbereitung gemacht werden. Es gibt zwei Schritte darin. Zuerste muss die Tiefzieh-Stahbleche ins kleine Bleche mit groß 1000mm x 1500mm geschneiden werden. Wir brauchen noch die Dicke der Bleche zu anderen. Dann schleifen wir die Blechen mit CNC Universal-Flachschleif Maschine. In diesem Schritt können die Oberfläche der Bleche auch poliert werden. Wenn Rohteile vorbereitet sind, durchfahren wir nächste Magnet-Umformung.

Die Blechzuschnitte wird durch ein Flächenportalroboter automatisch auf Rollenförderer eingelieget. Zwischen 3 Bearbeitung-Maschinen benutze ich Rollenförderer als Transportsystem. Und Maschinen werden von Plattenrundspeicher mit Rollentransfer verbunden. Am letzet wird die Produkte mit noch Flächenportalroboter ins Lager geschickt. Damit wird die Bleche immer zu nächste Position transportiert.

Ich wähle zwei CNC-Maschinen für Tafelshere und Schleifen, dann können voll Produkt-Linie einfach mit ein Computer zu steuern.

## **5.3 Grundlage und Maschinen im Prozess**

### **5.3.1 Tafelschere**

#### **5.3.1.1 Grundlage von Tafelschere**

Eine Tafelschere oder Schlagschere ist eine motorisch oder handbetriebene Werkzeugmaschine zum Schneiden von Blechtafeln, Kunststoffplatten oder Pappkartonagen. Beim Schneiden wird das Blech zwischen einem festen und einem beweglichen Messer in einem Arbeitsgang gerade abgeschert.

Das Besondere an der Tafelschere ist, dass sie lange, gerade Schnitte ermöglicht. Die Schnittlänge liegt in der Regel bei zwei Metern, jedoch sind bis zu 15 Meter realisierbar. Die schneidbaren Materialdicken liegen je nach Bauart der Maschine zwischen Bruchteilen eines Millimeters und 200 mm.

Vor dem Durchtrennen liegt der Werkstoff auf einer geraden Unterlage – dem Maschinentisch – und wird in der Schneidposition vom Niederhalter auf den Tisch gespannt. Das Untermesser ist bündig mit dem Tisch montiert, während das Obermesser bei kulissengeführten Scheren gerade herunterfährt oder bei Schwingschnittscheren auf einer Kreisbahn geführt wird.

Wichtig ist, dass zwischen dem Unter- und Obermesser ein Schneidspalt besteht. Je kleiner der Spalt, desto besser die Schnittfläche, doch steigen dabei auch die nötigen Bearbeitungskräfte und damit die Belastung der Schneidwerkzeuge.

Um eine zur Materialoberfläche rechtwinkelige Schnittfläche zu erhalten, muss das Obermesser mit einer Neigung von  $2^\circ$  bis  $3^\circ$  durch die Tafel scheren, da die Wirklinie der Scherkraft ebenfalls nicht senkrecht verläuft. Bei Schwingschnittscheren ist dies leicht durch die Lage der Drehachse zu gewährleisten. Blech, das angepresst vorne auf der Tafel liegt, bleibt sehr gut plan, während der hinten nach unten fallende Abschnitt, besonders wenn er schmal im Vergleich zur Schnittlänge ist, verbogen und verdrillt wird. Soll

dieser Abschnitt verwendet werden, muss er meist gerichtet werden. Auch ist es dann günstig, mit einem schrägen Brett die Fallhöhe zu reduzieren.

Die Lage des Schnitts am Blech kann durch den Schatten eines gespannten Drahts angezeigt werden. Schneidspalt und Schnittwinkel kann an guten Maschinen je nach Materialeigenschaften (Alu, Stahl) und -dicke eingestellt werden.

Bei Hebeltafelscheren ist das Obermesser an einem langen beweglichen Hebel angeschraubt. Das Schneiden erfolgt durch zügiges Herunterschwenken des Hebels per Hand – nur durch Schwung (Trägheitsmoment) kann die erforderliche hohe Momentanleistung aufgebracht werden. Das Ausbalancieren des Hebels in seiner oberen Position (Schere offen – Unfallgefahr) übernimmt ein Gegengewicht, das zugleich die Schwungmasse erhöht. An motorischen Scheren mit Schwungrad ist bisweilen das Wiederbeschleunigen unmittelbar nach dem Schnitt zu hören. Zum Schutz gegen Verrutschen beim Schneiden wird der Werkstoff von einem Niederhalter festgeklemmt. Der Niederhalter kann von Hand oder maschinell (pneumatisch, hydraulisch) angetrieben sein. Tafelscheren besitzen einen (manchmal motorisch) verstellbaren Anschlag, bis zu dem das Blech vor dem Niederhalten geschoben wird.[11]

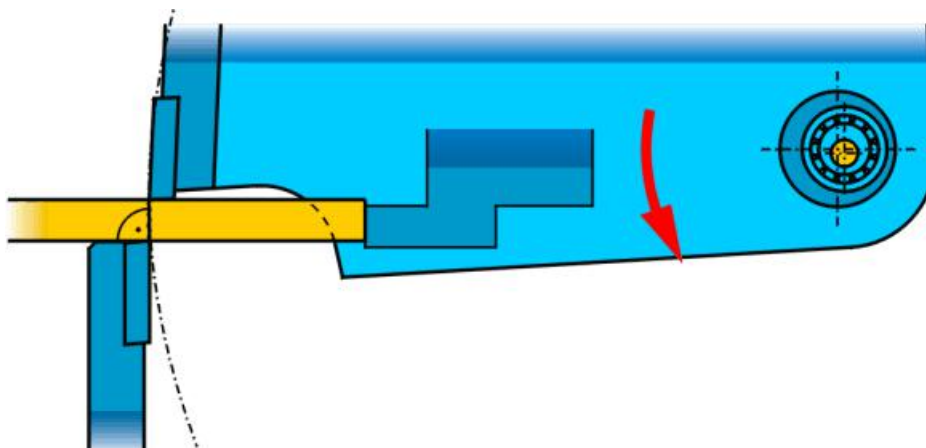


Abb. 26 Schwingschnitt[12]

### 5.3.1.2 CNC-Tafelshere

Ich wähle ein Maschine von Firma LGS.



*Abb. 27 CNC-Tafelschere LGS[13]*

Die CNC gesteuerten Tafelscheren der Baureihe LGS sind neu entwickelte Tafelscheren der SMD Europe. Es handelt sich dabei um CNC – gesteuerte Blechtafelscheren mit linearen Führungen, Schnittwinkel- und Schnittspaltverstellung. Die Tafelscheren haben eine CNC - Steuerung für die automatische Berechnung von Schnittwinkel, Schnittspalt und Abschnittbreite. Der Hinteranschlag auf Kugelrollführungen, positioniert automatisch gemäß programmierter Abschnittlänge.

Hinteranschlagverstellbereich 1.000 mm.

Diese vorbildliche serienmäßige Ausstattung der Tafelscheren gewährleistet eine sehr hohe Produktivität und Genauigkeit der Maschinen bei einfacher und komfortabler Bedienung. Die automatische Schnittspaltverstellung ermöglicht einen grat(freien)armen Zuschnitt unterschiedlichster Materialien bei gleichzeitiger größtmöglicher Schonung der Messerschneidkanten.

Das hervorragende Preis-/ Leistungsverhältnis macht diese Tafelscheren nicht nur zu einer in einer Blechbearbeitung unabdingbaren Investition, sondern ermöglicht dem Anwender auch eine rasche Amortisation der ausgegebenen Investitionsmittel. [13]

## 5.3.2 Schleifen

### 5.3.2.1 Grundlage von Schleifen

Schleifen ist ein seit dem Altertum bekanntes spanendes Fertigungsverfahren zur Fein- und Fertigbearbeitung von Werkstücken. Es lässt sich manuell oder auf Schleifmaschinen anwenden. Wie bei allen spanenden Verfahren wird dabei überschüssiges Material in Form von Spänen abgetrennt. Als Schneiden fungieren dabei die Kanten der mikroskopisch kleinen, harten, mineralischen Kristalle im Schleifwerkzeug. Schleifwerkzeuge bestanden im Altertum aus geeigneten Steinsorten wie etwa Mühlsandstein. Heute werden Schleifwerkzeuge in der Regel industriell hergestellt indem mineralisches Schüttgut wie zum Beispiel Korund mit einem Bindemittel zu Schleifscheiben, -steinen oder -bändern gefügt wird.

Schleifen zählt gemeinsam mit dem Honen zum Spanen mit gebundenem Korn, während beim Läppen und Gleitspanen das Korn lose vorliegt. Da die Anzahl der im Eingriff befindlichen Körner ebenso wenig bekannt ist wie ihre Geometrie oder Lage zum Werkstück, zählt das Schleifen, wie auch das Honen und Läppen zum Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide. Es ist jedoch bekannt dass die meisten Körner einen negativen Spanwinkel aufweisen. Die beim Schleifen als Neben- bzw. Abfallprodukt entstehenden Späne werden als Schleifstaub bezeichnet.

Das Schleifen eignet sich auch für harte Werkstoffe wie gehärteten Stahl oder Keramik die bis zum Ende des 20. Jahrhunderts durch Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide wie das Drehen, Fräsen oder Bohren nicht zu bearbeiten waren. Daher wurde und wird üblicherweise die gewünschte Form der Werkstücke zunächst im weichen Zustand durch diese Verfahren grob herausgearbeitet, um nach dem Härten durch Schleifen die Endform und Oberflächenqualität zu erreichen. Seit dem Hartzerspanen einerseits und

immer leistungsfähigeren Schleifprozessen andererseits verschimmt diese Grenze zusehends.[14]

### 5.3.2.2 MFP Flach-/ und Profilschleifmaschine



*Abb. 28 MFP Flachsleifmaschine[15]*

Mit der MFP Serie deckt Mägerle den Bedarf an Flach- und Profilschleifmaschinen umfassend ab. Diese Maschinen sind auf das Tiefschleifen sowie die Profil- und die Flachsleifbearbeitung im Pendelverfahren spezialisiert. Ihr ganzes Leistungspotenzial entfalten sie dort, wo Werkstücke in grossen Serien und bei hohen Abtragsvolumen in der gewohnt hohen Mägerle-Präzision zu fertigen sind. Dank der robusten Konstruktion meistern die Maschinen der MFP Serie diese hohen Anforderungen auch im harten 24/7-Dauerbetrieb. Die Mägerle MFP Serie ist modular konzipiert. Tischlängen und Vertikalhübe in einer grossen Bandbreite sind frei mit unterschiedlichen Zusatzachsen und Spezialkomponenten kombinierbar. Dieser flexible Baukasten ermöglicht vielseitige



Maschinenkonfigurationen, die sich exakt an den spezifischen Anwenderbedürfnissen orientieren.[15]

## 5.4 Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen

In Abschnitt 5.2 habe ich schon genannt. Es gibt 2 Flächenprotalroboter, 3 Plattenrundspeicher und ein Rollenförderer in meinem Konzept. Hier möchte ich diese Anlage einführen.

### 5.4.1 Materialfluss

Materialfluss ist die Zusammenfassung aller Lager-, Speicher- und Bewegungsvorgänge beim Ver- und Entsorgen von Lagern Puffern und Arbeitsstationen. Diese Prozesse betreffen Rohstoffe, Werkstücke, Werkzeuge, Betriebsmittel und Abfallstoffe. [2]

Wie ich in Abschnitt 5.2 gezeigt, dass Produkt durch drei Arte von Anlagen transportieren wird. Ich werde noch deutlicher diese Verbindungen demonstrieren(wie folgende).

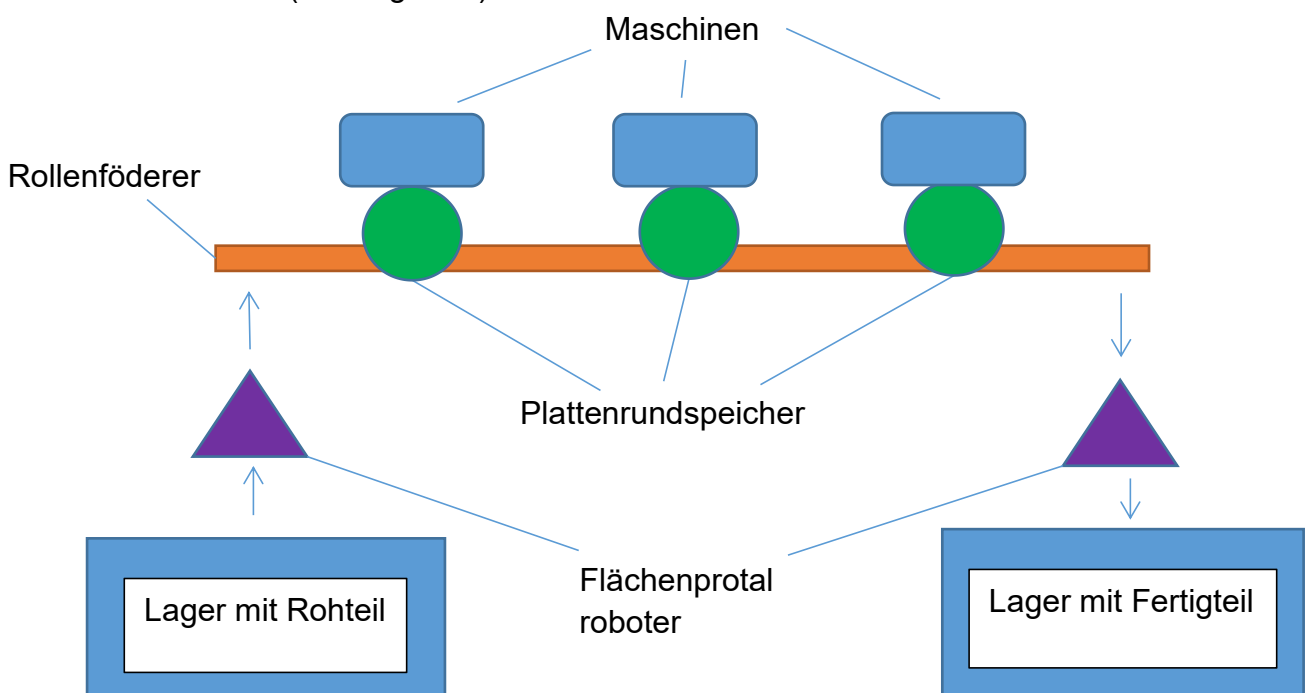


Abb. 29 Mateialfluss

## 5.4.2 Transportsystem mit Rollenförderer

Eine wichtige Grundlage für die Auslegung eines FFS bezüglich der Anordnung der Bearbeitungsstationen stellt das Transportsystem dar, woraus sich prinzipiell die vier Grundstrukturen

- Linearstruktur
- Ringstruktur
- Flächenstruktur
- Leiternstruktur

des Transportsystems ableiten lassen.[2]

Weil in meinem Konzept nicht so viel Bearbeitungszentrum enthalten ist, wähle ich einfachste Linearstruktur wie folgende gezeigt.

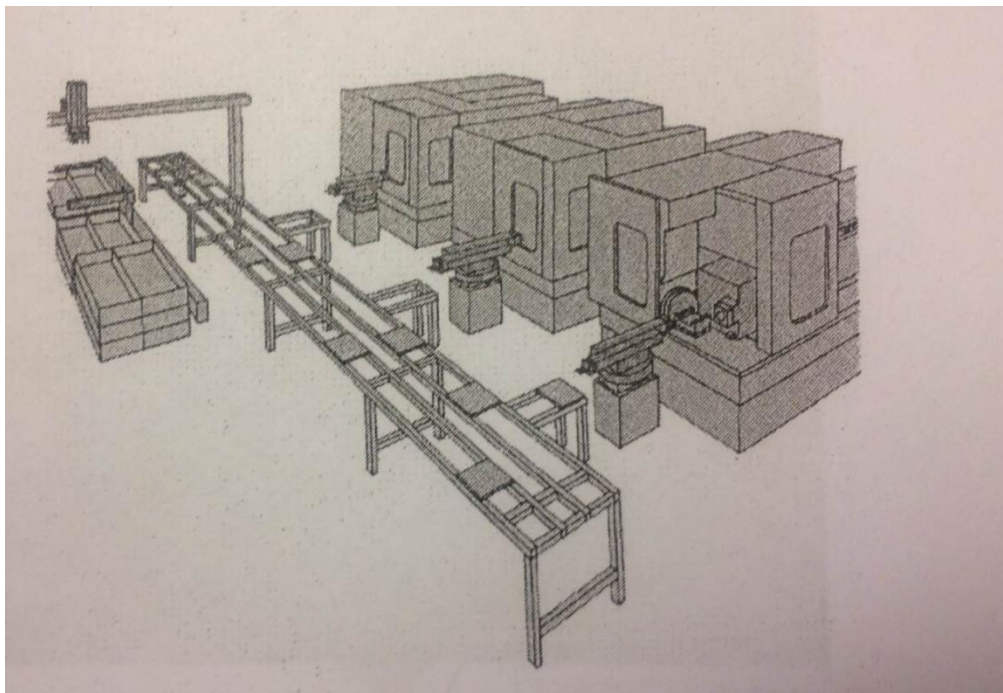


Abb. 30 Linearstruktur eines Transportsystem[2]

Und in diesem Transportsystem benutze ich Rollenförderer als Transportmittel.

## Rollenförderer

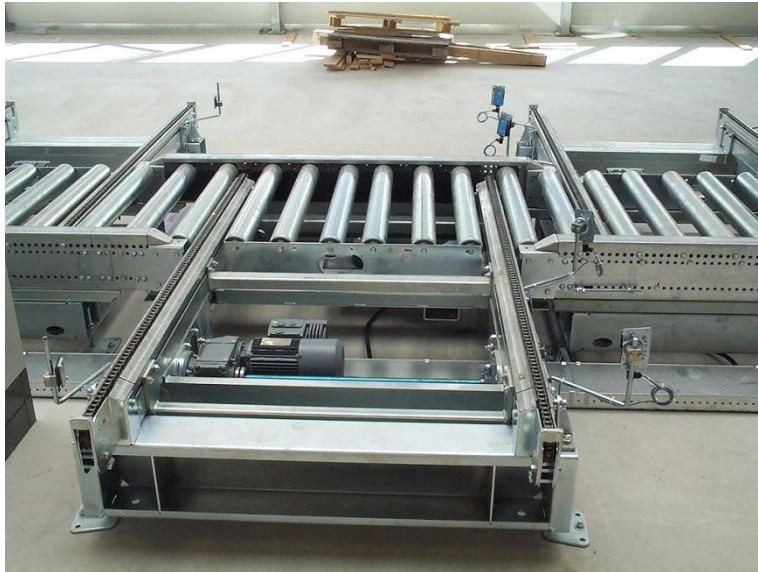


Abb. 31 Rollenbahn mit Kettenhubumsetzer zum Ausschleusen[16]



Abb. 32 Rollenbahnen und Verschiebewagen[17]

Der Rollenförderer (auch Rollentransfer) bezeichnet eine stationäre Anlage innerhalb der Fördertechnik bei der die Ware über eine Anordnung von Rollen aus dem Transportvorgang ausgeschleust wird. Rollenbahnen werden innerhalb eines Produktionsprozesses vielseitig eingesetzt: Von der Sortierung,

Verteilung und Lagerung von Rohmaterial und letztendlich in der Kommissionierung.

Rollenbahn mit Kettenhubumsetzer zum Ausschleusen

Rollenförderer haben den Vorteil durch eine Art Baukastenprinzip den zur Verfügung stehenden räumlichen Bedingungen angepasst werden zu können, so dass unter anderem Erweiterungen umsetzbar sind. Ebenso anpassungsfähig sind sie, wenn es um das Gewicht der zu transportierenden Ware geht, so kann schweres und leichtes Stückgut durch Rollenförderer ausgeschleust werden. Die Rollen selbst bestehen aus Stahl oder Kunststoff, in Abhängigkeit von dem Gewicht der auszuschleusenden Ware. Die Rollen von Rollenförderern können verschiedene Breiten haben. Schmale Rollen werden Scheibenrollen oder Röllchen genannt. Mehrere auf einer Achse angebrachte Röllchen (egal ob nebeneinander oder hintereinander) bilden Scheiben- oder Rollenbahnen.[18]

Die Positionen von drei Maschinen sind nicht bestimmt, und Rollenförderer ist einfach verlängert. So es ist die beste Wahl für mein Zentrum.

### 5.4.3 Flächenportalroboter

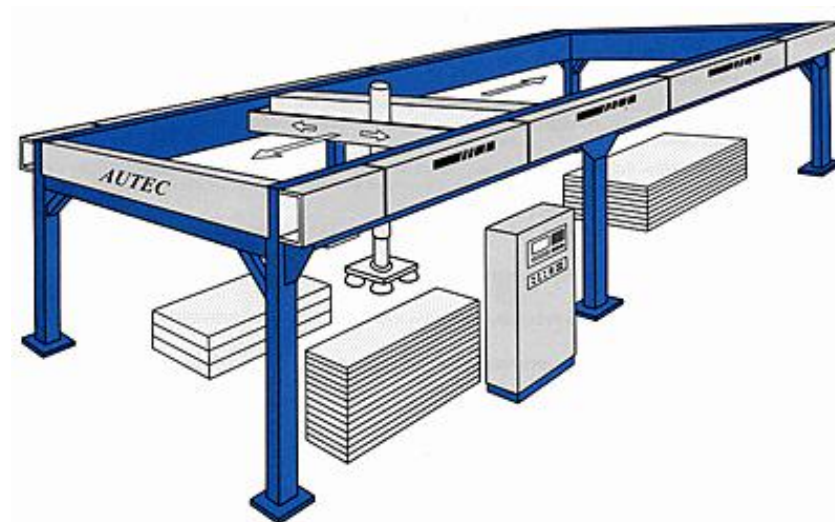


Abb. 33 Flächenportalroboter [20]

Flächenportale, auch als Flächen-Portalroboter oder Raumportale bezeichnet, sind in XYZ-Richtung verfahrbare kartesische Roboter, die durch standardisierte Baukastensysteme oder komplett anwendungsspezifisch realisiert werden. Flächenportale basieren auf einem in XY-Richtung verfahrbaren Linearachssystem, das eine vertikale Z-Achse trägt. Dadurch entsteht ein quaderförmiger Arbeitsraum, in dem die Werkstücke oder Werkzeuge in XZY-Richtung dreidimensional bewegt werden können. Zusätzlich können weitere Drehachsen oder mehrfache Greifer vorhanden sein. Raumportale ermöglichen große Fahrwege und die Handhabung großer Lasten in Abgrenzung zu Gelenkarmrobotern mit beschränkter Reichweite und Tragkraft.

Der Antrieb des Flächen-Portalroboters erfolgt typischerweise durch Elektromotoren mit Kraftübertragung durch Zahnriemen und Zahnstangen, auch der Einsatz von Achsen mit Linearmotor-Direktantrieben ist möglich.

### **Funktionsprinzip**

Für leichtere Aufgaben sind weitgehend standardisierte Systeme im Baukastensystem erhältlich, Linienportale mit großen Abmessungen oder für hohe Lasten werden meist anwendungsspezifisch aufgebaut. Die Y-Achse ist auf zwei feststehenden Linearführungen als X-Achsen gelagert, was die Aufnahme von Drehmomenten ermöglicht. Feststehende X-Achsen können auch unterstützt sein.

Als Z-Achse können spezielle Vertikalachsen zum Einsatz kommen wie z. B. Teleskopachsen, die große Fahrwege bei geringer Einbaulänge erlauben. Die Fahrweggeschwindigkeit, Dynamik und Antriebskraft des Portals hängt von der Antriebsart sowie von der Kraftübertragung der Achsen ab. Meistens werden die Achsen durch extern angebaute Servo- oder Schrittmotoren angetrieben, indem die Drehbewegung des Motors über eine Kraftübertragung mit Zahnriemen oder Zahnstange in eine lineare Bewegung umgesetzt wird.

Zahnriemen ermöglichen eine hohe Verfahrgeschwindigkeit bei relativ geringer Haltekraft. Zahnritzel-Zahnstangen-Kombinationen ermöglichen die Realisierung großer Verfahrstrecken. Achsen mit Linearmotor-Direktantrieb verfügen über sehr hohe Dynamik, Verfahrgeschwindigkeit und Positioniergenauigkeit, bieten jedoch nur geringere Vorschub- und Haltekräfte. Wenn keine frei programmierbare Bewegung erforderlich ist und geringe Kräfte ausreichen, lassen sich auch kolbenlose pneumatisch angetriebene Einheiten verwenden.[19]

#### 5.4.4 Plattenrundspeicher



Abb. 34 Bearbeitungszentrum HEC 1250 mit Paletten-Rundspeicher [21]

Flexible Automationskonzepte steigern die Produktivität. Die Automationslösungen zeichnen sich besonders durch Benutzerfreundlichkeit und Geschwindigkeit aus.

Höchste Verfügbarkeit und flexibler Einsatz durch Modulbauweise sind die Garanten für eine erfolgreiche Automatisierung von horizontalen Bearbeitungszentren aller namhaften Hersteller. Dabei reicht das Spektrum von der flexiblen Fertigungszelle bis hin zur verketteten Anlage.

Wie Abbildung 22 gezeigt, unser Plattenrundpeicher gibt es 6 Plätze. 2 Plätze sind mit Rollenbahn verbunden und ein Platz ist den Eingang der Maschine. Dieses Gerät sorgt für eine unaufhörliche Produktion und die Produktionsgeschwindigkeit zu verbessern.

## 6. Zusammenfassung

Die Arbeit beschäftigt sich mit einer Erstellung eines Konzeptes für ein Magnet-Umformung-Zentrum für Blechteile aus Tiefzieh-Stahlblech.

Im ersten Teil wurde das flexible Fertigungssystem vorgestellt. Und in dem gibt es noch Grundlagen über Tiefziehstahl und elektromagnetische Umformtechnik. Der fließende transiente Impulsstrom erzeugt ein starkes Magnetfeld, das zeitlich eine Kraft auf dem Blech ausüben kann. Dann werden die Funktionen von jeder Teil des Magnet-Umformanlage erklärt. Energiespeicher erzeugt einen Impulsstrom für die Umformanlage. Stahlblech verändert sich nach der Form der Matrize.

Mittlerweile wurde der Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen in einem Fertigungssystem erklärt. Bei diesem Teil kann man jeden Prozess und Maschine für dieses Zentrum lernen.

Im Konzept stellt eine vollautomatische Produktionslinie, die mit CNC gesteuert ist. Es ist mehr bequem und mit höherer Produktionsgeschwindigkeit im Vergleich mit traditioneller Bearbeitungstechnik. Kann in der Zukunft erfüllt werden, erst dann diese neue Technik viele alte Bearbeitungszentren.



## Selbstständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorgelegte Bachelorarbeit eigenständig verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen, Darstellungen und Hilfsmittel benutzt habe. Dies trifft insbesondere auch auf Quellen aus dem Internet zu. Alle Textstellen, die wortwörtlich oder sinngemäß anderen Werken oder sonstigen Quellen entnommen sind, habe ich in jedem einzelnen Fall unter genauer Angabe der jeweiligen Quelle, auch der Sekundärliteratur, als Entlehnung gekennzeichnet.

Ich erkläre hiermit weiterhin, dass die vorgelegte Arbeit zuvor weder von mir noch – soweit mir bekannt ist von einer anderen Person an dieser oder einer anderen Hochschule eingereicht wurde.

Darüber hinaus ist mir bekannt, dass die Unrichtigkeit dieser Erklärung eine Benotung der Arbeit mit der Note “nicht ausreichend” zur Folge hat und dass Verletzungen des Urheberrechts strafrechtlich verfolgt werden können.

22.03.2017 , Merseburg

Zhang Jizhou

# Literaturverzeichnis

- [1] Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung: Fertigungssysteme; Prof.Dr.-Ing R.Kademann
- [2]Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung: Fertigungssysteme;  
Prof.Dr.-Ing R.Kademann
- [3] <https://de.wikipedia.org/wiki/Tiefziehen>
- [4] <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetumformung>
- [5] Zielgerichteter Entwurf von Werkzeugsystem und Energiespeicher für die  
Elektromagnetische Blechumformung  
Dipl. -Ing. Phillipp Werdelmann
- [6] <http://www.pstproducts.com/emtmaschinen.htm>
- [7]<http://www.icpe.ro/files/8/Electromagnetic%20forming%20machine%20type%20%20IFE.pdf>
- [8] <https://www.mikrocontroller.net/topic/322461>
- [9] [https://www.youtube.com/watch?v=yaDKR4TH\\_xo](https://www.youtube.com/watch?v=yaDKR4TH_xo)
- [10][https://de.wikipedia.org/wiki/Heizk%C3%B6rper#/media/File:Radiator\\_op\\_blau\\_w-wit-gestreepte\\_tegels.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Heizk%C3%B6rper#/media/File:Radiator_op_blau_w-wit-gestreepte_tegels.JPG)
- [11] <https://de.wikipedia.org/wiki/Tafelschere>
- [12] [https://de.wikipedia.org/wiki/Tafelschere#/media/File:Schwing\\_grafik.gif](https://de.wikipedia.org/wiki/Tafelschere#/media/File:Schwing_grafik.gif)
- [13] <http://www.hs-maschinentech.de/de/maschinen/smd/tafelschere-lgs/#tech>
- [14] [https://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen\\_\(Fertigungsverfahren\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Schleifen_(Fertigungsverfahren))
- [15] <https://www.maegerle.com/de/produkte/mfp-flach-und-profil/mfp.html>
- [16][https://de.wikipedia.org/wiki/Rollenf%C3%B6rderer#/media/File:Kettenf%C3%B6rderer\\_in\\_der\\_Vorzohne\\_eines\\_Hochregallagers.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Rollenf%C3%B6rderer#/media/File:Kettenf%C3%B6rderer_in_der_Vorzohne_eines_Hochregallagers.JPG)
- [17][https://de.wikipedia.org/wiki/Rollenf%C3%B6rderer#/media/File:Roller\\_conveyo  
r\\_for\\_totes\\_and\\_cartons.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Rollenf%C3%B6rderer#/media/File:Roller_conveyor_for_totes_and_cartons.jpg)
- [18] <https://de.wikipedia.org/wiki/Rollenf%C3%B6rderer>

[19] <http://www.xpertgate.de/produkte/Flaechenportale.html>

[20] [https://www.google.de/search?q=F1%C3%A4chenportalroboter&esv=2&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmtLGwIOTSAhUKDMAKHVHcBBUQ\\_AUIBygC&biw=1536&bih=686#imgrc=XGnNi5H2N3g2bM](https://www.google.de/search?q=F1%C3%A4chenportalroboter&esv=2&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjmtLGwIOTSAhUKDMAKHVHcBBUQ_AUIBygC&biw=1536&bih=686#imgrc=XGnNi5H2N3g2bM)

[21] <http://www.ing-buero-schemmer.de/joomla/index.php/werksvertretungen>

# Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Elemente und Grundaufbau eines FFS

Abb.2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen

Abb.3: Struktur eines flexiblen Fertigungssystem

Abb.4: Wirkungsweise eines Feldformers

Abb.5:Kompression eines Rohres

Abb.6:Verbinden von Welle und Gelenk mittels Kompression

Abb.7:Expansion eines Rohres

Abb.8:Flachumformung

Abb.9:Trennen mittels Flachspule

Abb.10: Prinzipanordnung der zur elektromagnetischen Umformung benötigten Komponenten

Abb. 11: Schematischer Aufbau von Anlagen zur elektromagnetischen Umformung

Abb. 12: Schematische Darstellung der zur Energiespeicherung

Abb. 13: Unterschiedliche Werkzeugspulen

Abb. 14: Spannungs-Dehnungsdiagramm

Abb. 15: PS8-16/25

Abb. 16: PS48-16/25

Abb. 17: IFE-10

Abb. 18: Querschnitt der Simulation von Umformanlage

Abb. 19: Flachumformspule

Abb. 20: Matrize

Abb. 21: Fertigungszelle FCWK 500 D

Abb. 22: Draufsicht des Plattenrundspeichers

Abb. 23: Plattenheizung

Abb. 24: 3D-Sicht von Produkt

Abb. 25: Draufsicht von Produkt

Abb. 26: Schwingschnitt

Abb. 27: CNC-Tafelshere LGS

Abb. 28: MFP Flachsleifmaschine

Abb. 29 :Materialefluss

Abb. 30: Linearstruktur eines Transportsystem

Abb. 31: Rollenbahn mit Kettenhubumsetzer zum Ausschleusen

Abb. 32: Rollenbahnen und Verschiebewagen

Abb. 33: Flächenportalroboter

Abb. 34: Bearbeitungszentrum HEC 1250 mit Paletten-Rundspeicher

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Daten von PS8-16/25

Tabelle 2: Technische Daten von PS48-16/25

Tabelle 3: Technische Daten von IFE-10

Tabelle 4: Bewertung