

Mengchao Ye

Mechatronik

Hochschule Merseburg



---

Hochschule Merseburg

Fakultät für Ingenieur- und Naturwissenschaften



## Bachelorarbeit

Im Studiengang mechatronik, Industrie- u. Physiktechnik

**Thema:** Erstellung eines Konzeptes für ein Zentrum zur Hochgeschwindigkeitsumformung nach dem Prinzip des Magnetumformens für Blechteile aus Tiefziehstahl unter Berücksichtigung der Handhabung von Ausgangs- und Fertigteil

**Betreuer:** Prof. Dr. –Ing. Rolf Kadmann; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW  
Dipl. –Ing. (FH) Thomas Kirchofer; Hochschule Merseburg, Fachbereich INW

Verfasser: Mengchao Ye

E-mail: yeyeye19920610@gmail.com

Anschrift: Rheinstr. 33. merseburg 06217

matrikelnummer: 20095

Abgabetermin: 20. 3.2017

---

## Inhaltverzeichnis

1. Einleitung.....	4
1.1 Aufgabestellung.....	4
1.2 Lösung der Aufgabenstellung.....	4
2. Grundlage.....	5
2.1 Vertigungssystemauslegung.....	5
2.2 Flexibles Fertigungssystem (FFS).....	5
2.2.1 Aufbau des Fertigungssystems.....	7
2.2.2 Varianten flexibler Fertigungssysteme (FFS).....	8
2.3 Automatisierung des Fertigungssystems.....	9
2.4 Hochgeschwindigkeitumformung.....	10
2.4.1 Vorbemerkungen.....	10
2.4.2 Anwendungscharakteristik.....	11
2.5 Tiefziehstahl.....	12
2.5.1 Verfahren.....	12
2.5.2 Werkstoffe.....	13
2.6 Elektromagnetische Umformung.....	14
2.6.1 Grundlage der Elektromagnetischen Umformung.....	14
2.6.2 Verfahren der Elektromagnetischen Umformung.....	15
2.6.3 Schwerpunkte der elektromagnetischen Umformung.....	18
2.6.3.1 Produktentwicklung.....	18
2.6.3.2 Umformen.....	18
2.6.4 Aufbau für die Elektromagnetische Umformung.....	19
2.7 Genutzte Einrichtungen und Werkzeuge.....	22
2.7.1 Stoßstromanlage.....	22
2.7.2 Induktor.....	24
2.7.3 Gesenk.....	25

---

2.7.4 Schneidwerkzeuge.....	26
2.7.5 Sensorik.....	28
3. Auslegung und Bewertung der Lösungsvarianten.....	29
3.1 ARCHIMEDES EMF-60 (Magnet-Umformsystem).....	29
3.2 Bmax MP Systems (Magnet-Umformsystem).....	31
3.3 PS32-16/25 (Magnet-Umformsystem).....	32
3.4 Bewertungskriterien und Ergebnis.....	33
4. Beschreibung der Lösung und Begründung.....	34
4.1 Produkte der Lösungsvariante.....	34
4.2 Produktionsprozess und Begründung.....	35
4.3 Vorbereitungen.....	35
4.4 Bearbeitung.....	37
4.5 Begründung.....	38
5. Zusammenhang zwischen Schnittstellen.....	40
5.1 Materialfluss.....	40
5.2 Transportsystem.....	41
5.2.1 Verteilung von Transportsystem.....	44
5.2.2 Transportmittel des Konzeptes.....	45
5.3 Handhabung.....	45
6. Zusammenfassung.....	46
Selbstständigkeitserklärung zur Bachelorarbeit.....	47
Literaturverzeichnis.....	48
Abbildungsverzeichnis.....	49
Tabelle.....	51

---

## 1. Einleitung

### 1.1 Aufgabestellung:

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 Maschinenbautechnische und organisatorische Besonderheiten aufzuzeigen und deren Einbindung in den Prozessablauf zu analysieren.

### 1.2 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 Lösung für die o.g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung der unter Abschnitt 2 ermittelten Lösungsvarianten
4. Beschreibung einer möglichen Lösung an einem selbst gewählten Beispielteil (mit Begründung)
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

---

## 2. Grundlage

### 2.1 Vertigungssystemauslegung

Oftmals werden auch zusammenhängende Fertigungssysteme in einem Layout dargestellt. Im Bereich der spanenden Bearbeitung wird dies häufig anhand der Gewerkeaufteilung in Drehen, Fräsen, Bohren, Sägen und Schleifen durchgeführt, sodass jede spezifische Fraktion innerhalb der Fertigungsplanung auch Verantwortliche für die Ausplanung des Layouts hat. Da das Layout vor allem aus den Prozessen und Fertigungstechnologien abgeleitet wird, ist die Ansiedlung in der Fertigungsplanung zweckmäßig, jedoch die Zusammenarbeit mit der Fabrikplanung in Form von Simultaneous Engineering unerlässlich. Dies kann auch eine Ansiedlung in der Fabrikplanung als verantwortliche Abteilung für alle Strukturthemen rechtfertigen. [1]

### 2.2 Flexibles Fertigungssystem (FFS)

Die Erhaltung der Wettbewerbersfähigkeit erfordert von produzierenden Unternehmen den Einsatz eines effizienten Fertigungskonzeptes und entsprechender Fertigungseinrichtungen. Aus diesem Grund investieren zunehmend auch klein- und mittelständische Unternehmen in flexible Fertigungslösungen.

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtungen stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems eine sehr komplexe Aufgabe dar, die durch einen das Gesamtsystem (technisch-technologisch, 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 und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

In Vergleich zu herkömmlichen Fertigungseinrichtungen sind die Planung und Inbetriebnahme des Flexiblen Fertigungssystems (FFS) sehr komplex, welche durch den das Gesamtsystem (technisch-technologisch, betriebsorganisatorisch

und betriebswirtschaftlich) beobachtenden Planungsansatz überwunden werden kann. Die Fertigungssysteme sind Mehrmaschinensysteme durch übergeordnete Steuerung in Form des Leitrechners. [1]

Dabei müssen folgende Hauptmerkmale herangezogen werden.

- die Systemkomponenten
- das Personal
- die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- das Informationssystem
- die organisatorische Integration in den innerbetrieblichen Produktionsprozess

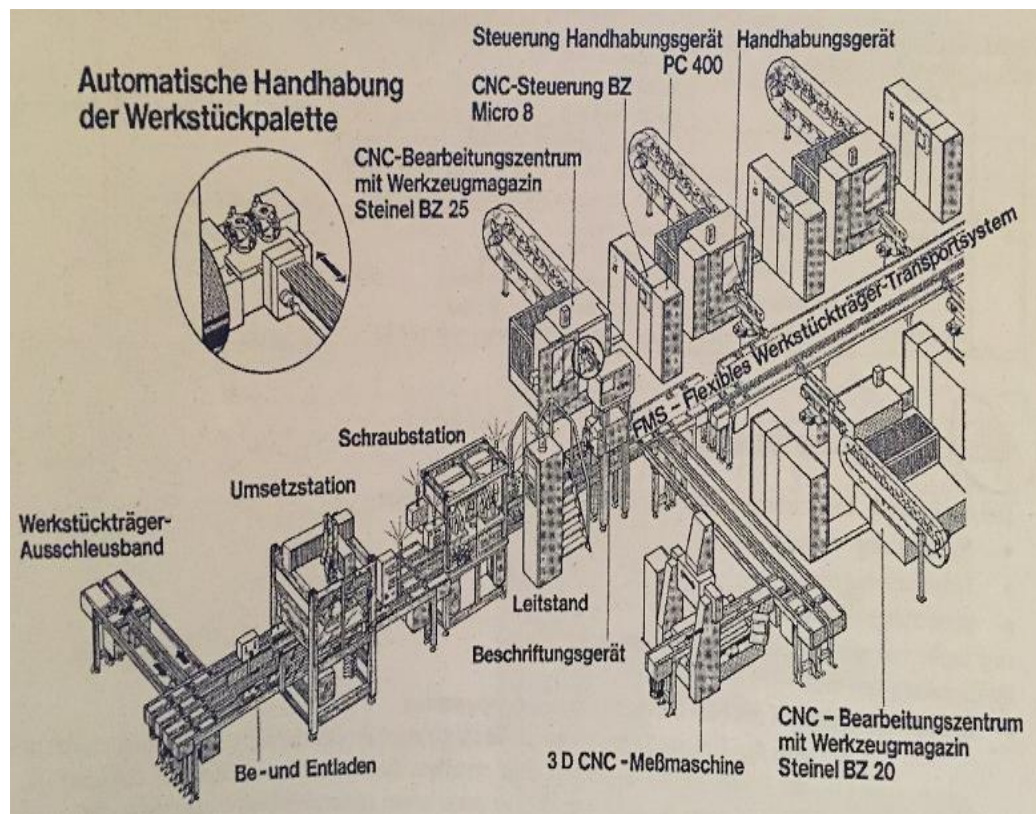
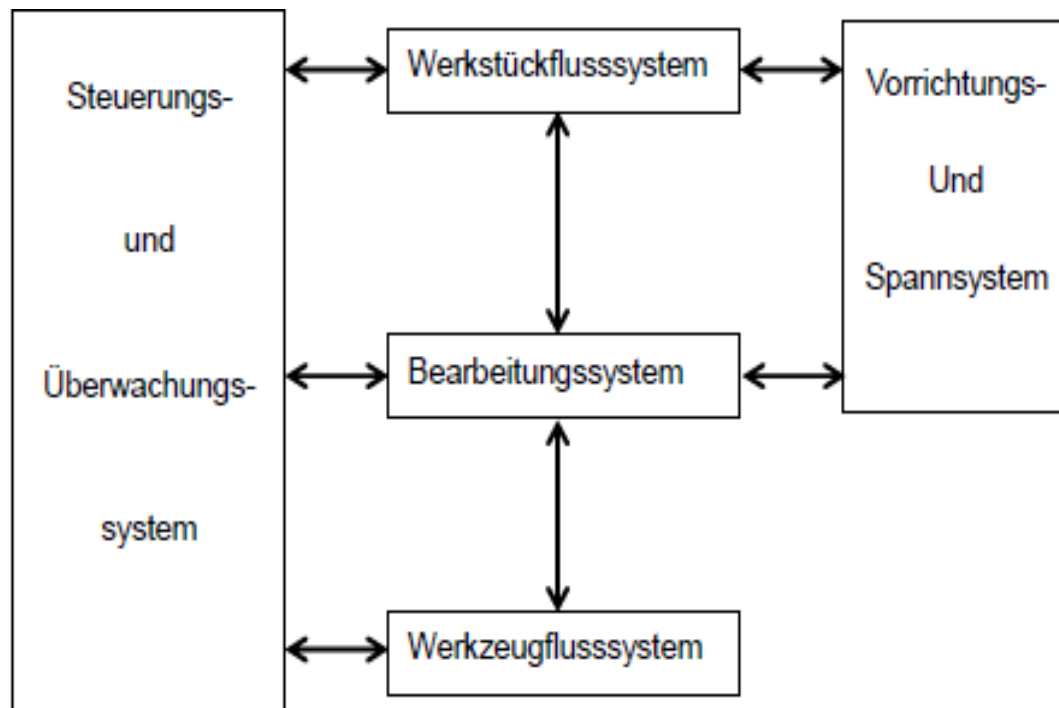


Abb. 1: Werkzeugmaschinen (Quelle: Fertigungssystem)

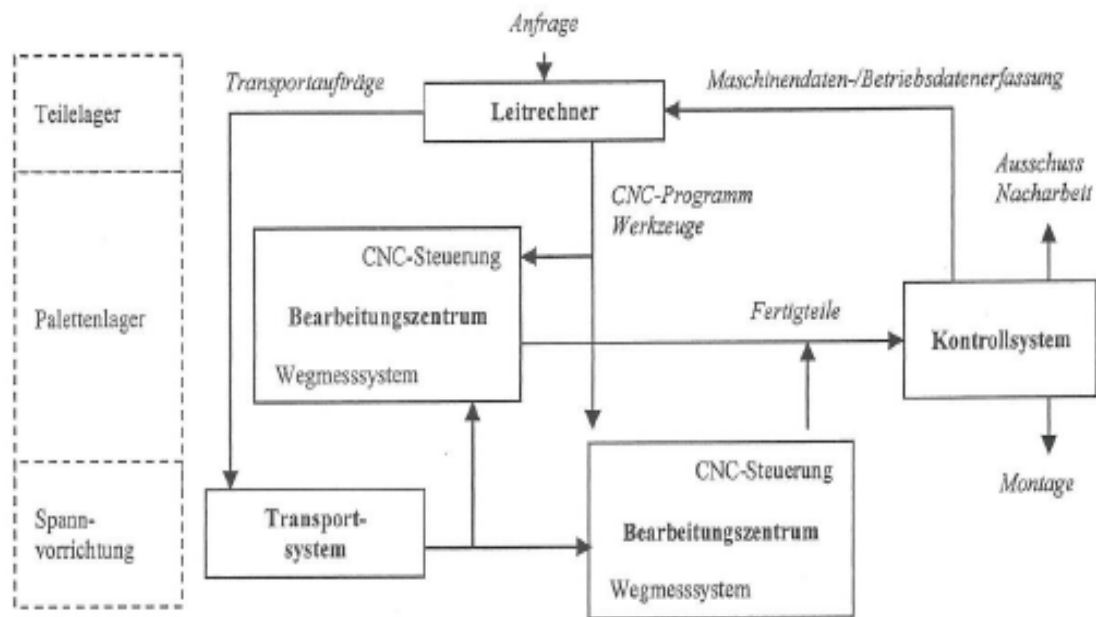
### 2.2.1 Aufbau des Fertigungssystems

Das Fertigungssystem wird unter betrieblichen Bedingungen aus einer technischen und organisatorischen Einheit aus unterschiedlichen Einzelkomponenten zusammengesetzt. Anbei stellt (Abb.2) die Elemente eines Flexiblen Fertigungssystems dar. [2]



**Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen (Quelle:Internet)**

Während der Blechbearbeitung soll ein komplexes und genaues Fertigungssystem vorbereitet und kalibriert eingestellt werden. Das ganze System wird in Leitreehner gespeichert. Der Leitreehner steuertdie Maschinen, und Transportaufträgeund auch Fertigungsdaten werden zurückgemeldet. Im Folgenden wird die Struktur eines flexiblen Fertigungssystems dargestellt. [2]



**Abb. 3: Struktur eines FFS (Quelle: Fertigungsautomatisierung)**

### 2.2.2 Varianten flexibler Fertigungssysteme (FFS)

Flexible Fertigungssysteme stellen aufgrund derer jeweiliger Charakteristika verschiedene Einsatzbereiche dar. Die Einordnung wird gemäß folgenden

Hauptmerkmalen durchgeführt.

- Zahl der verschiedenen Werkstücke
- Produktivität
- Jahresstückzahl pro Werkstück
- Flexibilität

Auf Basis solcher Hauptmerkmale sind drei Einsatzbereiche abzuleiten.

**Einzelmaschinen:** NC-Maschine, konventionelle Universalmaschinen, Bearbeitungszentrum

**Flexible Fertigungskonzepte:** Fertigungsinsel, flexible Fertigungszelle, Flexibles Fertigungssystem.

**Starre Fertigungseinrichtungen:** Flexible Transferstraße, konventionelle Transferstraße, Sondermaschinen.



Wie die folgenden (Abb.3) zeigt, hat jede Variante derer eigne Funktion, aber im heutigen Fertigungssystem will Produkt in großer Menge hergestellt werden, so werden starre Fertigungseinrichtungen oft in Industriefertigung verwendet. [2]

**Tabelle 1: Einsatzbedingungen für Fertigungskonzepte**

Fertigungskonzept	Anzahl der unterschiedlichen Werkstücke	Jahresstückzahl pro Werkstück	Produktivität	Flexibilität
Einzelmaschinen	groß	niedrig	niedrig	hoch
Flexible Fertigungskonzept	mittel	mittel	mittel	mittel
Starre Fertigungseinrichtungen	klein	hoch	hoch	niedrig

### 2.3 Automatisierung des Fertigungssystems

Flexible Fertigungssysteme gelten als höchste Automatisierungsstufe der flexiblen Fertigungskonzepte. Sie werden aus einigen Bearbeitungszentren (meistens 4 bis 6) oder flexiblen Fertigungszellen zusammengesetzt, welche in Unabhängigkeit von einander ähnliche Werkstücke so komplett wie möglich bearbeiten.

In dem flexiblen Fertigungssystem sind Hilfsmittel, Werkzeugmaschinen, Blech (Rohteile) durch Leitrechner zu steuern und zu überwachen. Auf der Fertigungslinie läuft Blech automatisch von Rohteile bis zu Fertigteilen über Werkstücktransport ab. Es ist wichtiger, dass das Fertigungssystem sämtliche Fertigungseinrichtungen in der Fertigungslinie zu verketteten ist. [2]

---

## 2.4 Hochgeschwindigkeitumformung

### 2.4.1 Vorbemerkungen

Die immer mehr zur Herstellung von Konstruktionsteilen verwendeten Metall bzw. Metalllegierung Molybdän, zerkonium, Beryllium, Kolumbium, Nimonic, Titan sowie rostfreie und warmfeste Stähle setzen der Umformung großen Widerstand entgegen. Zumeist ist die Formgebende Bearbeitung solcher Werkstoffe, deren Festigkeit im Bereich von 1375 bis 1865 N/mm<sup>2</sup> liegt und meist äußerst spröde sind, mit herkömmlichen Mitteln nicht oder nur in sehr unwirtschaftlicher Weise möglich. Es wurden deshalb neuartige Verfahren entwickeln, um mit vertretbarem Aufwand die plastische Formung dieser hochfesten Werkstoffe zu ermöglichen.

Diese Verfahren werden unter dem Oberbegriff „Hochgeschwindigkeitsumformung“ zusammengefasst. Diese Bezeichnung bringt die qualitativen Besonderheiten dieser Verfahren, vom Umformvorgang her gesehen, besser zum Ausdruck, denn die spezifischen technologischen Merkmale dieser verfahren sowie bestimmt Eigenschaften so umgeformter Werkstoff lassen sich vorrangig aus wesentlich höheren Umformgeschwindigkeiten ableiten. Diese Umformgeschwindigkeit sind zwar durch eine konzentrierte große Energiemenge bedingt, sie unterscheidet sich jedoch von den herkömmlichen Verfahren in ihrer Wirkung dadurch, dass sie innerhalb eines außerordentlich kleinen zeitintervalls freigesetzt wird (direkt einwirkzeiten auf die Ausgangsform des Umformteils in der größenordnung  $10^{-3}$  bis  $10^{-5}$  s). Da der Umformwiderstand eines werkstoffes eine Funktion der Umformtemperatur und der Umformgeschwindigkeit ist, muss das abweichende Verhalten der Werkstoffe bei diesen verfahren aus der wesentlich höheren Umformgeschwindigkeit abgeleitet werden. Neben den Werkstoffseitigen Erscheinung sind die technologischen Erfordernisse und Eigenarten, die Besonderheiten der zu verwendenden Werkzeug und nicht zuletzt die Wirtschaftlichkeit dieser verfahren ebenfalls im engen Zusammenhang mit der erreichbaren hohen Geschwindigkeit zu sehen. Als

Ordnungsgesichtspunkt zur Klassifizierung dieser Verfahren hat sich die Art der Energieübertragung als geeignetes Kriterium erweisen:

- Energieübertragung durch ein formloses Medium (z.B. Wasser, Luft)
- Explosionsumformung durch Sprengstoffdetonation, Pulver- oder Gasverbrennung,
- Expansionsumformung durch Ausdehnung unterkühlter Gase,
- Hydroelektronische Umformung durch Funkenentladung oder Drahtexplosion,
- Energieübertragung durch ein magnetisches Feld
- Energieübertragung durch den Schlag eines festen Körpers (Hochdruckbeschleunigte Werkzeuge oder Werkzeugträger) mittels hochverdichteten gases (z.B. Stickstoff), Druckluft oder Pulverladung [3].

#### 2.4.2 Anwendungscharakteristik

In der nachfolgenden Tabelle erfolgt ein Überblick der vorstehend besprochenen Verfahren hinsichtlich relevant Auswahlfaktor.

**Tabelle 2: Anwendungscharakteristik [8]**

	Magnetumformen
Größte Werkstückabmessung (mm)	gegenwärtig 300
	Zukünftig unbegrenzt 1200
Formgebungsmöglichkeit	befriedigend
Aufstellung der Ausrüstung in der Fertigung	Gesondert (neu: auch im Fertigungsfluss)

**Tabelle 3: Auswahlfaktoren der Verfahren [8]**

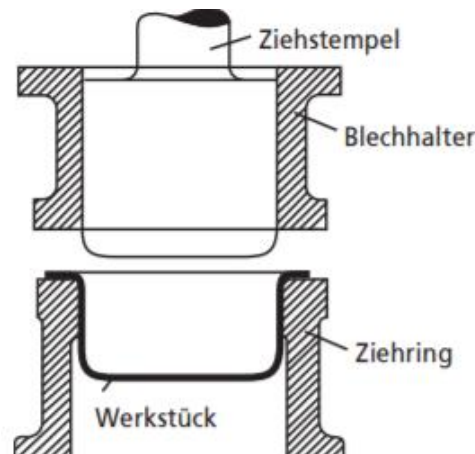
Hauptsächliche Vorzüge	Ausnutzung des magnetischen Drucks
Aufwand für Werkzeuge	Hoch
Energieaufwand	niedrig
Investitionen	Mittelmäßig bis hoch
Stückzeit	gegenwärtig Mittelmäßig
	Zukünftig klein
Forderungen an die technische Sicherheit	Beschränketer Zutritt, Sicherung gegen Hochspannung

## 2.5 Tiefziehstahl

### 2.5.1 Verfahren

Der Begriff Tiefziehen beschreibt die wichtigste Art der Kaltumformung an Blechen. Nach DIN 8584 ist das Tiefziehen die Zugdruckumformung einer ebenen Platte (Platine) zu einem Hohlkörper. Die Platine kann ein Metallblech oder auch eine Kunststoffplatte sein. Bei Stahl handelt es sich natürlich immer um Stahlblech oder -band, grösstenteils im Feinblechbereich (unter 3 mm Dicke). Grundsätzlich ist das reine Tiefziehen vom Streckziehen zu unterscheiden. Tiefziehwerkzeuge bestehen aus einem Stempel, dem Ziehring und dem Niederhalter, wie in der Abbildung schematisch dargestellt. In der Wirklichkeit sind die Werkzeuge komplizierter, insbesondere dann, wenn ein Werkstück in mehreren Zügen bearbeitet werden muss. In solchen Fällen muss eventuell zwischen zwei Zügen ein Rekrystallisationsglühen vorgenommen werden. Auch in diesem Zusammenhang sind die Dinge natürlich viel komplexer, zumal die Kräfte beim Tiefziehen mehrachsige und sehr unterschiedliche Beanspruchungen mit

sich bringen. Es ist unmöglich, im Rahmen dieses Beitrags diese Materie auch nur annähernd zu beschreiben. Denn es handelt sich nicht nur um werkstoffabhängige Faktoren, sondern auch um Probleme der Werkzeugkonstruktion und der Verfahrenstechnik. [4]



**Abb. 4: 92 Schematische Darstellung eines Tiefziehwerkzeugs (Quelle: Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen)**

### 2.5.2 Werkstoff

Generell sind die Tiefziehfähigen unlegierten Stähle weiche Sorten, d.h. sie haben niedrige C- und Mn-Gehalte. Die in den Normen angeführten allgemeinen Festigkeitswerte aus dem Zugversuch (Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung) geben nur unzulänglich Auskunft über das Ziehverhalten. Wie schon in dieser Serie wiederholt erläutert, ist die Zugfestigkeit die Größe, welche die Höchstlast angibt, unter der ein Stahl reißt, während die Streckgrenze die Mindestkraft angibt, ab der eine plastische, also bleibende Verformung überhaupt möglich ist. Die Spanne zwischen diesen beiden gibt das Streckgrenzverhältnis (Streckgrenze bzw. 0,2 % Dehngrenze: Zugfestigkeit) an. 0,6 als Wert, der etwa als Durchschnitt für die hauptsächlich relevanten Sorten in Frage kommt, besagt, dass max. 60 % der Festigkeit für die plastische Verformung zur Verfügung stehen. Nach ihren Eigenschaften bzw. Anforderungen unterscheidet man Flacherzeugnisse zum Kaltumformen hauptsächlich nach folgenden Normen:

---

1. Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen (DIN EN 10130)

2. Kaltband ohne Überzug aus weichen Stählen zum Kaltumformen (DIN EN 10139) 3. Kontinuierlich warmgewalztes Band und Blech aus weichen Stählen zum Kaltumformen (DIN EN 10111)

4. Warmgewalzte Flacherzeugnisse aus Stählen mit hoher Streckgrenze zum Kaltumformen (DIN EN 10149)

Dazu kommen noch spezielle Sorten wie kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus nichtrostenden Stählen (DIN EN 10088) sowie zum Emaillieren, Weissblech, beschichtete Produkte (z. B. feuerverzinktes Band und Blech usw.). [4]

## 2.6 Elektromagnetische Umformung

### 2.6.1 Grundlage der Elektromagnetischen Umformung(EMU)

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.<sup>[2]</sup> 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

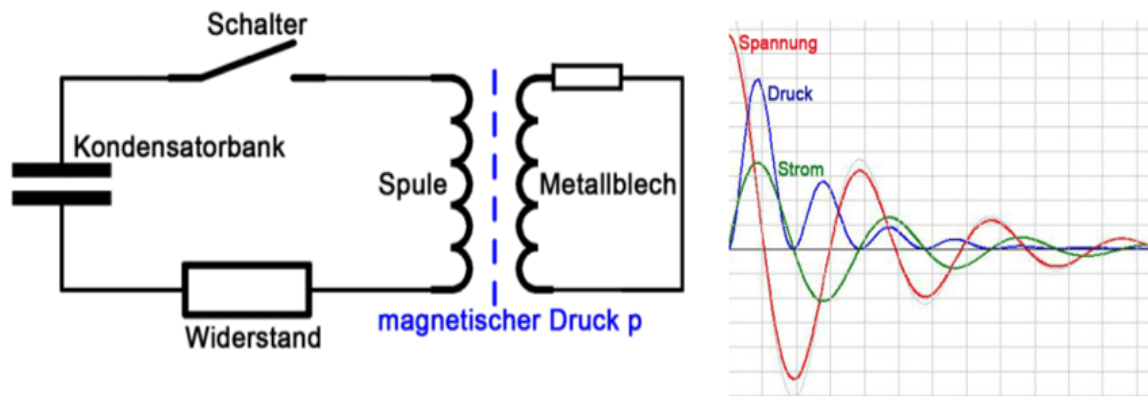
---

Industrie wie der Automobil-, Luftfahrt-, Elektro-, Kernkraft- und Küchengeräteindustrie eingesetzt. In den 1980er Jahren wurde die Technik des Magnetumformens industriereif für die Serienproduktion gemacht.

Elektromagnetische Umformung (EMU) ist ein Hochgeschwindigkeitsumformverfahren, mit dem blech- und profilmäßige Werkstücke aus elektrisch leitfähigen Werkstoffen sowohl umgeformt als auch umformtechnisch gefügt werden können. bei der EMU erfolgt die Krafteinleitung über die Energiedichte gepulster Magnetfelder. Dies erfordert keinen mechanischen Kontakt zwischen Werkzeug (Induktor) und Werkstück. Infolge der Krafteinwirkung werden die Werkstücke kurzzeitig auf Geschwindigkeiten von bis zu mehreren Hundert Metern pro Sekunde beschleunigt und erreichen Dehnraten von bis zu  $10,000s^{-1}$ . Der Umform-, Füge oder Trennprozess ist typischerweise innerhalb von einigen zehn bis ein- oder zweihundert Mikrokunden abgeschlossen. [5]

### **2.6.2 Verfahren der Elektromagnetischen Umformung**

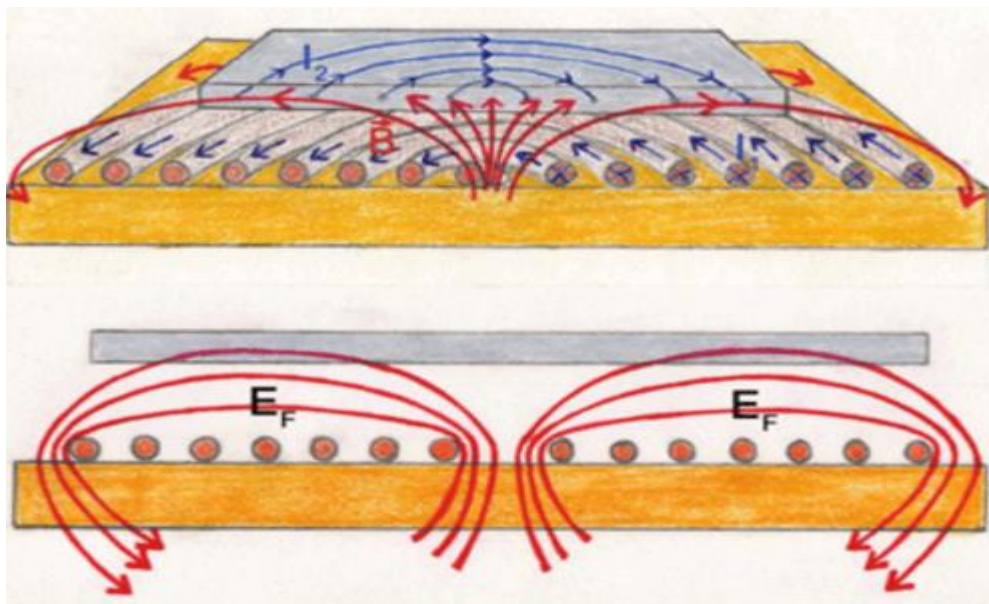
Entlädt sich eine große Kondensatorbank über eine Spule, so wird die in den Kondensatoren gespeicherte Energie in die Spule übertragen. Es bildet sich ein Schwingkreis, dessen Stromverlauf in der Umgebung der Spule ein zeitlich veränderliches Magnetfeld erzeugt.



**Abb. 5: Schaltung von EMU (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))**

Wird nun auf eine Flachspule (schneckenartig gewickelte Spule in Form einer archimedischen Spirale) ein elektrisch gut leitfähiges Metallblech (z.B. Aluminium oder Kupfer) platziert, so werden in dem Werkstück Wirbelströme induziert, die dem Spulenstrom entgegen- gerichtet sind.

Wegen des sog. „Skinneffekts“ reduziert sich die Eindring-tiefe des elektromagnetischen Wechselfeldes je nach Frequenz  $f_0$  jedoch auf die Werkstückwand des zu bearbeitenden Metallblechs.



**Abb. 6: Verteilung von Magnetfeld (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))**



Dieser Effekt hat zur Folge, dass das Magnetfeld auf den Volumenraum  $V$  zwischen Spule und Blech beschränkt wird und einen sog. magnetischen Druck zwischen Werkstückwand und Spule hervorruft. Da der wirksame Druck der magnetischen Energiedichte im Volumenraum  $V$  entspricht, gilt:

$$p = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{E_C}{V}$$

Dieser wirksame Druck  $p$  entspricht in Abhängigkeit von der Blechfläche  $A$  einer Kraft ( $F=pA$ ), die auf das Blech wirkt. Nach dem 3. Newtonschen Gesetz wirkt diese Kraft in entgegengesetzter Richtung auch auf die Spule ( $F_{\text{Blech}} = -F_{\text{Spule}}$ ). Aufgrund des Impulserhaltungssatzes ergeben sich zwei betragsgleiche Kraftstöße in entgegengesetzte Richtungen. Da die Spule zusammen mit ihrer Unterlage eine sehr hohe Masse besitzt, wird nur das Metallblech aufgrund seiner geringen Masse beschleunigt. Wird das Metallblech jedoch während seiner Abstoßungsbewegung durch entsprechende Fügepartner blockiert, so kann es in verschiedenartigste Gebilde verformt bzw. gestanzt werden.

Nach demselben physikalischen Prinzip können rohrartige Metallgebilde auch berührungslos verformt werden, was anhand des "Elektromagnetischen Dosenzerquetschers" demonstriert wird. [5]

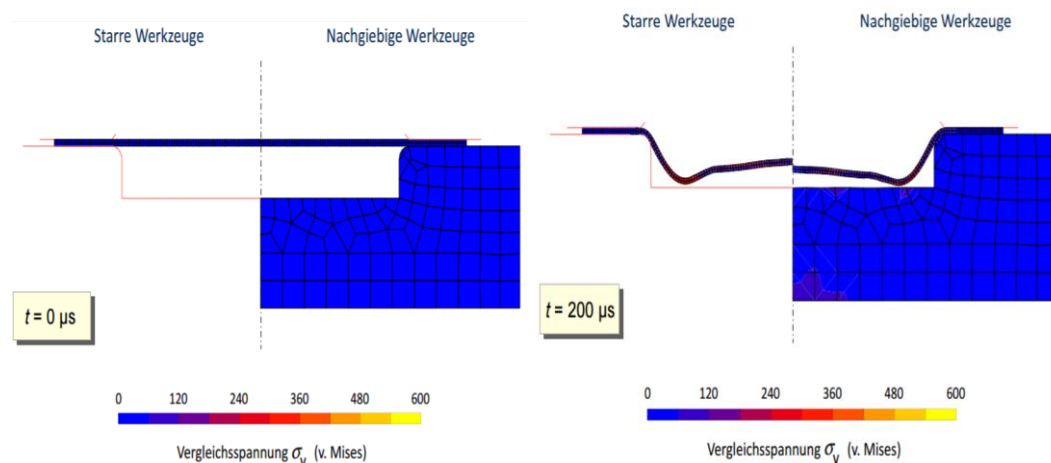


Abb.7: Vergleichsspannung (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))

---

## 2.6.3 Schwerpunkte der elektromagnetischen Umformung

### 2.6.3.1 Produktentwicklung

Der Bereich der Produktentwicklung umfasst die Anpassung der Bauteilgeometrie und/oder des eingesetzten Werkstoffs im Rahmen der durch die Aufgabenstellung definierten Grenzen mit dem Ziel

- die Bauteilperformance zum Beispiel im Hinblick auf die Steifigkeit oder andere anwendungsrelevante Aspekte zu optimieren und dabei
- die verfahrensspezifischen Vorteile der EMU-Technologie möglichst gut nutzbar zu machen.

So lassen sich durch lokale EMU unter anderem individuell gestaltete funktionsangepasste Strukturen einbringen. Dadurch können die Bauteileigenschaften in bezug auf Gewicht und akustisches Verhalten optimiert werden. Beispiel kann durch die Einbringung solcher Strukturierungselemente die Bausteifigkeit erhöht werden, sodass – eine hinreichende Festigkeit des Werkstoffs vorausgesetzt – eine deutliche Verringerung der Wandstärke möglich ist. Gleichzeitig kann eine Verbesserung der akustischen Bauteileigenschaften erzielt werden, da die Eigenfrequenz der modifizierten Struktur häufig höher ist als die einer konventionell gestalten. [6]

### 2.6.3.2 Umformen

Bei reinen Umformaufgaben kommen häufig blechförmige Halbzeug zum Einsatz. Dabei ist ein weites Spektrum von Ziehtiefen – von weniger als einem Millimeter im Fall von kalibrier- oder Prägeaufgaben bis hin zu einigen zehn Millimetern – erreichbar. In der Regel sind Blechumform- und Expansionsprozesse durch das Auftreten von Materialversagen in Form von Einschnürungen und Rissbildung begrenzt, während bei Kompression die Faltenbildung eine imitierende GöÙe darstellt. Die Gründe dafür liegen in den hohen Geschwindigkeiten, die ein Nachfließen des Werkstoffs in die Umformzone nicht bzw. nur sehr begrenzt

ermöglichen. Der Werkstoff fließt im Wesentlichen aus der Expansion und der Blechumformung auftreten, durch eine Verringerung der Wandstärke kompensiert werden und umgekehrt.

Die EMU-Technologie als Einzelprozess ist prädestiniert für die Umformung kleiner bis mittlerer Bauteilgrößen. Bei großen Bauteilen, wie Komponenten von Automobilkarosserien, kann sie vorteilhaft mit konventionellen Umformoperationen, wie Tiefziehen, kombiniert werden. So können unter anderem lokale Details, wie Griff- oder Kennzeichenmulden, geformt werden.

Durch solche Verfahrensintegration ist es unter Umständen auch möglich, mehrere ähnliche Bauteilgeometrien mit einem Werkzeugsatz zu fertigen. Für unterschiedliche Details lassen sich matrizenseitig auswechselbare Werkzeugeinsätze verwenden. Der eingesetzte Induktor ist aufgrund der berührungslosen Frauftaufbringung weniger stark an die Bauteilgeometrie gebunden als konventionelle Umformwerkzeuge. Er muss – ähnliche Abmessungen der zu formenden Mulde vorausgesetzt – nicht zwingend gewechselt werden. Für die gezielte Ausformung definierter Geometrien wurden am Fraunhofer IWU verschiedene Strategien untersucht. Im Fokus standen dabei sowohl Einzelentladungen als auch Prozesse mit mehreren aufeinanderfolgenden gestuften Entladungen. [6]

#### **2.6.4 Aufbau für die Elektromagnetische Umformung (EMU)**

Der Aufbau für die EMU besteht aus einer Umformanlage (Stoßstrom-generator), dem Induktor (gegebenenfalls inklusiv eines Feldformers), dem Werkstück und anwendungsabhängiger weiterer Werkzeugkomponenten wie Schneidwerkzeug,

formgebenden Matrizen oder Fügepartnern. In Abhängigkeit von Geometrie und Anordnung von Werkstück und Werkzeug lassen sich folgende drei verfahrensvarianten unterscheiden:

- elektromagnetische Kompression von rohren und Hohprofilen mithilfe eines das Werkstück umgebenden Induktors,

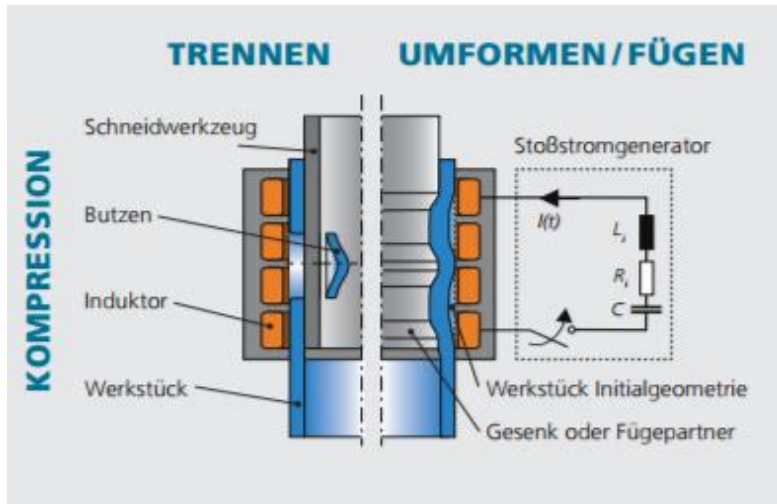


Abb. 8: Prinzip der Kompression (Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

- elektromagnetische Expansion von Rohren und Hohlprofilen mithilfe eines im Werkstück positionierten Induktors und

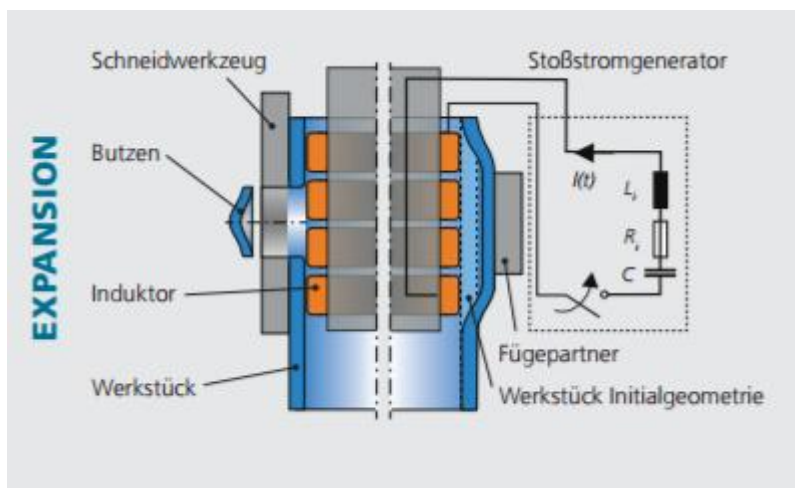
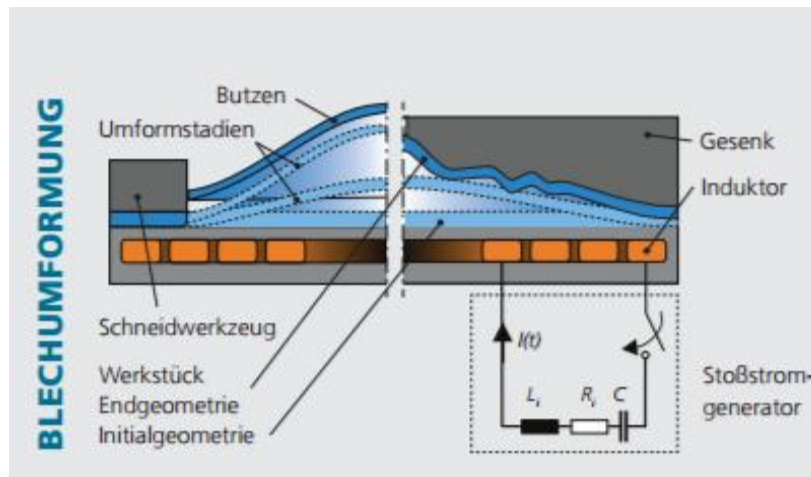


Abb. 9: Prinzip der Expansion (Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

- elektromagnetische Blechumformung, bei der ein Induktor in direkter Nähe des ebenen Blechhalbzeugs oder eines vorgeformten Bauteils positioniert wird.



**Abb. 10: Prinzip der Blechumformung**

(Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

Unabhängig vom Aufbau wird der Prozess durch das Laden und anschließende Entladen des Kondensators des Stoßstromgenerator gestartet. Dadurch fließt ein gedämpfter sinusförmiger Stromimpuls durch den Induktor. Dieser zeitabhängige Strom induziert ein entsprechendes Magnetfeld. Befindet sich ein elektrisch leitfähiges Werkstück in der direkten Nähe des Induktors, wird hier ein dem Induktorstrom entgegengesetzt gerichteter Strom induziert. Dieser schirmt das Magnetfeld ab, sodass die Feldstärke im Spalt zwischen Werkstück und Induktor deutlich höher ist als auf der induktorabgewandten Werkstückseite. Die im Magnetfeld gespeicherte Energiedichte kann als magnetischer Druck betrachtet werden, der Maximalwerte von bis zu einigen Hundert Megapascal erreichen kann und zur Beschleunigung und Umformung des Werkstücks führt.

Dabei ist die Bewertungsrichtung stets vom Induktor weg gerichtet. Abhängig von den eingesetzten Werkzeugkomponenten und deren Interaktion mit dem Werkstück lassen sich Umform-, Trenn und Fügeoperationen unterscheiden.

---

Es sind auch Kombinationen dieser Anwendungen innerhalb ein- und desselben bauteils und Prozessschritts möglich. [5]

## 2.7 Relevante Einrichtungen und Werkzeuge

### 2.7.1 Stoßstromanlage

Grundsätzlich können beim elektromagnetischen Verfahren die gleichen Maschinen bzw. Anlagen verwendet werden wie beim elektrohydraulischen Verfahren. Statt der Lastfunkenstrecke wird hier eine Magnetspule eingesetzt.

Eine Stoßstromanlage zur Durchführung des elektromagnetischen Verfahrens besteht aus drei Funktionsgruppen: der Ladeeinrichtung mit Transformator, Gleichrichter und Ladewiderständen, dem kapazitiven Energiespeicher mit einer bestimmten Anzahl von parallel geschalteten Kondensatoren und der Entladeeinrichtung mit Magnetspule. Wegen der Flexibilität im Zeitverhalten (Stromanstieg) sollte die Anlageninduktivität möglichst niedrig sein, eine künstliche Erhöhung ist jederzeit möglich. Prinzipiell kann damit das Zeitverhalten auf den Umformvorgang abgestimmt werden. Die Maschinen werden häufig in Energieeinheiten 6 kJ gebaut und für den entsprechenden Bedarf zusammengefügt. Abb. 12 zeigt eine Maschine mit einem Energiespeichervermögen von 12 kJ. Auf dieser Maschine können 600 Teile

in der Stunde gefertigt werden.



**Abb. 12: Magnet-Umformanlage (Quelle:**

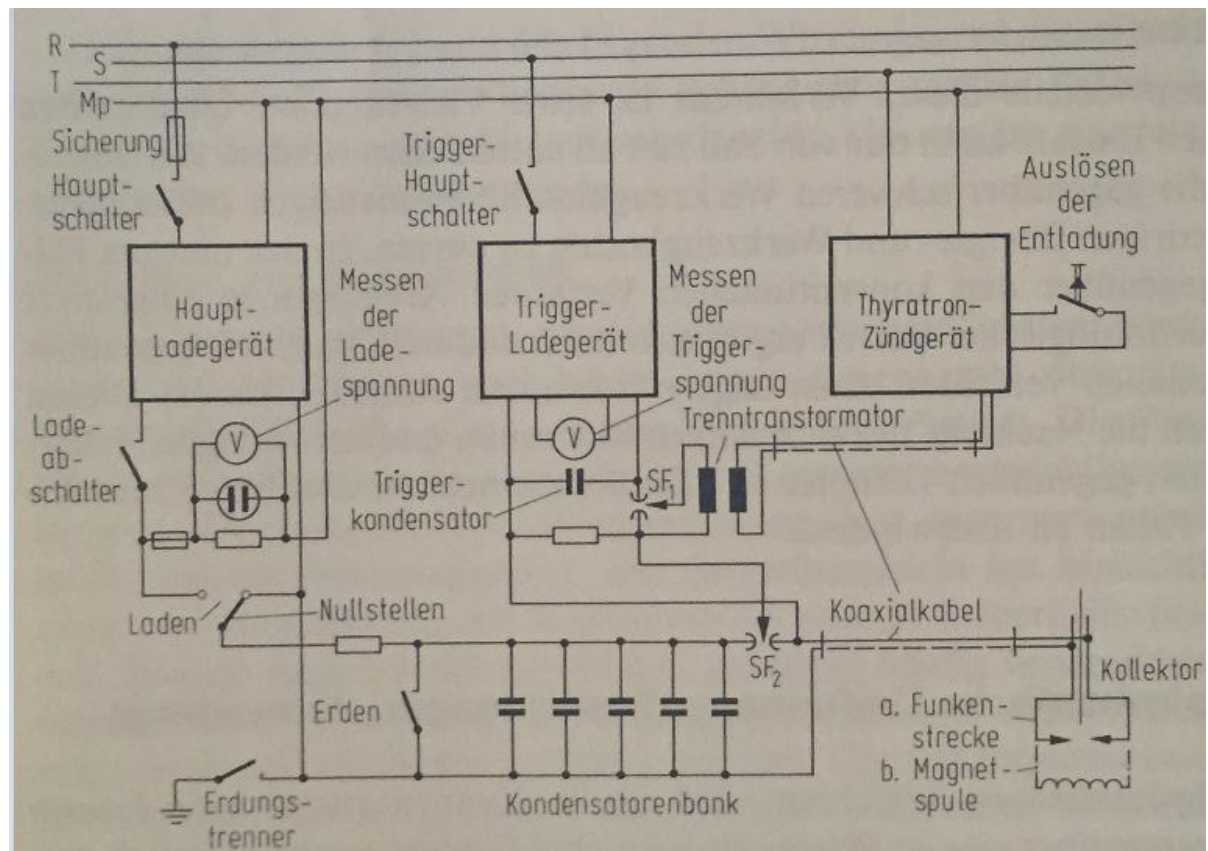
**<https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>)**

Anhang des vereinfachten Schaltplans läßt sich die Wirkungsweise der Anlage verfolgen. Die Energie wird über eine Reihe von Sicherheitseinrichtungen aus dem 220/380 V-D Drehstromnetz entnommen. Durch das Hauptladegleichrichter und Widerstände aufgeladen.

Der Entladerversorgung wird durch den Druckknopfschalter über das Thyatronzündgerät ausgelöst. Dieses ionisiert durch Entladung über einen Trenntransformator die Schalfunkenstrecke  $SF_1$ . Hierauf entlädt sich der Triggerkondensator über die Schalfunkenstrecke  $SF_2$  und ionisiert diese, worauf sich die Kondensator über die Kondensatorenbank entladen kann. Dieser umständliche Weg ist notwendig, da nur eine hinreichend große Ionisationsenergie die störfreie Entladung gewährleistet.

Bei den Schalfunkenstrecken gibt es zwei gebräuchliche Ausführungen: Erstens die relativ billige und einfache Luftfunkenstrecke mit zwei gegenüberliegenden Elektroden. Nachteilig ist bei ihr, daß sie sehr geräuschvoll arbeitet und der Elektrodenabtrag und die Entionsierungszeit groß sind. Zweitens das Ignitron - eine 3-elektrodenröhre. Es besitzt zwar diese Nachteile nicht, ist aber teuer und erträgt jeweils nur Ströme begrenzter Stärke. [3]





**Abb. 13: vereinfachter Schaltplan einer Stoßstromanlage für das elektrohydraulische und elektromagnetische Umformen (Quelle: Handbuch-K.Lange)**

### 2.7.2 Induktor

Bei der Auslegung von Verfahrenskombinationen und integrierten EMU-Prozessen sind die Anforderung aller weiteren beteiligten Technologien an die Werkzeug zu berücksichtigen. So ist die Integration eines Induktors in ein Tiefziehwerkzeug möglich. Dies stellt jedoch sehr viel höhere Anforderungen an die Verschleißfestigkeit der Induktoroberfläche, über die das Blechwerkstück nun auch tiefgezogen wird. [5]

Im EMU-Prozess wird eine Spule (Abb.14) als der Induktor angewendet. Wir können nach verschidener Anforderung geeigenete Spule auswählen.





**Abb. 14: verschiedene Spule (Quelle: Internet)**

### **2.7.3 Gesenk**

Als Gesenk wird beim Gesenkschmieden ein Umformwerkzeug in Gestalt einer mindestens zweiteiligen Hohlform aus warmfestem Werkzeugstahl verstanden. Gesenke werden beim in Schmieden unter mechanischen Schmiedehämmern wie Lufthämmer bzw. Schmiedepressen (hydraulische Presse) benutzt. Traditionell auch durch den Kunstschmied z. B. durch einen Vorschlaghammer.

Die benötigte Geometrie des Schmiedestücks wird in Form einer geteilten Gravur in die beiden Hälften des Gesenkes eingebracht. Die genaue Form dieser Gravur ergibt sich aus der Form des zu schmiedenden Teils, dem Materialfluss, dem entstehenden Grat am Schmiedestück und anderen technologischen Erfordernissen.

Stand der Technik ist die vorherige Simulation des Schmiedevorganges mit Hilfe einer Simulationssoftware, um mögliche Fließfehler (z. B. Überfaltungen im

Material) oder Unterfüllungen direkt bei der Gestaltung der Gravuren des Gesenkes zu erkennen und zu verhindern.

Die Fertigung des Gesenkes erfolgt auf modernen CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen (Funkenerodiermaschinen). [6]

Weil die Blechteil aus Tiefziehstahl durch magnetische Kräfte bearbeitet wird, In meinem Konzept wird ein Hochfestigkeit Gesenk benötigt.

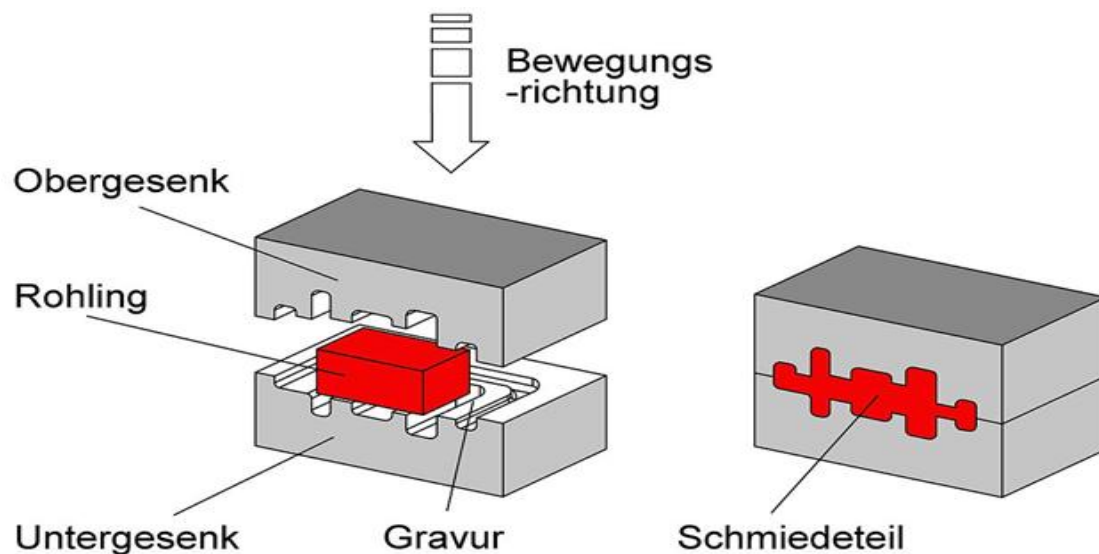
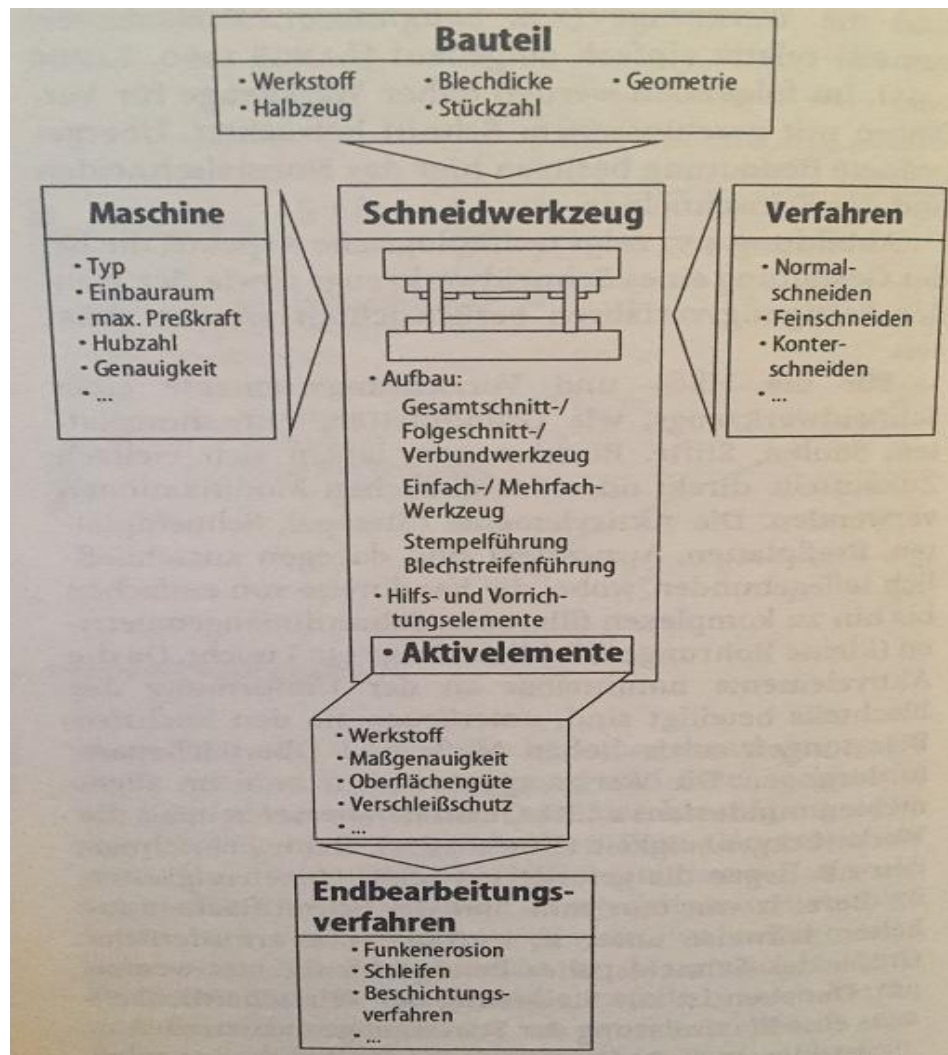


Abb. 15: Beispiel des Gesenkes (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gesenk>)

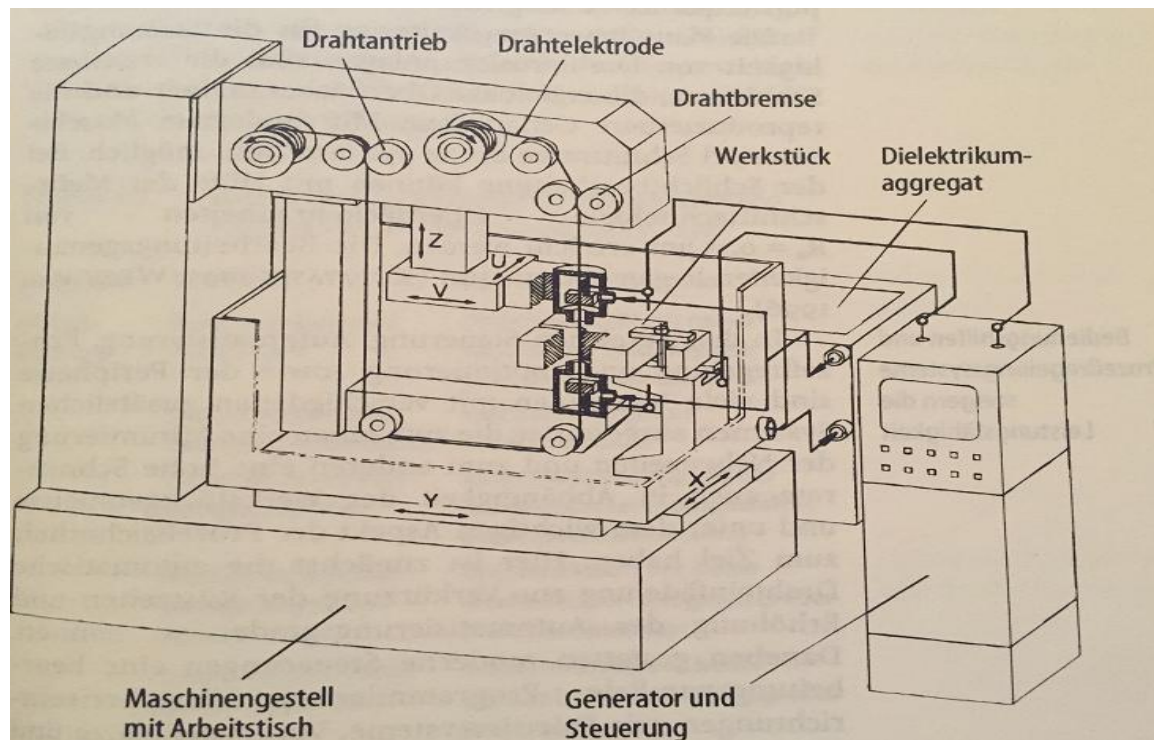
#### 2.7.4 Schneidwerkzeuge

Schneidwerkzeug zur spanlosen Formgebung werden für die Verfahren des Scherschneidens gemäß DIN 8580 eingesetzt. Generell gliedern sich diese in Verfahren mit offener und geschlossener Schnittlinie. Bei dem ersteren sind die Werkzeug (z.B. Langmesser, Kreismesser) zumeist relativ einfach aufgebaut. Im folgenden werden daher Werkzeuge für Verfahren mit geschlossenem Schnitt betrachtet. Übergeordnete Bedeutung besitzen hier das Normschneiden und das Feinschneiden. Abbildung 16 zeigt technologische Aspekte, die bei der Gestaltung eines Schneidwerkzeugs sowie der Wahl der Fertigungsverfahren berücksichtigt werden müssen.



**Abb. 16: Technologische Aspekte bei der Gestaltung und Herstellung von Schneidwerkzeugen (Quelle: Werkzeugbau mit Zukunft)**

Moderne funkenerosive Schneidanlagen besitzen leistungsfähige 5-Achsen-CNC-Steuerungen mit hochgenauen Positioniersystemem, welche maximale Positionierunsicherheiten von ca. 0,2 bis 1  $\mu\text{s}$  zwischen Elektrode und Werkstück garantieren. Die Relativbewegung zwischen Werkstück und Draht erfolgt durch die x-, y-,u- und v-Achse , wobei die beiden letztgenannten die Schrägstellung des Draht und somit die Erzeugung konischer Geometrien (bis ca. 30°) ermöglichen. Die z-Achse dient zur Anpassung der oberen Drahtführung an die Werkstückhöhe (Abb. ) [7]



**Abb. 17: Drahterodieranlage (Quelle: Werkzeugbau mit Zukunft—Walter Eversheim. Fritz Klocke)**

### 2.7.5 Sensorik

Die Überwachung des Fertigungsprozess ermöglicht sowohl beim Tryout als auch in der Anlaufphase und im Serienprozess eine deutliche Reduzierung von Fehlerteilen, da diese häufig in den schleichenden Änderungen der Werkstoffwerte innerhalb eines Coils bzw. einer Charge zu suchen sind. Durch geeignete Sensorik können nahezu alle Fertigungsstufen überwacht werden; Auswertalgorithmen erzeugen bei signifikanten Abweichung vom optimalen Zustand Korrekturwerte. Durch Nutzung einer werkzeugintegrierten Aktorik (zum Beispiel Piezoelementen) werden automatisch geringfügige Änderungen der Prozessparameter erzeugt, die eine gleichbleibende Bauteilqualität über gesamte Fertigung garantieren. [9]

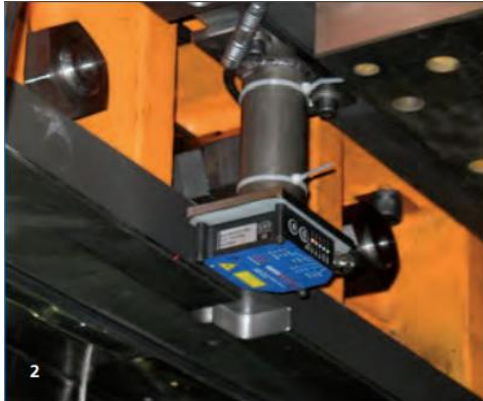


Abb. 18: Sensorik (Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>)

### 3. Auslegung und Bewertung der Lösungsvarianten

#### 3.1 ARCHIMEDES EMF-60 (Magnet-Umformsystem)

Die folgende Bild (Abb. 17) ist ein Magnet-Umformsystem aus der Firma. ARCHIMEDES. Das System enthält ein Schaltschrank und Energiespeicher-kondensator Banken.



Abb. 19: ARCHIMEDES EMF-60 (Quelle: <http://www.koegel-asia.com/emps.html>)

Im Betrieb wird der Hochspannungsgleichstrom durch den boost Generator und Gleichrichter in den Kondensator 6 geladen, der Hochspannungsschalter wird geschlossen, der Kondensator wird sofort entladen, das Magnetfeld wird erzeugt,



wenn der Strom die Spule durchläuft, Und das Magnetfeld bildet einen Wirbel im Metallrohling, nach dem Lenzschen Gesetz erzeugt der Wirbelstrom das Magnetfeld und das Magnetfeld der Spule schließt sich gegenseitig aus, um eine magnetische Kraft zu erzeugen, um so den Zweck der Verformung durch magnetische Wechselwirkung zu erreichen.

**Tabelle 4: Technische Daten**

Eingangsspannung [v]	AC 220 50Hz;
Ausgangsspannung [kv]	0 ~ 10 stufenlos einstellbar
Ausgangsleistung [w]	5000 (andere Strom optional)
Spannungsstabilität	≤1%
Laststabilität	≤1%
Ausgangskräuselung	≤1%
Kühlung	luftgekühlt
Kapazitätsabweichung [μF]	C = 12000μF; (andere Kapazität optional)
Kondensator-Nennspannung [kv]	Un = 10 kV, (Andere Spannungen)
ESR [mΩ]	≤5mΩ
Anti-Spitz-Spannung	80%
Lade- und Entladezeiten	2,000,000
Verlusttangente [tgδ]	≤0.002 (100Hz)
Breite Verwendung von Umgebungstemperatur [°C]	-40 ~ + 75
Verwendungsstandard	JB / T8168

### 3.2 Bmax MP Systems (Magnet-Umformsystem)

Alle Bmax Systeme sind mit speziellen Kondensatoren ausgestattet die in der Lage sind große Menge an Energie in einem relativ kleinen Raum zu speichern, in Millisekunden bereitzustellen und zu entladen. Das Herz des Systems ist die Zentraleinheit, die die Kondensatoren und ein speziell entwickeltes Steuer- und Schaltgerät beinhaltet das in der Lage ist, den intensiven Stromfluss mit außergewöhnlicher Präzision und Effizienz zu steuern.

Das System ist mit einem Impulsgenerator ausgestattet, der mit einer Steuereinheit und der Workstation gekoppelt ist. Die Pulssteuerung im Fertigungsschritt erfolgt manuell oder automatisch – je nach Anforderung.



**Abb. 20: Bmax MP Systems (Quelle:  
<http://www.bmax.com/products/systems/>)**

**Tabelle 5: Technische Daten**

Eingangsspannung [v]	AC 220
Entladeenergie [kJ]	50
Ladespannung [kV]	30
Nennstoßstrom [kA]	350
Max. Stromstoß [kA]	500
Kurzschlussstrom [kA]	800
Frequenz [Hz]	100
Anzahl der Pulse pro Minute	20
Abmessungen [mm]	1200 x 1600
Steuerung (SPS), Prozesskontrolle, VPN	intergriert
Bauteile/min (spulenabhängig)	50-800

### 3.3 PS32-16/25 (Magnet-Umformsystem)

PST ist die erste Firma aus Deutschland, die die elektromagnetische Impuls Umformung benutzen. Und PS32-16/25 ist die Anlage dieser Firma.



**Abb. 21: PS32-16/25 (Quelle:**

**<http://www.pstproducts.com/emptmaschinen.htm>)**



**Tabelle 6: Technische Daten**

Entladeenergie [kJ]	32
Ladespannung [kV]	25
Nennstoßstrom [kA]	320
Max. Stromstoß [kA]	480
Kurzschlussstrom [kA]	800
Frequenz [Hz]	100
Anzahl der Pulse pro Minute	12
Abmessungen [mm]	800 x 1200
Steuerung (SPS), Prozesskontrolle, VPN	integriert
Bauteile/min (spulenabhängig)	12-600

### 3.4 Bewertungskriterien und Ergebnis

- Funktion

- Einfachbarkeit
- Anwendungsbereich
- Produktionseffizienz

- Kosten

- Anschaffungskosten
- Energieverbrauch
- Wartungsgebühren
- Lebensdauer

- Sicherheit

- Arbeitssicherheit

## Ergebnis

	ARCHIMEDES EMF-60	Bmax MP Systems	PS32-16/25
Einfachbarkeit	1	3	2
Anwendungsbereich	3	3	3
Produktionseffizienz	2	3	2
Anschaffungskosten	3	2	2
Energieverbrauch	1	2	1
Lebensdauer	2	3	3
Arbeitssicherheit	3	3	3
Summe	15	19	16
Geeichungung [%]	78,9	100	84,2

Tabelle 7: Bewertung der Magnet-Umformsystem

1-normal, 2-gut, 3 sehr gut

$$\text{Gewichtung [\%]} = \frac{\sum n}{\sum \max} * 100\%$$

## 4. Beschreibung der Lösung und Begründung

### 4.1 Produkte der Lösungsvariante

Im Prozess wähle ich einen Spülbecken () in der Küche aus. Der Blech ist ein typisches Produkt, dieses durch elektromagnetische Umformanlage hergestellt werden.

**Anwendung:** Gemüse und anderes Essen waschen

**Abmessungen(B\*H\*T):** 650\*145\*380 mm

**Blechdicke:** 3.3 mm

**Material:** Tiefziehstahl



Abb. 22: Spulbecken (Quelle:

[http://www.abenteuertechnik.de/epages/62113530.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/S hops/62113530/Products/%22SMEV%20VA934%22](http://www.abenteuertechnik.de/epages/62113530.sf/de_DE/?ObjectPath=/S hops/62113530/Products/%22SMEV%20VA934%22))

#### 4.2 Produktionsprozess und Begründung

Mit einer obergenannten Magnet-Umformanlage beschreibe ich das Verfahren zum Zentrum zur Hochgeschwindigkeitsumformung nach dem Prinzip des Magnetumformens.

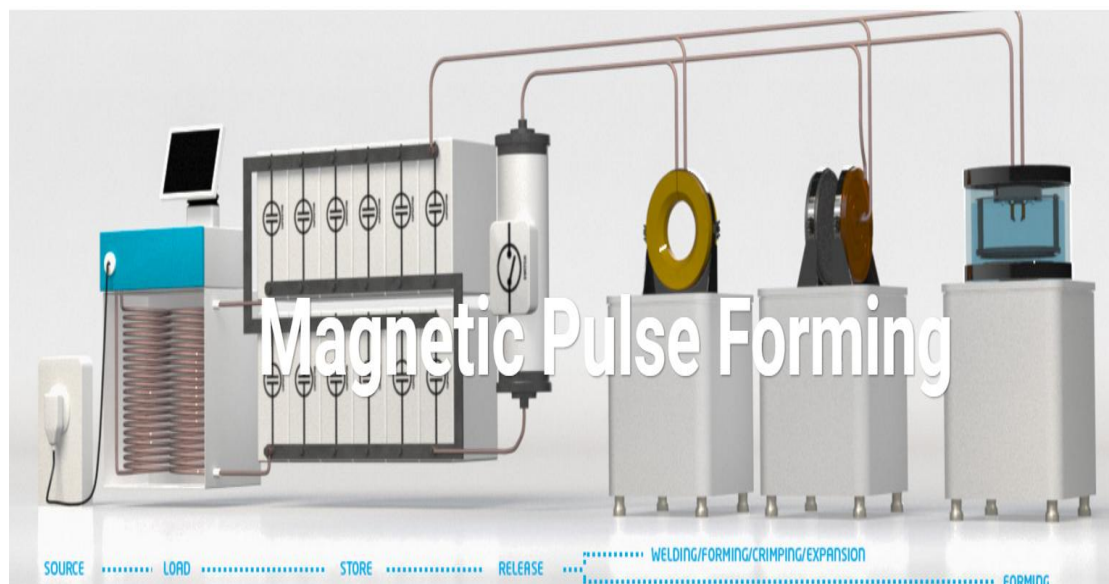


Abb. 23: Bearbeitungssystem (Quelle <http://www.bmax.com/technology/>)

### 4.3 Vorbereitungen

Am Anfang der Bearbeitung mit einer Magnet-Formanlage werden die folgenden Vorbereitungen durchgeführt:

- Auswahl von Umformsmittel
- Berichtigung
- Befestigung
- Vorbearbeitung

#### Auswahl von Umformsmittel

Im meinem Thema wird ein bestimmtes Material, Blechteile aus Tiefziehstahl, gegeben. Weil in disem Zentrum die Blechteile bearbeitet werden, wählen wir Kaltgewalzte Flacherzeugnisse aus weichen Stählen zum Kaltumformen (DIN EN 10130) aus. Das folgende (Abb. 24) zeigt ein Beispiel von Blechteil.



**Abb. 24: Rohblechteil (Quelle:<http://www.taglio-laser-brescia.it/de/blechbearbeitung.html>)**

---

## Berichtigung

Bevor Umformtisch die Blechteil bearbeitet, müssen wir die Position des Gesenk und das Steuerungssystem Berichtigung machen.

## Befestigung

Der Werkstück wird durch den Gesenk und elektromagnetische Kräfte bearbeitet, so müssen der Gesenk und die Spule vorher befestigt.

## Vorbearbeitung

Nach der Befestigung des Gesenk und der Spule wird ein Probestück auf den Arbeitstisch vorbearbeitet. Wenn Die Form des Probestücks verändert wird und keine andere Problem entsteht, ist die Vorbearbeitung fertig. Danach kann die Bearbeitung losgehen.

### 4.4 Bearbeitung

Der Blechteil liegt sich auf dem Lager und dann wird durch ein Robotarm auf den Arbeitstisch gelegt. Der Fertigteil wird dann durch das Fließband zu Schneidmaschine transportiert. Der ganze Prozess wird mit einer Sensorik überwacht, um Fehlerteilen zu reduzieren.

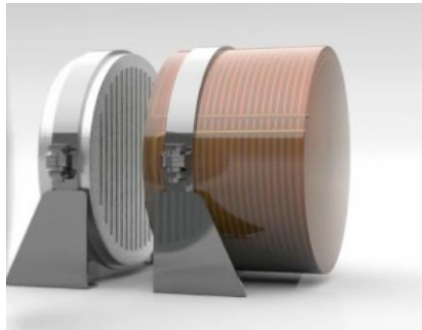
Die nächste vier Bild zeigte den spezifischen Prozess der Bearbeitung.

Abb.25 zeigt ein Gesenk und Spule ohne Blechteil. Der Gesenk und die Spule werden nach der Anforderung der Produkte bestimmt und verändert.

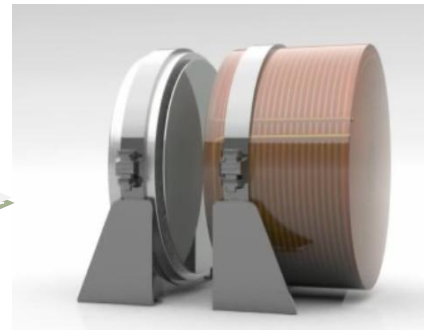
Und dann wird ein Blechteil, der ohne bearbeitet wird, von der Auflager auf dem Gesenk gelegt wird. Dann wird der Blechteil durch ein Vorspannwerkzeug befestigt.

Der Energiespeicher entladet sich und die magnetische Kräfte entsteht durch die Spule. Diese magnetische Kräfte wirken auf die Oberfläche ein und führt zur Verformung der Blechteil. Und dieses Prozess läuft sehr sehr schnell.

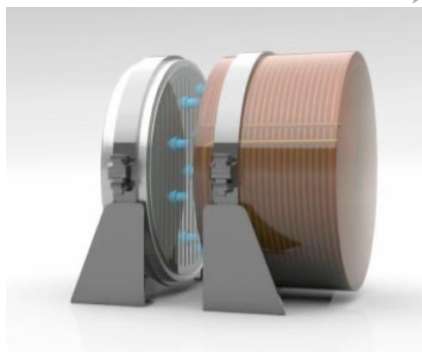
Schließlich ist ein Fertigteil fertig und der nächster Blechteil wird im Kreis geläuft.



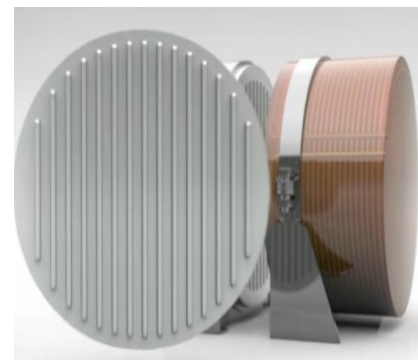
**Abb. 25: Ohne Blechteil**



**Abb. 26: Blechteil auf dem Gesenk**



**Abb. 27: durch magnetische Kräfte bearbeitung**



**Abb. 28: Fertigteil**

(Quelle: <http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-forming/>)

Nach der Bearbeitung wird der fertige Blechteil mit dem Robotarm auf dem Fließband gestellt. Und dann wird der Blechteil durch den Fließband zu dem Schneidmaschine.

---

## 4.5 Begründung

Durch Vergleichen wähle ich aus diesem drei Umformsystem das Bmax MP System zu meinem Zentrum zur Hochgeschwindigkeitsumformung nach dem Prinzip des Magnetumformens für Blechteile aus Tiefziehstahl. Der Gründe liegt:

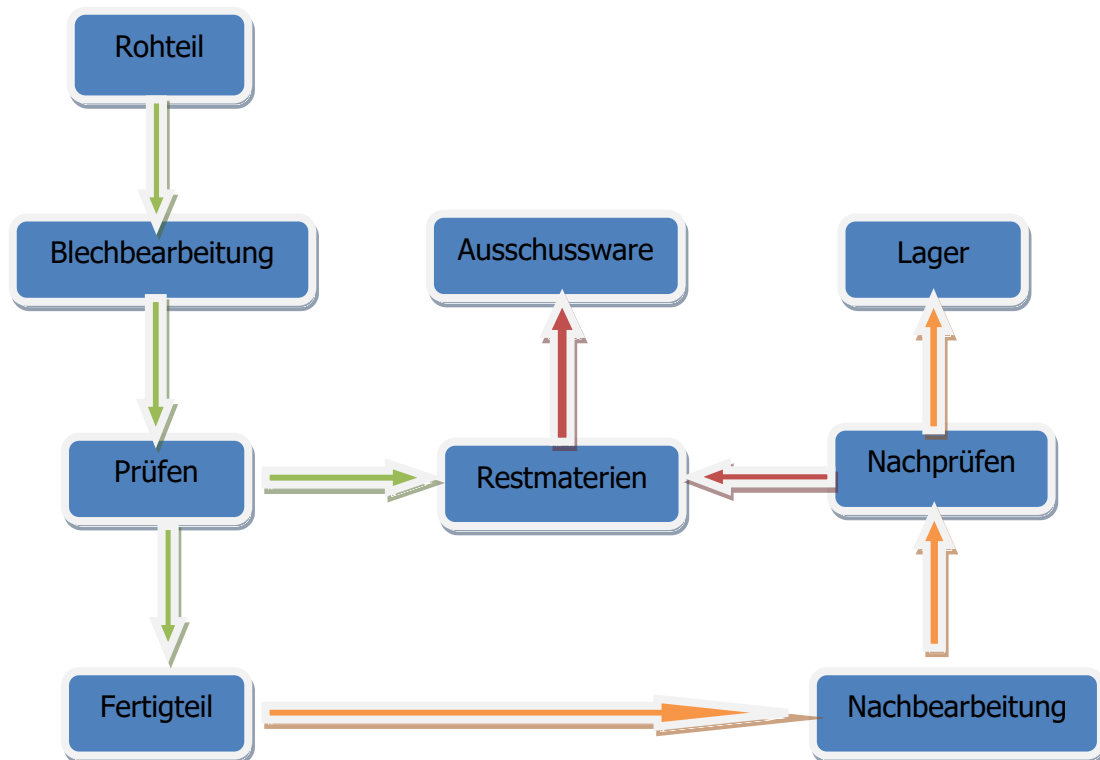
- Die Funktionen von Bmax MP System sind besser als die von ARCHIMEDES EMF-60 und PS32-16/25.
- Obwohl die Anschaffungskosten von ARCHIMEDES EMF-60 als Bmax MP System niedriger ist, ist die Energieverbrauch mehrer und das Lebensdauer kurzer. Deshalb hat die ARCHIMEDES EMF-60 bei gesamtem Kosten keine Oberhand.
- Das ARCHIMEDES EMF-60 System geeignet sich für die Anwendung von hoher Leistung und Produktion von großen Teilen. Ich habe in der Produktion des Produktes, Spülbecken, ausgewählt. Diese Produktion des Produktes benötigt nicht sehr hohe Leistung und die Abmessung des Produktes ist auch nicht groß.
- Alle Modelle von Bmax MP System entsprechen den CE-Standards und zeichnen sich durch intuitive Bedienbarkeit aus. Diese kann auf eine Siemens High-Power SPS mit 19 Touchscreen aufgerüstet werden. Die modulare Architektur bietet eine breite Palette von Nutzungsmöglichkeiten, ermöglicht komplexe anwendungsspezifische Konfigurationen, unter anderem separate sequenzierte Pulsgenerierung mit unterschiedlicher Zeit- und Intensitätscharakteristik.

## 5. Zusammenhang zwischen Schnittstellen

### 5.1 Materialfluss

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

**Die Vorstellung meines Konzeptes:**



In diesem Prozess wird die Maschine, die Transportsystem, CNC und Roboter durch einen Rechner gesteuert.



---

## 5.2 Transportsystem

### 5.2.1 Verteilung von Transportsystem

Die Gesamtheit des Werkstücktransportes ist in Flexiblen Fertigungssystemen durch ein integriertes Transportsystem vorzunehmen, das sowohl eine technische als auch eine informationsorientierte Schnittstelle zum innerbetrieblichen Gesamtprozess sowie zur jeweiligen Leiteinheit des FFS besitzt. Da die werkstückseitige Verkettung der Bearbeitungsstationen das wesentliche Kennzeichen eines FFS darstellt, kommen dem Transportsystem die Aufgaben:

- Erkennen
- Handhaben
- Transportieren

der Werkstücke mit oder ohne Spannvorrichtungen.

Automatische Ver- und Entsorgungseinrichtungen tragen aufgrund ihrer Vorteile wesentlich zur Komplettbearbeitung der Teile innerhalb eines FFS bei.

Ein wesentliches Element des Transportsystems stellt das Transportmittel dar. Für prismatische (kubische) Werkstücke werden in FFS vorrangig Paletten verwendet. Als technische Ausführungen dieses Transportmittels kommen

- einfache Transportunterlagen
- Transportpaletten
- Wechselpaletten und
- System-Paletten mit Standardabmessungen nach DIN: Euro-Palettenmaß 800 mm \* 1200 mm zur Anwendung.

Aufgrund der Tatsache, dass die Auffassung in den meisten Einsatzfällen nicht direkt auf der Palette erfolgt, sind entsprechende Spannvorrichtungen erforderlich. Je nach verwendetem Transportmittel werden auch die Paletten-Transportsysteme systematisiert. Deren Hauptaufgabe ist es, alle im System technisch und technologisch eingebundenen Einrichtungen u.a. unterstützenden Anlagen unterbrechungslos mit Werkstücken zu versorgen. [2]

## Liniensstruktur

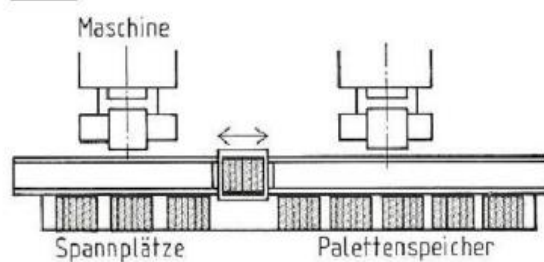
Vorteile sind wie folgt:

- kleiner Platzbedarf
- einfache Erweiterungsmöglichkeiten durch das Verlängern

Nachteile sind wie folgt:

- schwierige Zugänglichkeit der Rückseite beispielsweise bei manuellem Werkstückwechsel, Störungsbeseitigung und Wartung

### Linie



**Abb. 29: Linearstruktur**

(Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_\_Flexible\_Fertigungssysteme)

## Ringstruktur

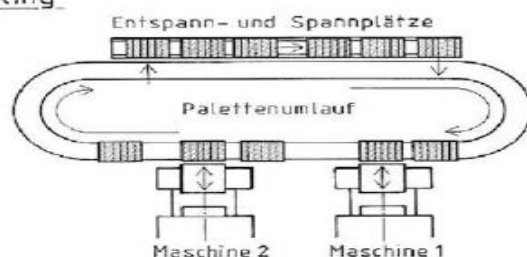
Vorteile sind wie folgt:

- kleiner Platzbedarf
- einfache Erweiterungsmöglichkeiten durch das Verlängern

Nachteile sind wie folgt:

- schwierige Zugänglichkeit der Rückseite beispielweise, bei Störungsbeseitigung, manuellem Werkstückwechsel und  
Wartung

### Ring



**Abb. 30: Ringstruktur**

(Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_\_Flexible\_Fertigungssysteme)

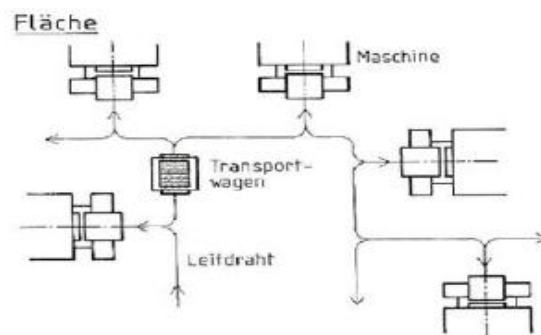
## Flächenstruktur

Vorteile sind wie folgt:

- Gute Zugänglichkeit von jeder Seite
- Gute spätere Erweiterungsmöglichkeiten

Nachteile:

- Hoher Platzbedarf beim Aufstellen der Maschinen und Palettenplätze
- Lange Fahrstrecken für das Transportsystem



**Abb. 31: Flächenstruktur**

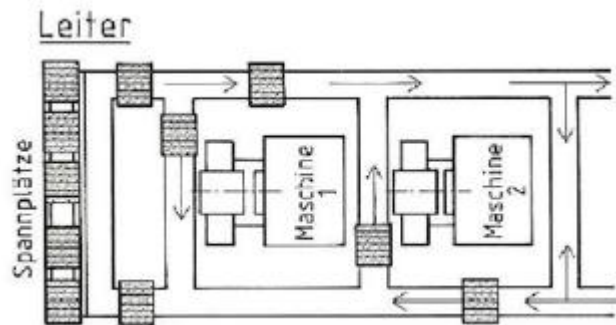
(Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_Flexible\_Fertigungssystem)

## Leiternstruktur

Normalerweise sind keine Einsatzgebiete im heutigen Fertigungssystem verfügbar.

Nachteile sind wie folgt:

- Sämtliche Bearbeitungsstationen u.a. systeminternen Anlagen umfasst das Transportsystem – schwere Bedingungen bei Überwachen, Werkzeugtausch, Warten und Reparieren. Diese Struktur ist nicht zu empfehlen



**Abb. 32: Leiternstruktur**

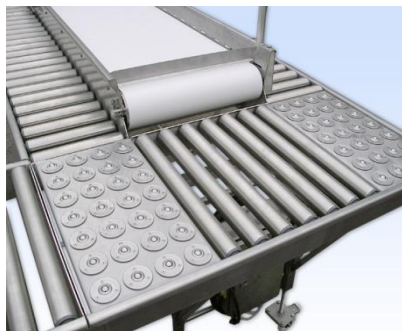
(Quelle: WZM\_II\_VL\_09\_\_Flexible\_Fertigungssysteme)

In Anbetracht von der Einfachheit von dem Bearbeitungsprozess der elektromagnetischen Blechumformung, wähle ich in meinem Konzept ein Linienstruktur aus, sodass kann das zentrum Räume sparen.

### 5.2.2 Transportmittel des Konzeptes

In der FFS gibt zwei Fließbandarten: Rollenband und Förderband.

Um die Blechteile aus Tiefziehstahl zu transportieren, müssen wir aus dieser zwei fließband eine geeignete auswählen. Es ist klar, dass Förderband besser als Rollenband ist.



**Abb. 33: Rollenband**



**Abb. 34: Förderband**

(Quelle: <http://www.bartz-metallbau.de/foerdertechnik.php>)

(Quelle: <http://www.geppert-band.de/de/produkte/flach-foerderbaender.html>)

### 5.3 Handhabung

Zu den Handhabegeräten, welche in der metallverarbeitenden Industrie und im Bereich Maschinen- und Anlagenbau verwendet werden, gehören die Industrieroboter und Einlegegeräte.

Handhaben bezeichnet das Schaffen, definierte Veränderung oder vorübergehende Aufrechterhaltung der räumlichen Anordnung der geometrisch bestimmten Körper im Bezugskordinatensystem.

Unter Handhabegeräten können im engeren Sinne Geräte begriffen werden. Sie bewegen diese Körper in gewissen Positionen und orientieren sie in Hinblick auf deren Lage.

Im heutigen Fertigungsverfahren verwendet die Automobile diese drei Handhabungen: Einlegegeräte, Manipulator und Industrieroboter. Und in meinem Konzept benutze ich einen Roboterarm (Abb. 33). [1]



**Abb. 35: Roboterarm (Quelle: <http://www.ebay.de/itm/ROBOTERARM-BAUSATZ-ROBOTER-ARM-MIT-USB-ANSCHLUSS-FERNBEDIENUNG-NEU-OV-/121512076777>)**

---

## 6. Zusammenfassung

Die elektromagnetische Umformung ist eine neue Technik. Eine spezielle Spule wird in der Nähe des metallischen Werkstücks platziert und ersetzt den Schieber in der traditionellen Formgebung. Wenn das System seinen starken magnetischen Puls freigibt, erzeugt die Spule ein Magnetfeld, das wiederum das Werkstück auf Hypergeschwindigkeit und auf die Matrize beschleunigt.

Der magnetische Puls (MP) und die extreme Verformungsgeschwindigkeit verwandeln das Metall in einen visko-plastischen Zustand - zunehmende Formbarkeit, ohne die native Festigkeit des Materials zu beeinflussen.

Die Vorteile der Technik von Magnet-Umformsystem liegen:

- auch Materialverteilung
- Keine Rückfederung
- Ermöglicht komplexe Formen mit sehr feinen Details und scharfen Ecken
- Sauberer Prozess und hochwertige Oberflächenveredelung
- Weniger Wahrscheinlichkeit von Tränen durch Reibung, da kein Kontakt zwischen Werkzeug und Teil auftritt
- Realisierung der Automatisierung sehr einfach

Diese Technik wird gerade von Europa angewendet und es gibt große Möglichkeiten, die Technik zu verbessern. Ich denke, dass diese Technik in Kürze universell sein wird.

---

## 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.

Unterschrift: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

---

Literaturverzeichnis

[1] Arbeitblätter Werkzeugmaschine und Fertigungstechniker –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann

[2] Arbeitblätter Fertigungssystem –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann

[3] Handbuch der Umformtechniker ; K.Lange

[4] [http://www.brr.ch/web4archiv/objects/objekte/metals/ts/2/19\\_d.pdf](http://www.brr.ch/web4archiv/objects/objekte/metals/ts/2/19_d.pdf)

[5] <http://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>

[6] <https://de.wikipedia.org/wiki/Gesenk>

[7] Werkzeug mit Zukunft –Walter Eversheim. Fritz Klocke

[8] Arbeitblätter Fertigungstechnische Vertiefung –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann

[9] <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>



---

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Werkzeugmaschinen (Quelle: Fertigungssystem)

Abb. 2: Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen (Quelle: Internet)

Abb. 3: Struktur eines FFS (Quelle: Fertigungsautomatisierung)

Abb. 4: 92 Schematische Darstellung eines Tiefziehwerkzeugs (Quelle: Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen)

Abb. 5: Schaltung von EMU (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))

Abb. 6: Verteilung von Magnetfeld (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))

Abb. 7: Vergleichspannung (Quelle: [www.bigel-labs.de](http://www.bigel-labs.de))

Abb. 8: Prinzip der Kompression  
(Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

Abb. 9: Prinzip der Expansion (Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

Abb. 10: Prinzip der Blechumformung  
(Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Elektromagnetische-Umformung.pdf>)

Abb. 11: Herstellung eines Ziehwerkzeugs (Läpple). Fertigungsfolge für Modelle und Hilfsmittel (schematisch) (Quelle: Umformtechnik-K.Lange)

Abb. 12: Magnet-Umformanlage  
(Quelle: <https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>)

Abb. 13: vereinfachter Schaltplan einer Stoßstromanlage für das elektrohydraulische und elektromagnetische Umformen (Quelle: Handbuch-K.Lange)

Abb. 14: verschiedene Spule (Quelle: Internet)

Abb. 15: Beispiel des Gesenks (Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Gesenk>)

Abb. 16: Technologische Aspekte bei der Gestaltung und Herstellung von Schneidewerkzeugen (Quelle: Werkzeugbau mit Zukunft)

Abb. 17: Drahterodieranlage (Quelle: Werkzeugbau mit Zukunft—Walter Eversheim. Fritz Klocke)

---

Abb. 18: Sensorik (Quelle:

<https://www.iwu.fraunhofer.de/content/dam/iwu/de/documents/Broschueren/IWU-KB-Blechumformung.pdf>)

Abb. 19: ARCHIMEDES EMF-60 (Quelle: <http://www.koegel-asia.com/emps.html>)

Abb. 20: Bmax MP Systems (Quelle: <http://www.bmax.com/products/systems/>)

Abb. 21 PS32-16/25 (Quelle: <http://www.pstproducts.com/emptmaschinen.htm>)

Abb. 22: Spulbecken (Quelle:

[http://www.abenteuertechnik.de/epages/62113530.sf/de\\_DE/?ObjectPath=/Shops/62113530/Products/%22SMEV%20VA934%22](http://www.abenteuertechnik.de/epages/62113530.sf/de_DE/?ObjectPath=/Shops/62113530/Products/%22SMEV%20VA934%22))

Abb. 23: Bearbeitungssystem (Quelle <http://www.bmax.com/technology/>)

Abb. 24: Rohblechteil (Quelle:<http://www.taglio-laser-brescia.it/de/blechbearbeitung.html>)

Abb. 25: Ohne Blechteil (Quelle: <http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-forming/>)

Abb. 26: Blechteil auf dem Gesenk (Quelle:

<http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-forming/>)

Abb. 27: durch magnetische Kräfte bearbeitung (Quelle:

<http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-forming/>)

Abb. 28: Fertigteil (Quelle: <http://www.bmax.com/technology/magnetic-pulse-forming/>)

Abb. 29: Linearstruktur (Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_Flexible\_Fertigungssysteme)

Abb.30: Ringstruktur ( Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_Flexible\_Fertigungssysteme)

Abb. 31: Flächenstruktur (Quelle:WZM\_ II\_VL\_09\_Flexible\_Fertigungssysteme)

Abb. 32: Leiternstruktur (Quelle:WZM\_II\_VL\_09\_Flexible\_Fertigungssysteme)

Abb. 33: Rollenband (Quelle: <http://www.bartzmetallbau.de/foerdertechnik.php>)

Abb. 34: Förderband (Quelle: <http://www.geppert-band.de/de/produkte/flachfoerderbaender.html>)

Abb. 35: Roboterarm (Quelle: <http://www.ebay.de/itm/ROBOTERARM-BAUSATZ-ROBOTER-ARM-MIT-USB-ANSCHLUSS-FERNBEDIENUNG-NEU-OV-/121512076777>)

---

## Tabelle

Tabelle 1: Einsatzbedingungen für Fertigungskonzepte (Quelle: Arbeitblätter Fertigungssystem –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann)

Tabelle 2: Anwendungscharakteristik (Quelle: Arbeitblätter Fertigungstechnische Vertiefung –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann)

Tabelle 3: Auswahlfaktoren der Verfahren (Quelle: Arbeitblätter Fertigungstechnische Vertiefung –Prof. Dr.-Ing. Rolf kademann)

Tabelle 4: Technische Daten von ARCHIMEDES EMF-60 (Quelle: <http://www.koegel-asia.com/emps.html>)

Tabelle 5: Technische Daten von Bmax MP System (Quelle: Internet)

Tabelle 6: Technische Daten von PS32-16/25 (Quelle: <http://www.chn.pstproducts.com/emptmaschinen.htm>)