



Zur Erlangung des Grades

eines

Bachelor of Engineering (B. Eng.)

Von Herrn Mingqian Sun

geboren am: 08/04/1994

in: Jiangsu, China

vorgelegte Abschlussarbeit:

Thema: Erstellung eines Konzeptes für ein Zentrum zur Hochgeschwindigkeitsumformung nach dem Prinzip des pneumatischen Verfahrens zur Realisierung von Blechteilen unter Berücksichtigung der Handhabung von Rohteil und Fertigteil

Erstprüfer: Prof.Dr.-Ing. Rolf Kademann

Zweitprüfer: Dipl.-Ing(FH) Thomas Kirchhofer

Merseburg, 20.03.2017

Inhaltverzeichnis

1. Vorwort.....	4
2. Grundlagen.....	5
2.1 Fertigungssysteme ^[1]	5
2.1.2 Einsatzcharakteristika für FFS.....	5
2.1.3 Aufbau und Planung des FFS.....	6
2.2. Blechumformung.....	7
2.2.1 Einleitung.....	7
2.2.2 Verfahrensüberblick.....	8
2.3 Hochgeschwindigkeitsumformung ^[1]	8
2.3.1 Vormerkungen.....	8
2.3.2 Verfahrensüberblick.....	10
3. Pneumatisch-mechanisches Verfahren.....	11
3.1 Prinzip.....	11
3.2 Aufbau der Anlage und Funktionsweise ^[6]	12
3.2.1 Aufbau der Anlage.....	12
3.2.2 Funktionsweise.....	15
3.3 Zusammenfassung.....	16
4. Die vorhandenen Einrichtungen in Fertigungsprozess.....	16
4.1 Tiefziehen ^[2]	16
4.1.1 Prinzip.....	16
4.1.2 Pneumomechanisches Tiefziehen ^[7]	17
4.1.3 Anwendung und Verfahrensgrenze.....	18
4.1.4 Tiefziehmaschine.....	18
Variant 1: Pressen.....	19
Variante 2: Werkzeug ^[9]	20
4.2 Biegen ^[2]	22
4.2.1 Prinzip.....	22
4.2.2 Frei- Gesenk und Schwenkbiegen.....	24
4.2.3 Anwendung und Verfahrensgrenze.....	26
4.2.4 Biegemaschine.....	28
Variante 1: Art.....	30
Variante 2: Ober- und Unterwerkzeug.....	31
4.3 Auswahl von allgemeinen Lösungsvarianten.....	31
5. Bewertung.....	32
5.1 Auswahl von Bewertungskriterien.....	32
5.2 Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten.....	33
5.3 Grund für Auswahl der Lösungsvariante.....	34
6. Prozess und Begründung.....	35
6.1 Prinzip.....	35
6.2 Vorbereitung.....	35
6.2.1 Auswahl des Bleches.....	35
6.3 Herstellungsverfahren ^[11]	37
6.3.1 Verfahrensbeschreibung.....	37
6.3.2 Herstellungsverfahren: von Eisen zum Feinblech.....	38
6.4 Umformungsverfahren.....	42
6.5 Begründung.....	44
7. Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen.....	44
7.1 Transportsystem ^[1]	44
7.2 Transportmittel ^[12]	45
7.2.1 Transportmittel für Rohteile.....	45

7.2.2 Transportmittel für Fertigteile.....	45
7.3 Steuerung ^[13]	46
7.4 Kollisionskontrolle ^[2]	47
8. Zusammenfassung.....	47
9. Abbildungsverzeichnis.....	49
10. Tabellenverzeichnis	50
11. Literatur/ Quelle.....	51
Selbstständigkeitserklärung	52

1. Vorwort

In der industriellen Fertigung wird pneumatische Energie in vielfältiger Art und Weise für die verschiedensten Kraftanwendungen, Bewegungs- und Steuerfunktionen eingesetzt. Über den Einsatz im allgemeinen Maschinen- und Vorrichtungsbau hinaus besteht eine breitgefächerte Anwendungspalette der Pneumatik, auch die verstärkt zum Einsatz kommenden elektronischen Steuerungstechniken mit speicherprogrammierbaren Steuerungen und Computern brauchen auf der Arbeitsseite die Kraft und Bewegung leistende Ergänzung, wie sie die Pneumatik neben anderen Technologien bietet. Erst durch das Zusammenwirken von Steuerung und Arbeitsteil ergeben sich leistungsfähige, halb- oder vollautomatisch arbeitende Fertigungs-, Montage- und Verpackungseinrichtungen oder Stell- und Wirkglieder in der Prozesstechnik.

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 Aufgabestellung

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungssystemauslegung der o.g. Zielstellung unter Berücksichtigung der möglichen allgemeinen technischen Lösungen
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen 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. Grundlagen

2.1 Fertigungssysteme ^[1]

Im Gegensatz zu konventionellen Fertigungseinrichtungen stellt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems (FFS) 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 sowie
- die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.

2.1.2 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 Bearbeitung sind

- 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 Leitreechner gesteuert und koordiniert.

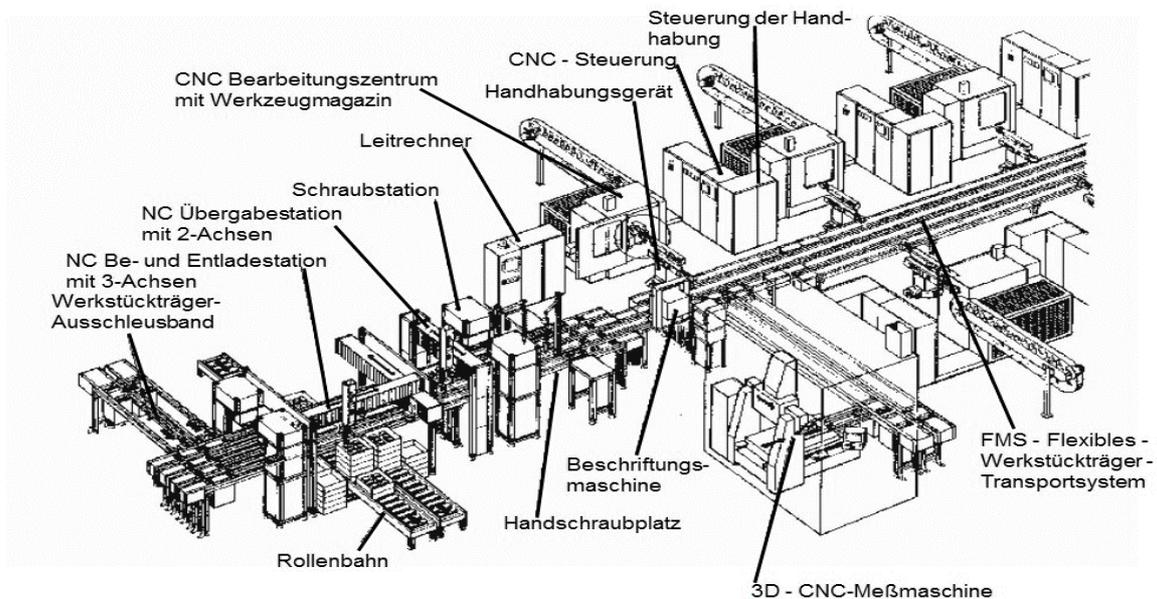


Abb. 1- Elemente und Grundaufbau eines FFS ^[1]

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 Spannvorrichtung 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.

2.1.3 Aufbau und Planung 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.



Abb. 2- Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen ^[1]

Das Grundschemata eines derartigen Fertigungskonzeptes ist Abbildung 3 zu entnehmen.

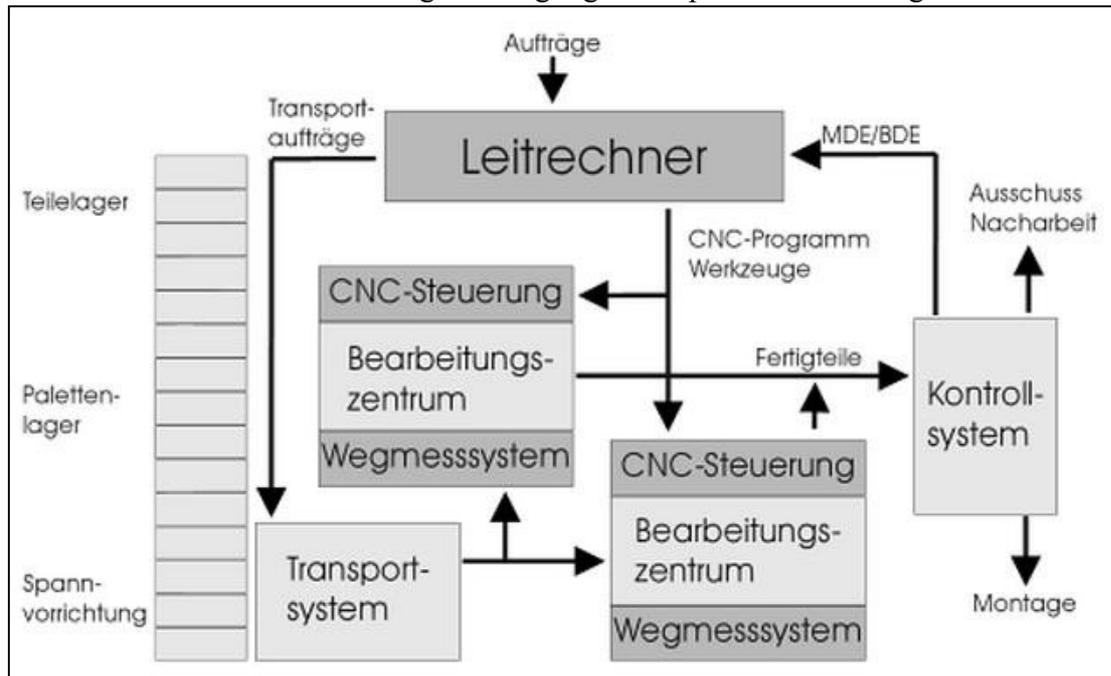


Abb. 3- Struktur eines flexiblen Fertigungssystem ^[1]

2.2. Blechumformung

2.2.1 Einleitung

Umformen ist die gezielte Änderung der Form, der Oberfläche und der Eigenschaften eines metallischen Körpers unter Beibehaltung von Masse und Stoffzusammenhalt. ^[2]

Blechumformen ist das Umformen ohne bzw. mit geringen, ungewollten Änderungen der ursprünglichen Wanddicke von Blechzuschnitten, z.B. durch Tiefziehen, Kragenziehen, Biegen. Formänderungen, Verfestigungen und damit Kräfte sind bei Blechumformverfahren meist kleiner. ^[3]

Der Unterschied zwischen Massivumformen und Blechumformen liegt daran, Beim Massivumformen wird aus einem räumlichen Körper umgeformt, während Beim Blechumformen wird aus einem flachen eher zweidimensionalen Körper umgeformt, die annähernd konstante Blechdicke besitzen.

2.2.2 Verfahrensüberblick

Bei der Blechumformung wird das Bauteil aus einem ebenen Blechzuschnitt in seine endgültige Form gebracht. Dabei erhält der Werkstoff nur durch plastische Verformung die gewünschte Form, also ohne spanendes Bearbeiten. Meist kommt es auch zu einem gewissen Anteil an elastischen Verformungen ein Vorgang, der sich dann als Rückfederung nach der Umformung bemerkbar machen kann.

Nach DIN 8582 werden die Verfahren nach den typischerweise im Blech auftretenden Spannungen unterteilt: ^[4]

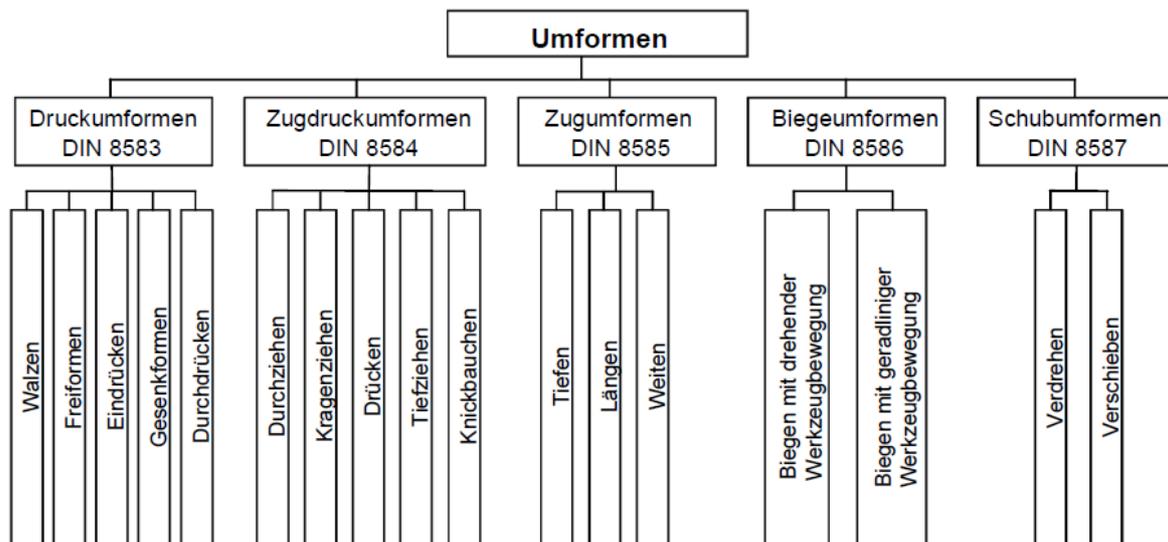


Abb. 4- DIN 8582

Die Verformung kann mittels mechanischer Werkzeuge, mit Luft, mit Flüssigkeiten, magnetisch oder explosiv erfolgen. Sonderverfahren der Blechumformung sind die superplastische Umformung und das Presshärten, sowie die Halbwarmumformung von Aluminium und Magnesium.

Zu den wichtigsten Verfahren der Blechumformung gehören Tiefziehen und Biegen.

2.3 Hochgeschwindigkeitsumformung ^[1]

2.3.1 Vormerkungen

Die immer mehr zur Herstellung von konstruktionsteilen verwendeten Metalle bzw. Metalllegierungen Molybdän, Zirkonium, Beryllium, 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/mm² liegt und die meist äußerst spröde sind, mit herkömmlichen Mitteln nicht oder nur in unwirtschaftlicher Weise möglich. Es wurden deshalb neuartige Verfahren entwickelt, um mit vertretbarem Aufwand die plastische Formung dieser hochfesten Werkstoffe zu ermöglichen.

Diese Verfahren werden unter dem Oberbegriff „Hochgeschwindigkeitsumformung“ zusammengefasst. Diese Beziehung bringt die qualitativen Besonderheiten dieser Verfahren, vom Umformvorgang hergesehen, besser zu Ausdruck, dem die spezifischen technologischen Merkmale dieser Verfahren sowie bestimmte Eigenschaften so umgeformter Werkstoffe lassen sich vorrangig aus den wesentlich höheren Umformgeschwindigkeiten ableiten. Diese Umformungsgeschwindigkeiten 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 (direkte 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 Erscheinungen sind die technologischen Erfordernisse und Eigenarten, die Besonderheiten der zu verwendenden Werkzeuge 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 formlos Medium (z. B. Wasser, Luft, Sand) Verfahrensvarianten

- Explosionsumformung durch Sprengstoffdetonation, Pulver- oder Gasverbrennung,
- Expansionsumformung durch Ausdehnung unterkühlter Gase,

Hydroelektrische Umformung durch Funkenentladung oder Drahtexplosion (Unterwasserblitz-Hydrospark-Verfahren)

Energieübertragung durch ein magnetisches Feld (Magnetumformung)

Energieübertragung durch den Schlag eines festen Körpers (Hochdruckbeschleunigte Werkzeug oder Werkzeugträger) mittels hochverdichteten Gases (z. B. Stickstoff), Druckluft oder Pulverladung (pneumatisch-mechanische Verfahren)

Im Vergleich zu konventioneller Umformung hat Hochgeschwindigkeitsumformung folgende Vorteile, wie:

- höhere Umformgeschwindigkeit
- kleines Zeitintervall

Die Nachteile sind die erforderlichen besonderen Sicherheitsvorkehrungen sowie größere Parameterschwankungen und die daraus resultierende unsichere Reproduzierbarkeit. Die Sicherheits- sowie die Reproduzierbarkeits-Probleme können durch eine maschinelle Realisierung der Hochgeschwindigkeitsumformung gelöst werden.

Die zahlreichen Beispiele industrieller Realisierung zeigen, diese Technologie besonders für Bauteile:

- komplizierter Hauptform,
- mit Nebenformen, die einen extrem hohen Wirkdruck erfordern,
- aus hochfesten schlecht umformbaren Blechmaterialien.

geeignet ist.

2.3.2 Verfahrensüberblick

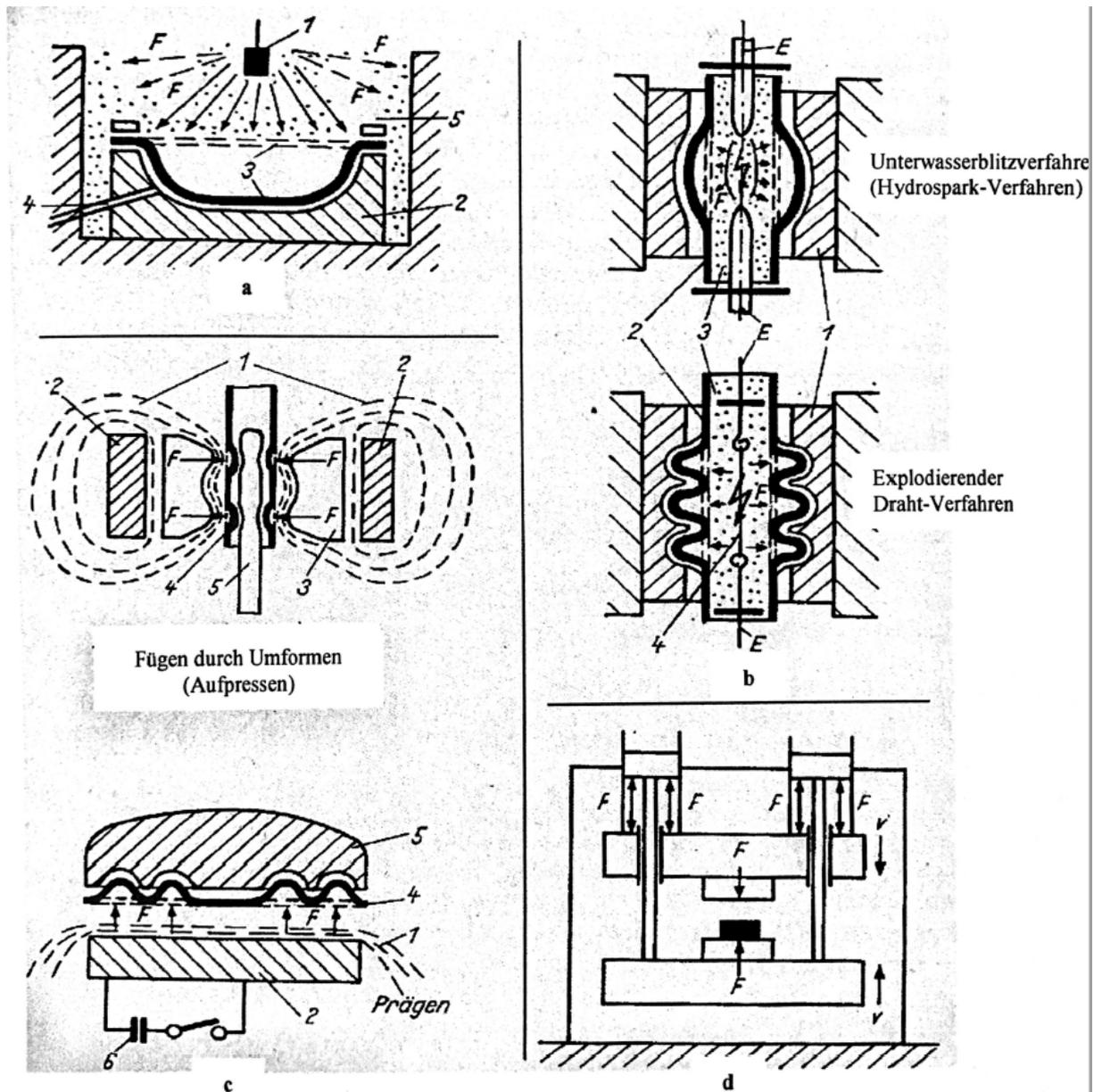


Abb. 5- Hochgeschwindigkeitsumformverfahren- Prinzip der Energieübertragung ^[1]

A – Explosiv-Umformverfahren

1-Pulver- oder Sprengladung; 2 - Matrize; 3 – Zuschnitt (Rohteil) und Umformteil; 4 – Entlüftung(Vakuum); 5 – Medium (Wasser o. Sand)

B – Hydroelektrische Verfahren

1 – Matrize; 2 – Rohteil(Rohr); 3 – Feldformer; 4 – dünner Draht, o. Folie; 5 – Elektroden

C – Magnetumformverfahren

1 – Magnetfelder; 2 – Induktoren, 3 – Feldformer; 4 – Rohteil(Zuschnitt); 5 – Verbindungsteil bzw. Matrize; 6 – Kondensatorschaltung

D – Pneumatisch-mechanisches Verfahren

F – Kraft; v – Geschwindigkeit

3. Pneumatisch-mechanisches Verfahren

3.1 Prinzip

Pneumatisch-mechanisches Verfahren stellt in gewisser Beziehung die Verbindung zwischen den herkömmlichen Umformverfahren und der Hochgeschwindigkeitsumformung her.

Der Werkzeugträger wird durch eine stoßartige Expansion hochkomprimierter Gase beaufschlagt, der dem Werkzeug eine hohe Auftreffgeschwindigkeit verleiht. Bei diesem Umformvorgang werden alle erzeugten Kräfte fast ausschließlich auf das Werkstück übertragen. Deswegen spielt Pneumatik hier eine wichtige Rolle. ^[1]

Die Pneumatik ist ein Teilgebiet der mit dem Oberbegriff Fluidtechnik bezeichneten Wissenschaft. Die Fluidtechnik wird anhand der zur Anwendung kommenden Fluide in Hydraulik und Pneumatik eingeteilt. Die in der Pneumatik zur Energieübertragung verwendeten Fluide sind Flüssigkeiten, in der Pneumatik wird als Fluid ein Gas verwendet, nämlich verdichtete Luft (Druckluft). ^[5]

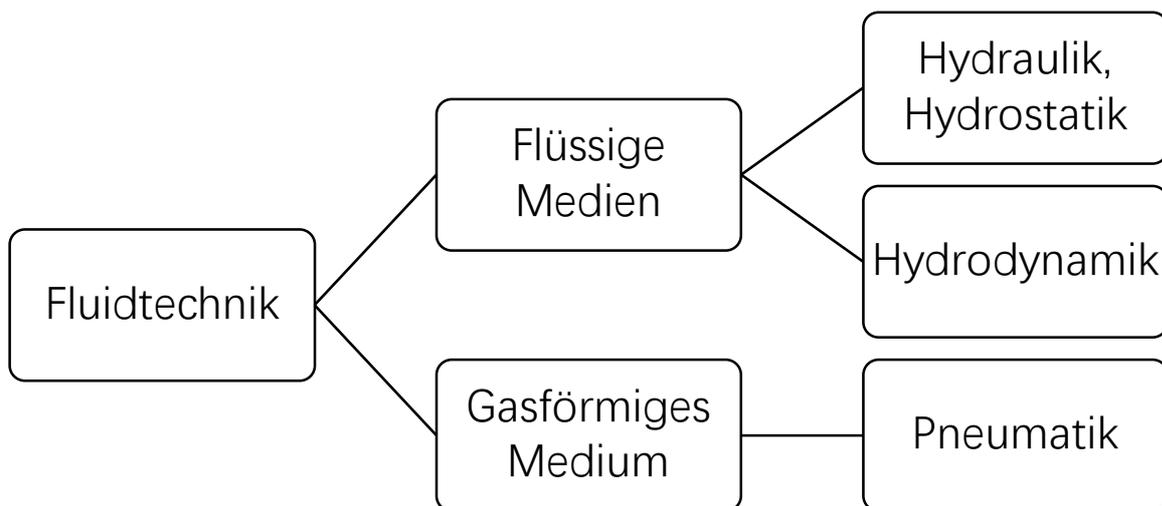


Tabelle 1- Teilgebiete der Fluidtechnik ^[5]

Der Energieträger Druckluft bietet viele Vorteile, wie:

- Druckluft lässt sich leicht über größere Entfernungen durch Rohrleitungen und Schläuche transportieren.
- Druckluft ist ein sauberer Energieträger, dadurch entsteht wenige Verschmutzungen.
- Mit Druckluft lassen sich Arbeitsbewegungen schnell ausführen.
- Mit Pneumatikzylindern lassen sich einfach viele Bewegungsaufgaben ohne Übertragungsglieder realisieren. ^[5]

Konventionellem- und hydromechanischem Verfahren sind zwei beliebige Verfahren. Vergleichen mit diese beide Verfahren bietet Pneumatisch-mechanisches Verfahren folgende Vor- und Nachteile:

Im Vergleich zu konventionellem Verfahren
Vorteil:

zu hydromechanischem Verfahren
Vorteil:

- schnellen Zu- und Abfuhr,
- Reduzierung der Zykluszeiten.

Nachteil:

- Dieseleffekt von Luft-Öl,
- Kleine Kraft,
- Kraftänderung schwer kontrollierbar.

- schnellen Zu- und Abfuhr,
- Keine Verschmutzung entstehen,
- Reduzierung der Zykluszeiten.

Nachteil:

- Dieseleffekt von Luft-Öl,
- Kleine Kraft,
- Kraftänderung schwer kontrollierbar.

3.2 Aufbau der Anlage und Funktionsweise ^[6]

3.2.1 Aufbau der Anlage

Pneumatisch-mechanische Anlage haben die Aufgabe, die in der Druckluft gespeicherte Energie in Bewegungsenergie umzuwandeln. Es zeichnen sich durch eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit aus, und die kurze Taktzeit sichern eine hohe Rentabilität von Produktionsanlage. Eine moderne pneumatische Anlage in der Technik besteht aus Teilsystemen zur

1. Erzeugung und Bereitstellung der Druckluft (Verdichter, Kühler, Filter),
2. Steuerung der Druckluft (Druckventile, Wegventile, Sperrventile),
3. Verrichten von Arbeit mit der Druckluft (Zylinder, Drehantriebe).

1. Erzeugung und Bereitstellung der Druckluft

Die Druckluftzeugung findet im Kompressor statt. Bei der Erzeugung von Druckluft wird die angesaugte Raumluft vorgefiltert im Kompressor „gepresst“ und in einen Druckluftbehälter gespeichert. Wenn es zu Maschine leiten, werde es im Trockner von der restlichen Luftfeuchtigkeit befreit.

2. Steuerventile

Mit Steuerventile (Wegventile, Einschaltventile, usw.) sperren man die Druckluft ab und leiten sie zum gewünschten Zeitpunkt an die Arbeitselemente weiter. Von der richtigen Verschaltung der Elemente hängen Sicherheit und Zuverlässigkeit der Anlage ab.

3. Zylinder

Pneumatikzylinder sind robuste Arbeitselemente mit geringer Störanfälligkeit und hoher Lebensdauer. Bei günstigen Abmessungen lassen sich hohe Geschwindigkeiten erzielen.

Es gibt zwei häufig verwendete Zylinder: Einfachwirkender Zylinder und Doppeltwirkender Zylinder.

Einfachwirkende Zylinder

Einfachwirkende Zylinder werden nur von einer Seite mit Druckluft versorgt und dort besteht eine Anschlussmöglichkeit zur Versorgung mit Druckluft. Daher können sie auch nur in eine

Richtung Arbeit leisten. Vor der Rückstellung muss die Zylinderkammer entlüftet werden, dann kann die Einfahrbewegung der Kolbenstange durch die eingebaute Feder oder durch eine äußere Krafteinwirkung erfolgen. Die Entlüftung erfolgt durch eine Bohrung am Zylinderdeckel.

Verbindet die Ventile mit der Zylindern, dann werde die Bewegung des Zylinderantriebs gesteuert werden.

- Ist die Magnetspule des Wegeventils stromlos, wird die Zylinderkammer über das Wegeventil entlüftet. Die Kolbenstange ist eingefahren.
- Wird die Magnetspule von Strom durchflossen, schaltet das Wegeventil und die Zylinderkammer wird belüftet. Die Kolbenstange fährt aus.
- Wird die Magnetspule stromlos, schaltet das Ventil zurück. Die Zylinderkammer wird entlüftet und die Kolbenstange fährt ein.

Doppeltwirkende Zylinder

Doppeltwirkende Zylinder werden von beiden Seiten mit Druckluft versorgt. Diese Zylinder können daher auch in beide Richtungen Arbeit leisten. Die auf die Kolbenstange übertragene Kraft ist für den Vorhub etwas größer als für den Rückhub, da die mit Druckluft versorgte Fläche auf der Kolbenseite größer ist als die auf der Kolbenstangenseite.

Am doppeltwirkenden Zylinder befindet sich für jede Druckkammer ein Anschluss. Vor Umschaltung in die Gegenrichtung muss die entsprechende Kammer (Kolbenseite oder Kolbenstangenseite) zunächst entlüftet werden.

Verbindet die Ventile mit der Zylindern, dann werde die Bewegung des Zylinderantriebs gesteuert werden.

- Ist die Magnetspule stromlos, so wird die linke Zylinderkammer entlüftet, die rechte Zylinderkammer hingegen belüftet. Die Kolbenstange ist eingefahren.
- Wird die Magnetspule von elektrischem Strom durchflossen, schaltet das Ventil. Die linke Zylinderkammer wird belüftet und die rechte Zylinderkammer wird entlüftet. Die Kolbenstange fährt aus.
- Wird die Magnetspule stromlos, schaltet das Ventil zurück und die Kolbenstange fährt ein.

Folgende Abbildung zeigt diese Prozess:

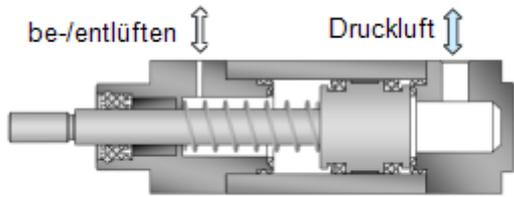


Abb. 6 Einfachwirkende Zylinder ^[6]

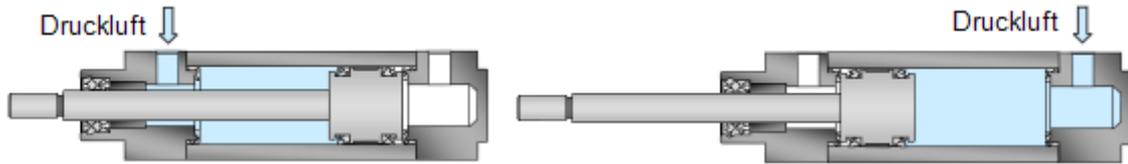


Abb. 7- Doppeltwirkende Zylinder ^[6]

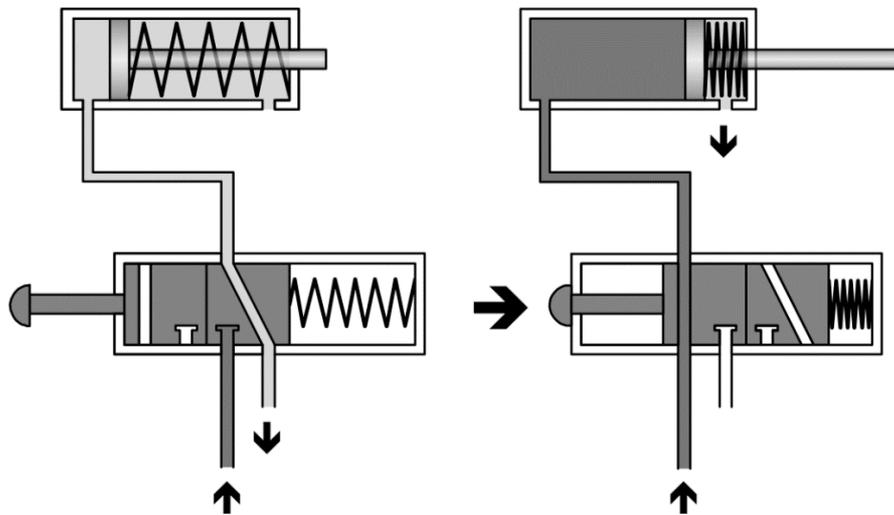


Abb. 8- Die Bewegung der einfachwirkende Zylinder ^[6]

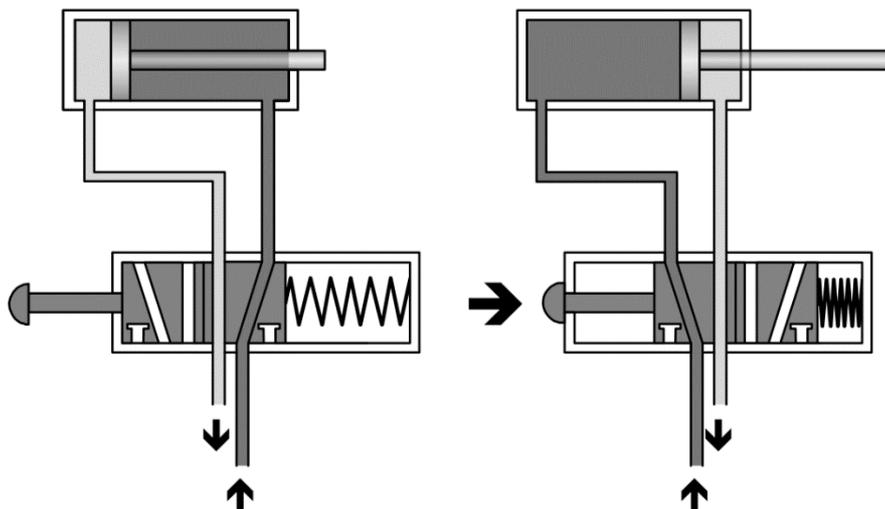


Abb. 9- Die Bewegung der doppeltwirkende Zylinder ^[6]

3.2.2 Funktionsweise

1. Bei der Erzeugung von Druckluft wird die angesaugte Raumluft vorgefiltert im Verdichter “gepresst”. Im Druckluftfilter befreit Druckluft von der restlichen Luftfeuchtigkeit, dann wird es in einen Druckluftbehälter geleitet.
2. Man steuert die Wegventile und gibt es die Befehle. Durch die Bewegung des Ventilkolbens wird die Druckluft von einem Kanal in einen anderen Kanal umgeleitet oder abgesperrt, bzw. freigegeben, am Ende durch das Betätigungselement (Magnetspule, Hebel, Fußschalter, ...) ausgelöst. Dadurch wird die Schaltfunktion des Ventiles unabhängig vom Betriebsdruck und eignet sich auch für Einsätze im Vakuumbereich. Allerdings steigt die Kraft, die zur Bewegung des Ventilkolbens notwendig ist, proportional zur Größe des Ventiles.
3. Die Ventile steuern die Druckluft, die in dem Zylinder einströmt. Die einströmende Druckluft bewegt den Kolben in eine Richtung, dementsprechend wird in diese Richtung auch die Kraft des Zylinders aufgebaut. Die Druckluft sorgt sowohl für die Zylinder-Erstbewegung als auch für das Zurückfahren in die Ausgangsstellung.

Der Arbeitsschritt wird im folgenden Schema klar dargestellt:

Signalfluss: Von oben nach unten

Steuerkette: SPA Prinzip Sensor, Prozessor, Aktor
EVA Prinzip Eingabe, Verarbeitung, Ausgabe

Energieversorgung: Durch Schlauch oder Rohrleitung

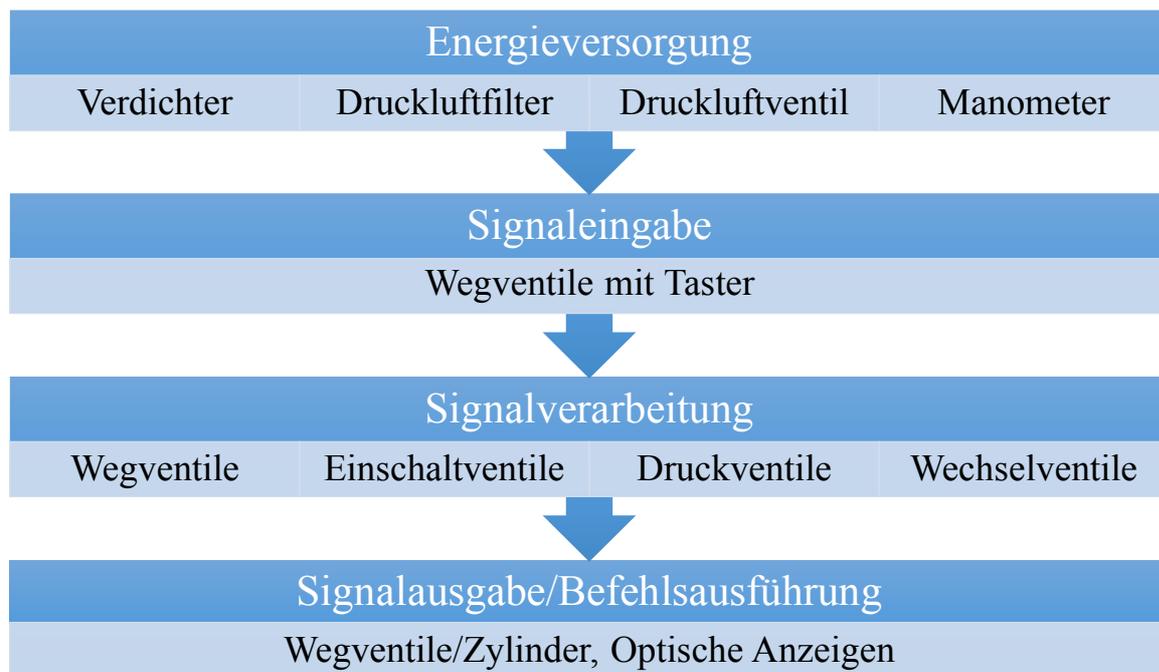


Tabelle 2- Der Arbeitsschritt der Anlage

3.3 Zusammenfassung

Gegen anderem Verfahren bietet der Einsatz des Pneumatisch-mechanischen Verfahrens im Vorrichtungsbau folgende Vorteile:

- Hohe Steuergeschwindigkeit, kurze Schaltzeiten und hohe Schaltfrequenz
- Stufenlose Regulierung der Geschwindigkeiten und Kräfte
- Eignung zur Werkstück und Vorrichtungsbewegung

Neben der Wirtschaftlichkeitsrechnung gibt es auch die Nachteile:

- Große Zylinderdurchmesser infolge des geringen Betriebsdrucks
- nur für geringere Drücke (in der Regel bis 10 bar) eingesetzt

Durch die Kompressibilität der Luft kann man die Geschwindigkeit z.B. eines ausfahrenden Zylinders kaum kontrollieren, so ist gut für digitale Anwendung (auf/ zu, ein/ aus,...). Deswegen geeignet die pneumatisch-mechanische Verfahren zum Steuern von Bewegung kleinerer Bauteile, z. B Dünublech.

Nach Eigenschaften des pneumatisch-mechanischen Verfahrens, entsprechende Tiefziehen und Biegen für die Blechumformung.

4. Die vorhandenen Einrichtungen in Fertigungsprozess

4.1 Tiefziehen ^[2]

4.1.1 Prinzip

Das Tiefziehen ist eines der am häufigsten eingesetzten Verfahren der Blechumformung. Es ist nach DIN 8584 das Zugdruckumformen eines ebenen Blechzuschnittes (einer Folie oder einer Platte) zu einem Hohlkörper oder eines Hohlkörpers zu einem Hohlkörper mit kleinerem Umfang ohne beabsichtigte Veränderung der Blechdicke.

Diese Abbildung zeigt die Verarbeitung einer ebene Blechplatte bzw. Blechband zu einem Napf. Das Werkzeug besteht aus Ziehstempel, Ziehring und nötigenfalls aus Niederhalter. Die Grenze des Tiefziehvorgangs ist durch die Art der Krafteinleitung in die Umformzone bestimmt. Die Ziehkraft wirkt vom Stempel in den Boden des Ziehteils und wird von dort über die Krafteinleitungszone KE in die aktive Umformzone UZ eingeleitet. Die Tiefziehgrenze ist erreicht, wenn die größte zulässige Ziehkraft nicht mehr in die Umformzone übertragen werden kann. Bei optimalen Bedingungen in der Umformzone können mehrere Umformstufen ohne Zwischenglühen eingespart werden.

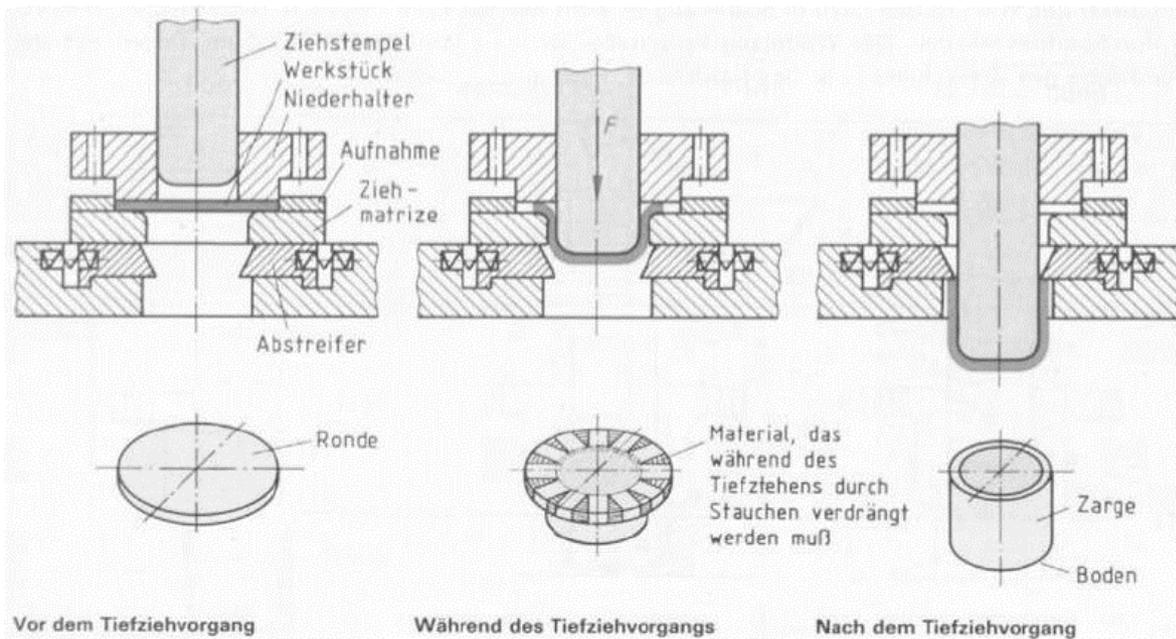


Abb. 10- Tiefziehvorgang ^[2]

Oft sind mehrere Folgezüge zur vollständigen Herstellung eines Teils nötig. Man unterscheidet den Erst- oder Anschlagzug und den Folge- oder Weiterzug. Ob nur der Erstzug oder ein bzw. mehrere Weiterzüge zur Herstellung eines Ziehteils ausreichen, entscheiden der Werkstofffluss, die Verfestigungsgrenzen und die Endform dieses Teils. Folgende zeigt zwei Tiefziehvorgänge. Im Erstzug entsteht aus einem ebenen Blechteil ein Hohlkörper, im Weiterzug wird daraus ein Hohlkörper mit kleinerem Durchmesser aber größerer Höhe.

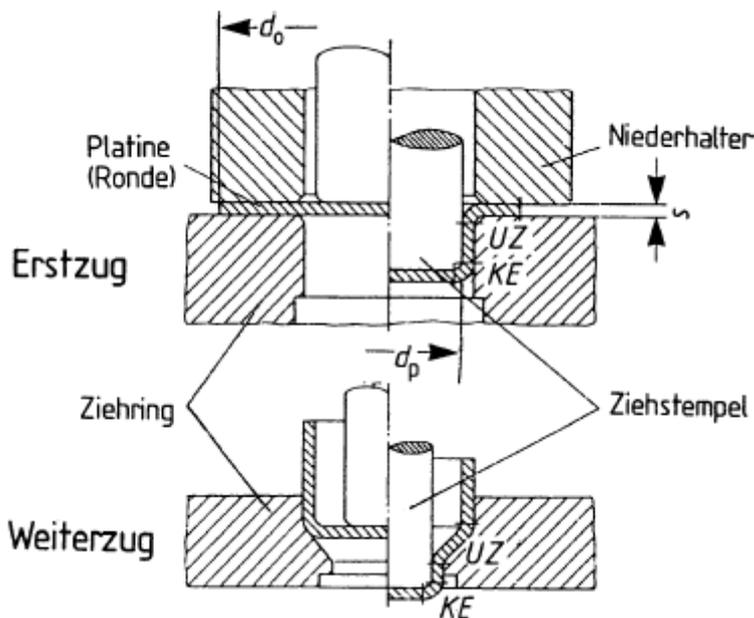


Abb. 11- Erstzug und Weiterzug ^[2]

4.1.2 Pneumomechanisches Tiefziehen ^[7]

Das pneumomechanisches Tiefziehen ist eine Verfahrensvariante des Tiefziehens.

Bei dem Verfahren werden sowohl zwei feste Werkzeughälften benutzt, als auch Gasdruck,

wobei beide Umformprinzipien während desselben Pressenhubs im selben Werkzeug zur Wirkung kommen. Der größte Teil der Umformung wird dabei durch einen sehr schnell aufgebauten Gasdruck durchgeführt, welcher das Blech als Ganzes vordehnt und ins Formwerkzeug drückt. Die Kalibrierung der bis dahin noch nicht ganz ausgeformten Radien wird durch die zweite Werkzeughälfte realisiert, welche am Ende desselben Pressenhubs das Werkzeug schließt und die bis dahin noch nicht ausgeformten Bereiche des Werkstücks mechanisch fertigformt.

4.1.3 Anwendung und Verfahrensgrenze

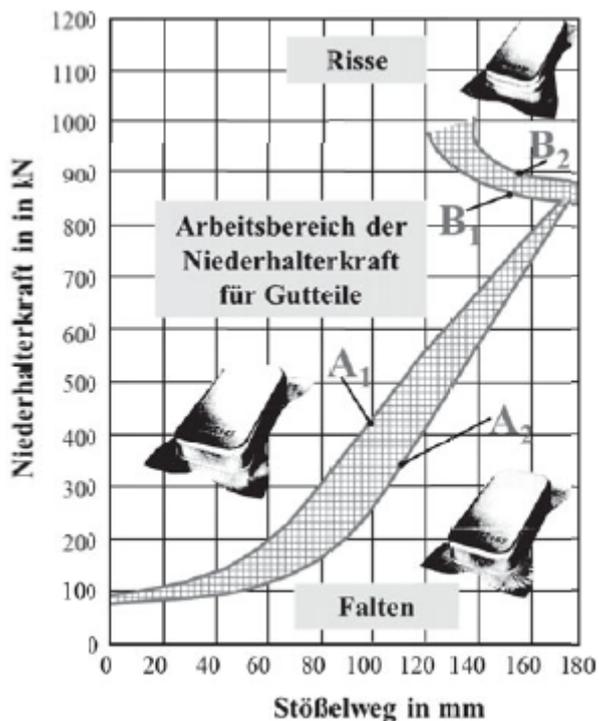
Anwendung

Das Verfahren dient zur Herstellung von Hohlkörpern aller Formen, bei denen die Wanddicke gleich der Bodendicke ist.

Verfahrensgrenze

Die Verfahrensgrenzen sind von den Eigenschaften des Blechwerkstoffes und des Schmierstoffes sowie von den Werkzeuggeometrie- und Umformparametern abhängig.

Die obere Verfahrensgrenze wird durch das Auftreten von Reisern bestimmt. Die untere Verfahrensgrenze betrifft die Bildung von Falten erster Art. Diese beiden Versagensarten begrenzen den „Arbeitsbereich“ der Niederhalterkraft.



- A1) Grenzkurve für das Auftreten von Falten, alle Pinolen auf gleicher Höhe
- A2) Grenzkurve für das Auftreten von Falten, optimierte Pinoleneinstellung
- B1) Grenzkurve für das Auftreten von Reisern, alle Pinolen auf gleicher Höhe
- B2) Grenzkurve für das Auftreten von Reisern, optimierte Pinoleneinstellung

Abb. 12- Arbeitsbereich der Niederhalterkraft [2]

4.1.4 Tiefziehmaschine

In diese Kapitel werden zuerst den Aufbau und Art der Tiefziehmaschine dargestellt, dann wird die Wahl des Werkzeugs entsprechend unterschiedenen Blechteilen vorgestellt.

Das Tiefziehwerkzeug besteht aus dem Ziehstempel, falls erforderlich dem Niederhalter, der Matrizenaufnahme, der Ziehmatrize und der Grundplatte.

Variante 1: Pressen

Für die Herstellung der Blechformteile werden doppelwirkende Pressen oder einfachwirkende Pressen eingesetzt.

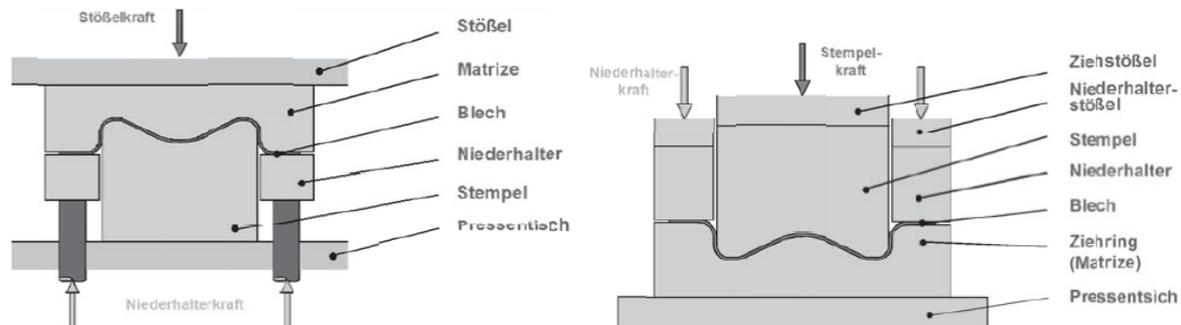


Abb. 13- Einfachwirkende-/ Doppelwirkende Presse ^[2]

Die Attribute „einfachwirkend“ und „doppelwirkend“ beziehen sich somit also nicht auf Funktionalitäten der Maschine als Ganzes sondern auf die der Stöbeleinheit.

Eine einfachwirkende Presse hat nur einen Stößel und einen Auswerfer. Dieser Auswerfer kann für die Bestätigung des Niederhalters eingesetzt werden, wenn man das Ziehwerkzeug um 180° dreht. Dann ist der Ziehring am Stößel befestigt und der Ziehstempel steht fest auf dem Pressensich. Der Niederhalter wird über Zwischenbolzen vom Auswerfer betätigt.

Eine doppelwirkende Presse hat praktisch zwei Stößel. Der äußere Stößel wird für den Niederhalter und der innere Stößel für den eigentlichen Ziehvorgang benötigt. Beide Stößel sind getrennt voneinander steuerbar. Der normale Tiefzug erfordert eine solche doppelwirkende Presse oder anders ausgedrückt; Eine Ziehpresse ist immer eine doppelwirkende Maschine.

Vorteil bei einfachwirkender Presse:

Bei einfachwirkenden Pressen bewegt sich der Energieverbrauch der doppelwirkende Presse je nach Anwendung in einer Größenordnung um 60 % vom Gesamtverbrauch.
Vorteil bei doppelwirkende Presse:

In Systemen mit ruhendem Blechhalter lässt sich der Materialfluss im Allgemeinen besser kontrollieren als bei bewegtem Blechhalter. Insofern ist das doppelwirkende Pressen hier im Vorteil, weil sich insbesondere bei komplexen Ziehvorgängen die besseren Ergebnisse einstellen. Also bei Presse gibt es die Ziehrichtung mit verschiedener Energieversorgung. Der Funktionsweise dieser Ziehrichtung sind ähnlich. ^[8]

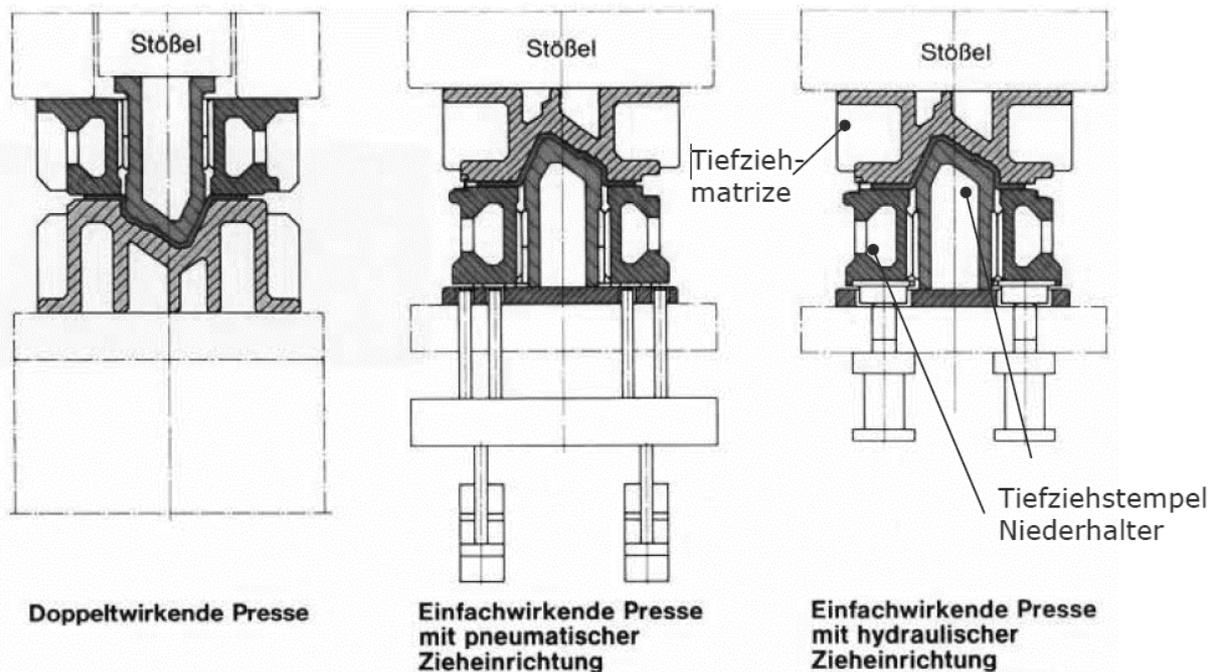


Abb. 14- Einfachwirkende Presse mit pneumatischer Ziehrichtung ^[2]

Variante 2: Werkzeug ^[9]

Als Tiefziehwerkstoffe eignen sich unlegierte Fein- und Feinstbleche mit hoher Bruchdehnung (ÖNORM M3124). Kohlenstoffanteil 0,1%, wenig Phosphor und Schwefel (0,025 - 0,04 %). Feinstbleche sind Bleche unter 0,5 mm Dicke. Bei verschiedene Blechform und Blechdicken werden entsprechende Werkzeugen eingesetzt. Es kann einfach in folgende Tabelle unterteilt werden.

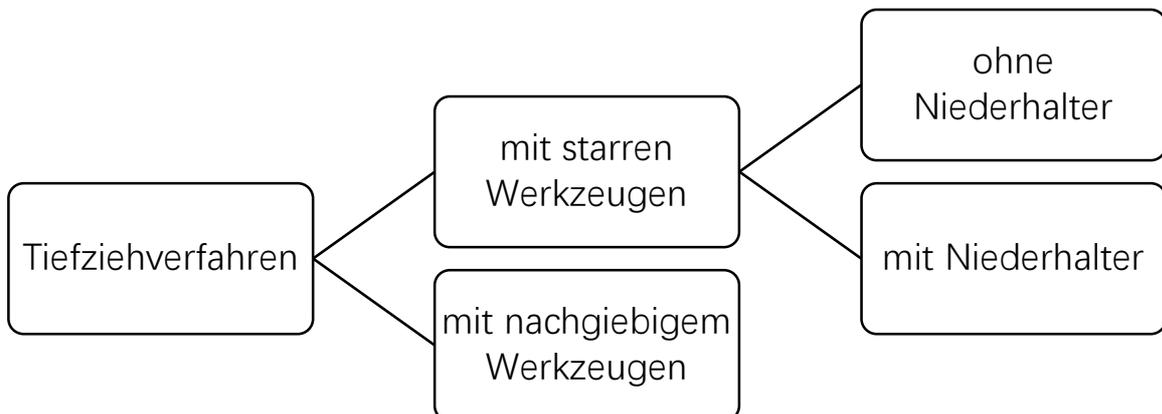


Tabelle 3- Tiefziehverfahren ^[9]

Tiefziehen mit starren Werkzeugen:

Tiefziehen ist mit starrem Stempel und starrer Matrize. Dabei kann die Werkstückendform im Erstzug oder im Weiterzug erreicht werden.

Tiefziehen ohne Niederhalter:

Bei geringer Ziehhöhe und bei dicken Blechen (über 4 mm) ist keine Gefahr der Faltenbildung gegeben, wodurch auf einen Niederhalter verzichtet werden kann. Bei Tiefziehen im Weiterzug

(mehrere Ziehvorgänge) ist auch kein Niederhalter notwendig. Um faltenfreie Werkstücke zu gewährleisten darf das Ziehverhältnis von 0,85 nicht unterschritten werden.

- Kumpeln:

Ist das Tiefziehen in einem Zug ohne Niederhalter zum Wölben ebener Platten, z.B. für die Herstellung von Kesselböden (Klöpferböden), wobei das Werkstück im Endzustand zwischen Stempel und Matrize eingeschlossen ist.

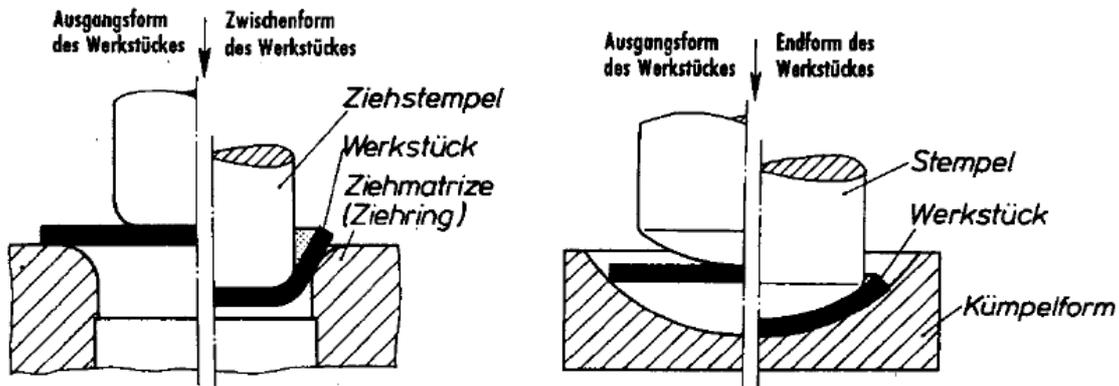


Abb. 15- Tiefziehen ohne Niederhalter/ mit Kumpeln ^[9]

Tiefziehen mit Niederhalter:

Da bei dünneren Blechen und großen Tiefziehhöhen ist aufgrund der Faltenbildungsgefahr ein Niederhalter einzusetzen.

- Stülpziehen

Ist Tiefziehen im Weiterzug mit Wirkung des Stülpstempels in gegengesetzter Wirkrichtung des vorangegangenen Tiefziehvorgangs. Durch das doppelte Ziehen kann eine Reststülpe bestehen bleiben, außerdem ist durch die hohe Beanspruchung des Materials (muss sehr weich sein) gewährleistet, dass das Werkstück bei der Anwendung weitere Verformungen aushält.

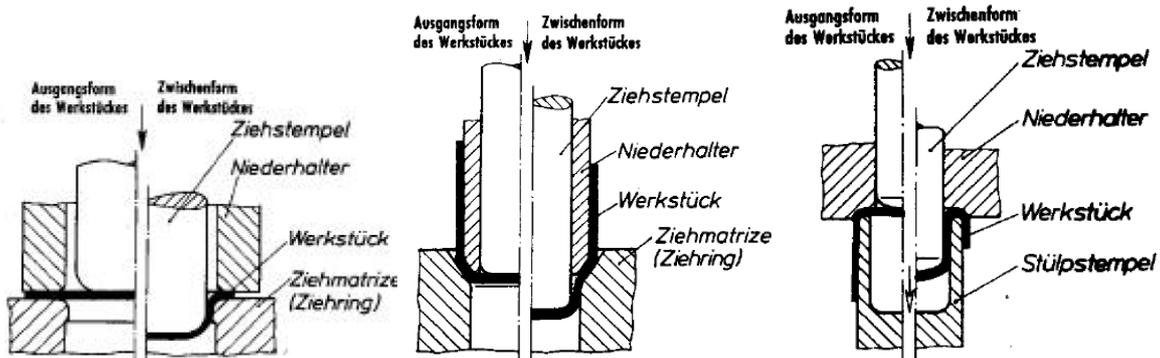


Abb. 16- Tiefziehen mit Niederhalter im Erstzug/weiterzug/ Stülpziehen ^[9]

Tiefziehen mit nachgiebigem Werkzeug:

Beim Tiefziehen mit nachgiebigem Werkzeug presst ein nachgiebiger Stempel das Werkstück in eine starre Matrize, bzw. ist das Pressen eines Werkstückes mittels eines nachgiebigen Kissens innerhalb eines „Koffers“ an einen starren Stempel.

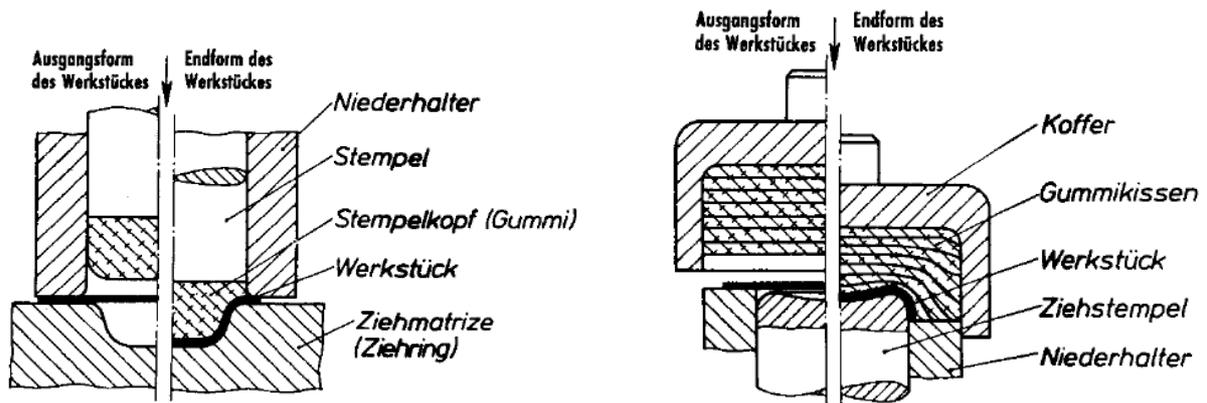


Abb. 17- Tiefziehen mit nachgiebigem Stempel/ Kissen ^[9]

Vorteile gegenüber Tiefziehen mit starren Werkzeugen:

Dadurch dass sich der Druck im flexiblen Werkzeug gleichmäßig fortsetzt (ähnlich wie in Flüssigkeiten), wird der Druck auf die Werkstückoberfläche gleichmäßig verteilt. Durch diese Aufteilung werden Spannungsspitzen (z.B. an der Ziehkante(-radius)) verhindert und das Ziehverhältnis kann um etwa 10% kleiner sein, wodurch weniger Tiefziehvorgänge erforderlich sind. Die Werkzeuge sind billiger in der Herstellung und können für verschiedene Werkstücke und Blechdicken eingesetzt werden.

Nachteile:

Da der weiche Koffer einem großen Verschleiß unterliegt, nimmt die Maßhaltigkeit bei längerer Verwendung ab, wodurch eine Serienproduktion nur bedingt möglich ist.

4.2 Biegen ^[2]

4.2.1 Prinzip

Biegen ist in Anlehnung an DIN 8586 plastisches Umformen eines festen Körpers, z. B. eines metallischen Bleches, wobei der plastische Zustand im Wesentlichen durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt wird.

Das Biegen gehört zu den am häufigsten angewendeten Verfahren im Bereich der industriellen Blechumformung und findet Anwendung in den unterschiedlichsten Einsatzgebieten. Entsprechend der Vielfalt möglicher Biegeteile wurde eine Vielzahl von Biegeverfahren entwickelt, da es nicht möglich ist, alle diese Teile mit ein und demselben Verfahren wirtschaftlich herzustellen. Nach DIN 8586 werden die Biegeverfahren nach der Werkzeugbewegung unterschieden in Verfahren mit:

- geradliniger Werkzeugbewegung
- drehender Werkzeugbewegung

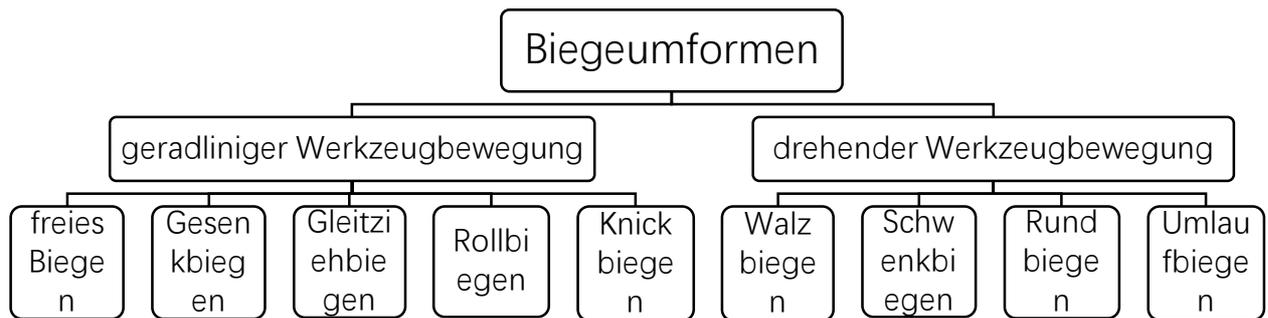


Tabelle 4- Gliederung der Biegeumformen ^[2]

Folgende Abbildung zeigt ein paar Beispiele für Biegeumformen mit geradliniger Werkzeugbewegung. Bei den Biegeprozessen kommt die wohl größte Bedeutung den Verfahren des Freis- und Gesenkbiegens zu.

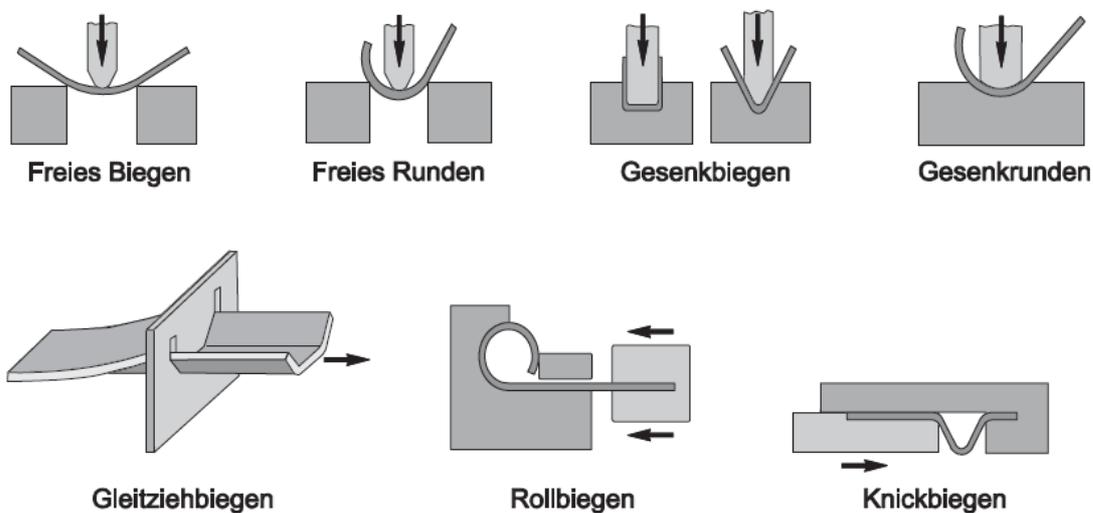


Abb. 18- Das Biegeumformen mit geradliniger Werkzeugbewegung ^[2]

Folgende Abbildung zeigt einige Beispiele für das Biegeumformen mit drehender Werkzeugbewegung.

Das Walzrunden ist besonders geeignet zur Herstellung von zylindrischen oder kegelförmigen Teilen mit großem Krümmungsradius bzw. mit großem Innendurchmesser. Mittels Walzprofilieren kann bandförmiges Ausgangsmaterial schrittweise zu Profilformen verschiedener Querschnitte umgeformt werden. Das Walzprofilieren eignet sich besonders für die Massenfertigung. Werden kleinere Stückzahlen benötigt, bietet sich der Einsatz des aufgrund seiner Kinematik sehr flexiblen Schwenkbiegens an. Walzrichtprozesse werden eingesetzt, um unerwünschte Krümmungen an Bauteilen zu beseitigen.

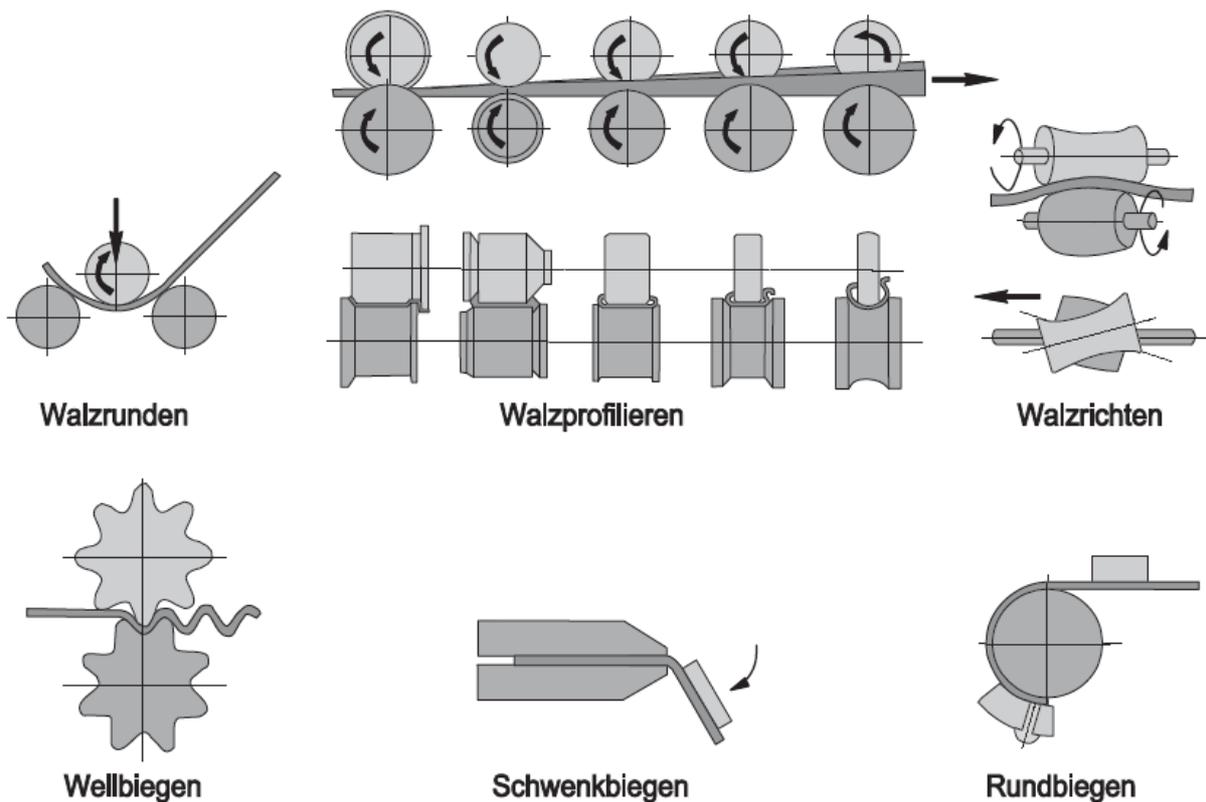


Abb. 19- Das Biegeumformen mit drehender Werkzeugbewegung ^[2]

4.2.2 Frei- Gesenk und Schwenkbiegen

Zu den am häufigsten eingesetzten Biegeverfahren zählen den Verfahren Freibiegen, Gesenk- biegen und Schwenkbiegen. Im diesem Kapitel werden drei Verfahren kurz dargestellt.

Freibiegen

Im Gegensatz zum Gesenk- oder Prägebiegen, bei dem das Werkstück mit großer Kraft bis zur Anlage in das Werkzeug gedrückt wird, dienen beim Freibiegen die Werkzeuge nur der Übertragung der Kräfte bzw. Biegemomente auf das Werkstück, sodass sich die Biegelinie in der Umformzone frei ausbildet.

Die resultierende Geometrie des Werkstücks (im Wesentlichen gekennzeichnet durch Biege- winkel und Biegeradius) hängt somit beim Freibiegen im Gesenk primär nicht von der Werk- zeugform, sondern von der relativen Lage des Stempels zur Matrize, von der Fließkurve des eingesetzten Blechwerkstoffs sowie von der Ausgangsblechdicke ab. Der Biegewinkel kann direkt über die Variation der Eintauchtiefe des Stempels (Stempelweg h_{St}) beeinflusst werden. Ohne zeitaufwendigen Wechsel von Werkzeugelementen lassen sich schon mit einem einzigen Werkzeugsatz viele unterschiedliche Biegewinkel erzielen. Freies Biegen ist damit unter Ver- wendung numerischer Steuerungen für den Einsatz in flexiblen Fertigungssystemen und zur Erfüllung der Anforderungen an eine moderne Produktion (große Teilevielfalt auch bei kleinen und kleinsten Losgrößen) besonders geeignet.

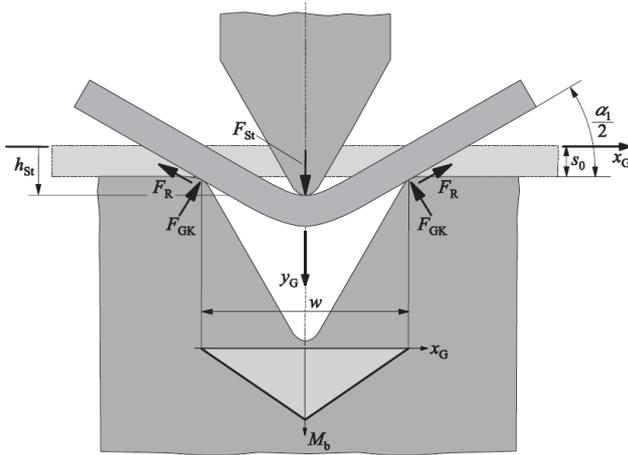


Abb. 20- Freibiegen [2]

Gesenkbiegen

Freies Biegen ist nur so lange gegeben, wie der kleinste innere Biegeradius des Werkstücks größer ist als der Stempelradius. Wenn darüber hinaus das Werkstück mit großer Kraft bis zur Anlage in das Werkzeug gedrückt wird, wird von Gesenkbiegen gesprochen. Unter Gesenkbiegen nach DIN 8586 [DIN71] wird das Biegen zwischen Stempel und Gesenk bis zur Anlage des Werkstücks verstanden, das mit Gesenkdrücken im gleichen Arbeitsgang kombiniert werden kann.

Folgende Abbildung verdeutlicht die einzelnen Phasen beim Gesenkbiegen mit Nachdrücken im halboffenen Gesenk. Der Freibiegevorgang, der mit dem Aufsetzen des Stempels auf das Werkstück beginnt, ist dann beendet, wenn sich die Schenkel des Biegeteils an die Gesenkwände anlegen, d. h., wenn der Biegewinkel unter Last α_1 gleich dem Gesenkwinkel α_G ist.

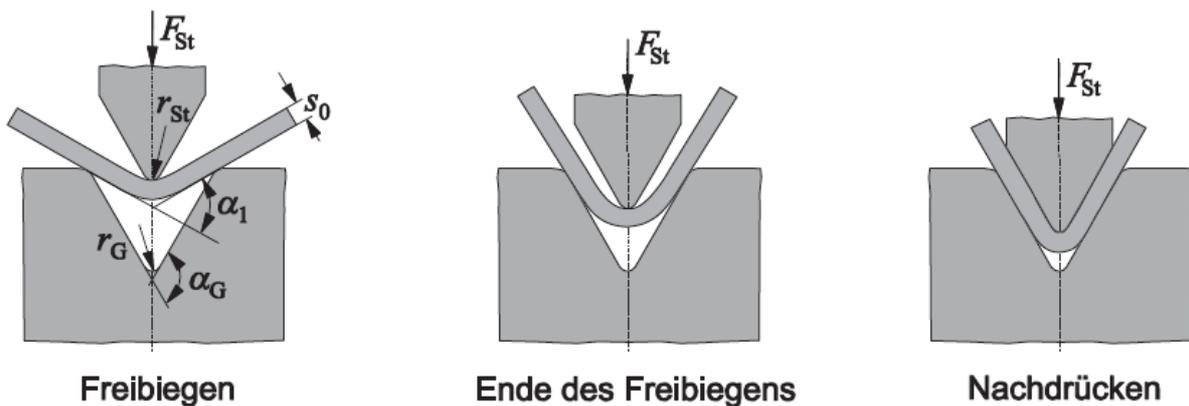


Abb. 21- Gesenkbiegen [2]

Schwenkbiegen

Das Schwenkbiegen gehört zu den Umformverfahren mit drehender Werkzeugbewegung. Folgende Abbildung verdeutlicht das Verfahrensprinzip und die charakteristischen Elemente einer Schwenkbiegemaschine. Im Gegensatz zum Gesenkbiegen, bei dem das Blech auf dem Unterwerkzeug aufliegt, wird das Werkstück beim Schwenkbiegen zwischen Ober- und Unterwange eingespannt und durch die Schwenkbewegung der Biegewange (auch Schwenkwange genannt) gebogen. Dabei handelt es sich um einen Freibiegevorgang, wenn der kleinste Biegeradius am

Werkstück noch größer ist als der Radius der eingesetzten Biegeschiene.

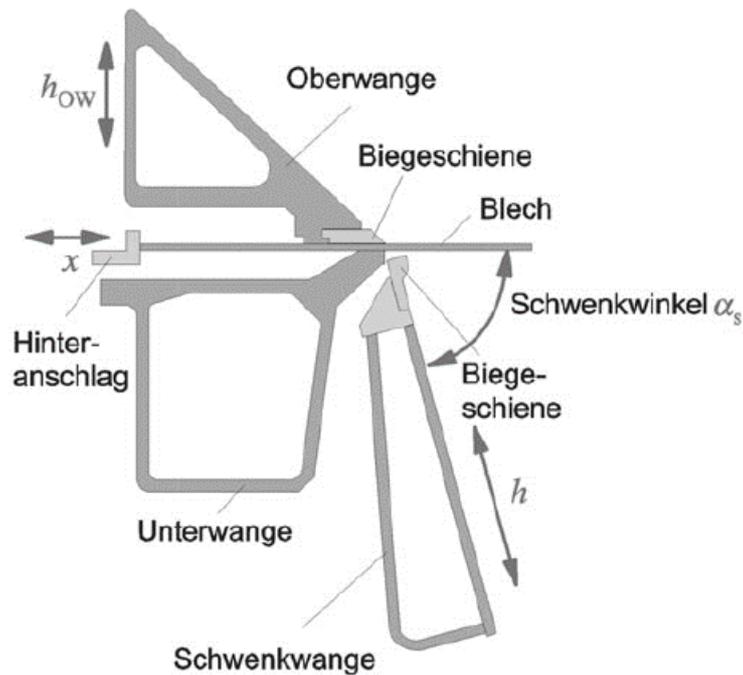


Abb. 22- Schwenkbiegen ^[2]

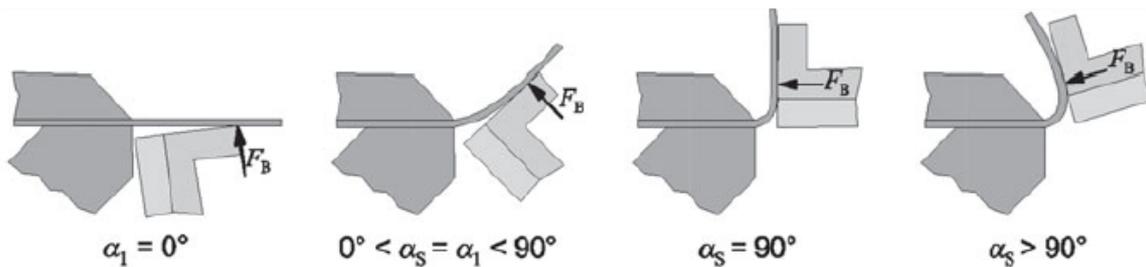


Abb. 23- Schwenkbiegen-Verlauf ^[2]

Untersuchungen zeigten, dass beim konventionellen Schwenkbiegen die Berührfläche zwischen Blech und Schwenkwange während des Biegevorgangs wandert und dass es bei größeren Schwenkwinkeln zu einem Abheben des umgeformten Blechschenkels von der Schwenkwange kommt. Wie in Abb. 23 illustriert, liegt die erste Kontaktfläche an der äußeren Biegeschiene-kante ($\alpha_s = 0^\circ$). Durch die Ausbildung der asymmetrischen Biegelinie während des Biegens legt sich das Blech tangential an die Biegeschiene an ($0^\circ < \alpha_s = \alpha_1 < 90^\circ$). Erfasst schließlich der Kontaktbereich den bereits plastisch gebogenen Bereich (bei $\alpha_s = 90^\circ$), so beginnt sich der Kontaktpunkt in Richtung der Einspannung zu verschieben ($\alpha_s > 90^\circ$).

4.2.3 Anwendung und Verfahrensgrenze

Verwendung

- Die Einzelfertigung von Teilen für den Kessel-, Behälter- und Schiffsbau
- Massenproduktion kleinerer und kleinster Werkstücke, z. B. im Fahrzeugbau
- die Herstellung von Profilen verschiedenster Querschnittsformen dar

Verfahrensgrenze

Die Einfluss- und Störgrößen können zu den in Abb. 5.24 skizzierten Fertigungsfehlern führen. Es ist ersichtlich, dass diese Fehler hauptsächlich Form- und Maßabweichungen sind und oft in kombinierter Form auftreten.

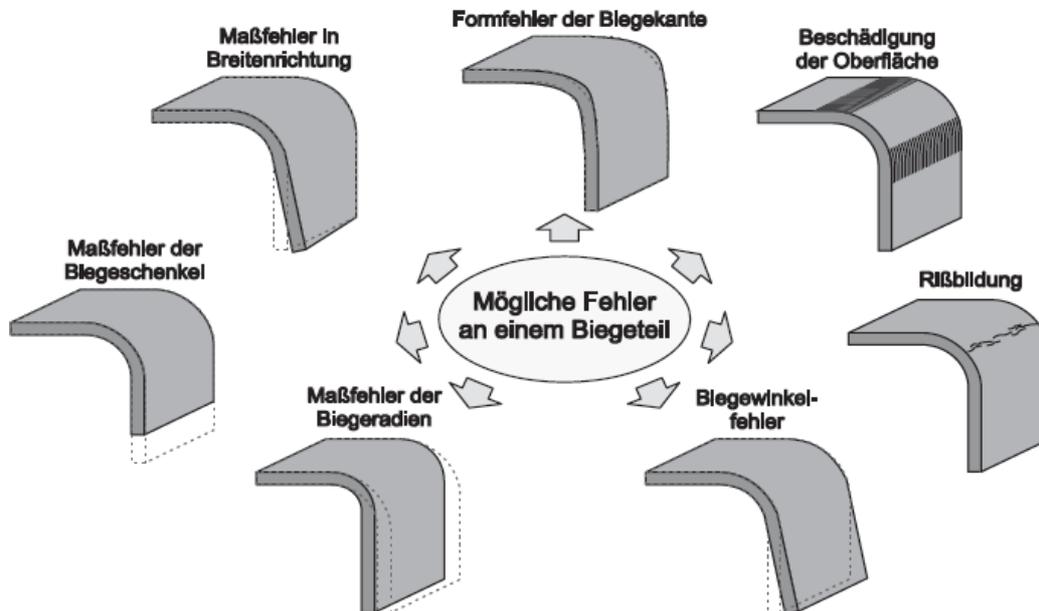


Abb. 24- Mögliche Fehler an einem Biegeteil ^[2]

Ein besonders wichtiger Fehler ist die Bildung von Rissen in den Randlagen der Biegekanten eines Werkstücks infolge einer Erschöpfung des Formänderungsvermögens. Da derartig Überschreitungen werkstoffbedingter Fertigungsgrenzen in der Fertigung nicht mehr kompensiert werden können, wird im Allgemeinen versucht, ihr Eintreten durch Vorgabe eines Mindestinnenradius r_i des Blechformteils zu verhindern. Angaben über Mindestbiegeradien für Stahlbleche in Abhängigkeit von der Blechdicke, der Zugfestigkeit und der Lage der Biegeachse zur Walzrichtung können der DIN 6935 [DIN75] entnommen werden. Ferner erscheint die Vorgabe einer Mindestgleichmaßdehnung sinnvoll. Die Risseinleitung kann durch Grat, der beim Zuschneiden der Bleche entsteht, begünstigt werden, sodass dieser entweder in den druckbeanspruchten Teil des Biegebogens gelegt oder vor dem Biegen entfernt werden sollte.

Maßfehler an den Biegekanten können in erster Linie durch einen falsch bemessenen Zuschnitt oder durch Fehler bei der Positionierung der Blechteile in der Biegemaschine entstehen.

Zu Formfehlern an den Biegekanten zählen neben Abweichungen der Ist-Radien von den Sollradien auch unerwünschte Randverformungen, die häufig auch als sog. Randaufwölbung bezeichnet werden. Darunter wird der vor allem beim Biegen dicker Bleche mit kleinem Innenradius deutlich in Erscheinung tretende Effekt verstanden, dass der an der inneren Biegekante liegende Werkstoff gestaucht wird und daher an den Stirnseiten versucht, seitlich zum Rand auszuweichen. Dabei stellen sich die Stirnflächen schrag und die Biegeradien im Bereich dieser Randaufwölbung vergrößern sich gegenüber den in der Querschnittsmitte auftretenden Radien. Hervorgerufen werden diese Randverformungen durch die bei realen Biegevorgängen vorhandenen Spannungen in Richtung der Biegeachse. Diese im Allgemeinen unerwünschten Randverformungen lassen sich bei Verwendung geschlossener Gesenke durch Nachdrücken im Gesenk eibenen.

Beschädigungen der Oberfläche treten z. B. auf, wenn beim Biegen im Gesenk das Blech beim Eintauchen in das Gesenk über die Gesenkkanten gezogen wird.

Unabhängig von den durch Materialversagen gegebenen Verfahrensgrenzen sind zu berücksichtigen:

- Biegekantenbreite,
- Mindestschenkellänge,
- Biegekraft,
- Biegewinkel und Vermeidung von Kollisionen.

4.2.4 Biegemaschine

Die Bearbeitung der verschiedenen Blechteile müssen verschiedene Maschinen zu verwenden, In diese Kapitel werden zuerst die Maschinen nach Funktionsweise vorgestellt, und dann wähle ich den Verfahren entsprechende der Hochgeschwindigkeitsumformung und Pneumatisch- mechanisches Verfahren. Am Ende wird die Variante der Maschine entsprechend unterschiedenen Blechteilen dargestellt, die Varianten sind Art und Werkzeug.

1. Manuelle Biegemaschine (Alle Biegen)

Die manuelle Biegemaschine besteht aus einer Basismaschine die mit geringem Aufwand gerüstet und für unterschiedlichste Biegungen verwendet werden kann. Der Werkzeugwechsel ist über ein einfaches Stecksystem in wenigen Sekunden möglich. Sie werden hauptsächlich in der Werkstattproduktion bzw. in der Einzelproduktion und in der Kleinserienproduktion eingesetzt.

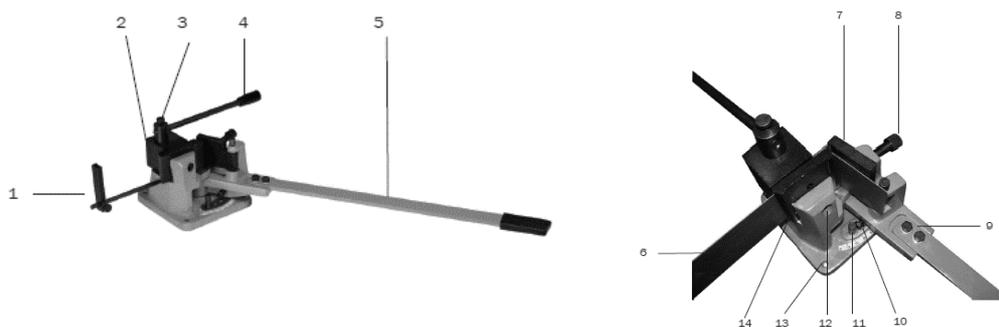


Abb. 25- Manuelle Biegemaschine ^[12]

1. Werkstückanschlag 2. Exzenterklemmblock 3. Klemmhebel 4. Klemmschraube 5. Biegehebel 6. Werkstück 7. Biegebacke 8. Stellschraube 9. Befestigungsschraube 10. Stellschraube 11. Biegewinkelanschlag 12. Befestigungsschraube 13. Befestigungsaugen 14. Biegeblock

2. CNC- Biegezentrum (Alle Biegen)

Folgende Abbildung zeigt die CNC- Biegezentrum bei Frei- und Gesenkbiegen. Das Biegen mit geradliniger Werkzeugbewegung wird zumeist auf sogenannte Gesenkbiegepressen durchgeführt. Als Gesenkbiegepressen werden in der Mehrzahl der Fälle hydraulische C-Gestell-Pressen in Doppelständerausführung verstanden. Gewöhnlich handelt es sich bei den Maschi-

nenrahmen von Gesenkbiegepressen um Stahlschweißkonstruktionen. Die Positioniergenauigkeit der Y-Achsen zur Einstellung des Stempelwegs hydraulischer Gesenkbiegepressen liegt in der Regel bei 0,01 mm.

Die Funktionsweise der Biegezentrum bei Schwenkbiegen ist ähnlich wie oben geklärte Funktionsweise.

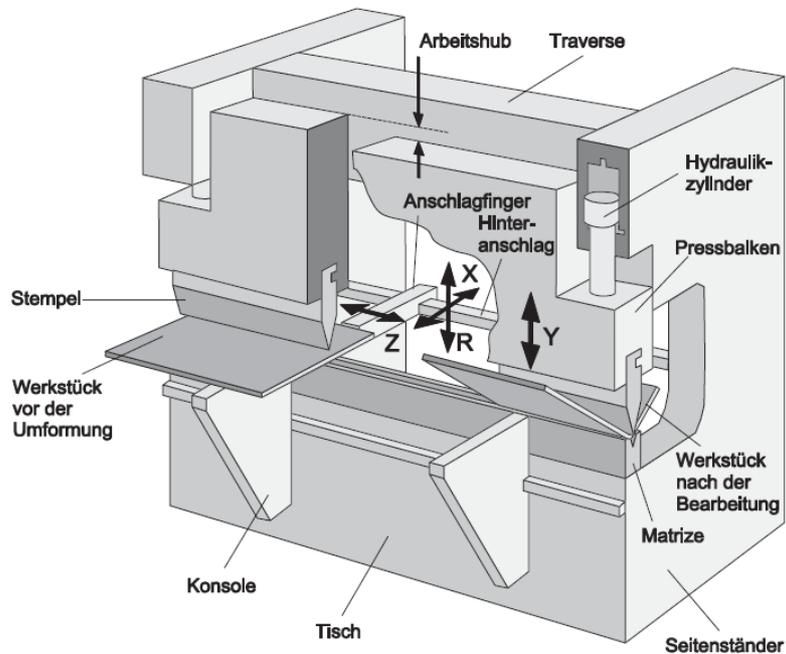


Abb. 26- Aufbau einer Biegemaschine(Frei-Gesenkbiegen) [2]

3. Hochleistungsautomat (Schwenkbiegen)

Hochleistungsautomat geeignet sich zur wirtschaftliche Fertigung hochkomplexer Biegeteile (z. B. Kontakte, Steckverbindungen, Befestigungselemente). Es sind vollautomatische Anlagen, die für Stanz-, Biege-, und Montageaufgaben sowie Fügearbeiten mit hohen Taktgeschwindigkeiten (bis 350 Hübe/min) konzipiert sind. Eine Auswahl derartiger Maschine ist in folgenden Abbildung zu sehen. [1]

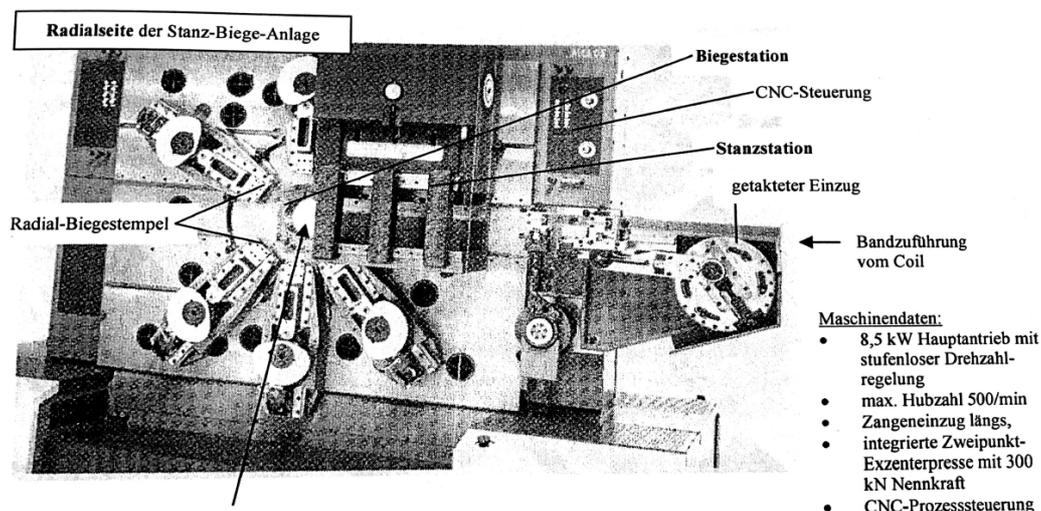


Abb. 27- Aufbau einer Biegemaschine(Schwenkbiegen) [1]

Der modulare Aufbau derartiger Maschinen ermöglicht eine kundenspezifische Ergänzung der Basismaschine mit Standard- und Sondermodulen (z. B. Länge- und Quervorschübe, 2-Punkt-Exzentpresse, Gewinde- und Schraubeinheiten, Messsysteme, Montageeinrichtungen). Gleichfalls ist eine Verkettung mit anderen Produktionseinrichtungen gegeben.

Am Ende wird die Eigenschaften beider Maschinen einfach verglichen:

Maschinen	Manuelle Biegemaschine	CNC- Biegezentrum	Hochleistungsautomat
Presskraft	Klein bis hoch	sehr hoch	niedrig
Zeitintervall	mittel	klein	Sehr klein
Größe des Teils	klein bis groß	klein bis groß	klein
Medium (allgemein)	Handbetrieb	Flüssigkeit	Druckluft

Tabelle 5- Die Eigenschaften beider Maschinen

Nach dem Prinzip der Hochgeschwindigkeitsumformung und pneumatisch-mechanisches Verfahren wähle ich Schwenkbiegemaschine zu Verfügung.

Variante 1: Art

Die Art der Biegemaschine wird sich normalerweise in zwei Fach eingeteilt, Maschine mit linear Werkzeuglösungen und radial Werkzeuglösungen. Die Beide können auf geringstem Maschinenraum lange Werkzeuglängen dargestellt werden.

Linear

Bei Maschine mit linear Werkzeuglösung nehmen jeder Schiene verschiedene Verarbeitungsschritte, der Blechteil wird in einen mehrstufigen Verfahren bearbeiten, die gesamte Arbeitsprozess ist sehr schnell. Es ist bemerkenswert, dass die Teile können in der Regel nur nach unten gedrückt werden.

Radial

Der Blechteil wird zuerst durch die Einzugszange festgelegt. Viele Schienen wirken gleichzeitig auf den Blechteil ein, dadurch kann auch sehr komplexe Bearbeitung realisiert werden.

Die wesentliche Unterschied zwischen beide Arten der Maschine liegt daran, dass bei linear Werkzeuglösung kürzer Zeit als bei Radial Werkzeuglösung gebraucht wird, aber durch radial Werkzeuglösung kann man eine komplexe Bearbeitung erzielen.

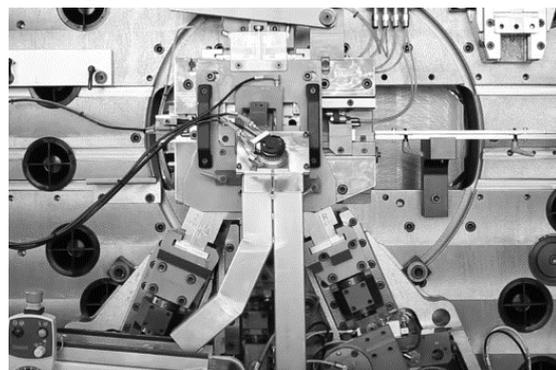
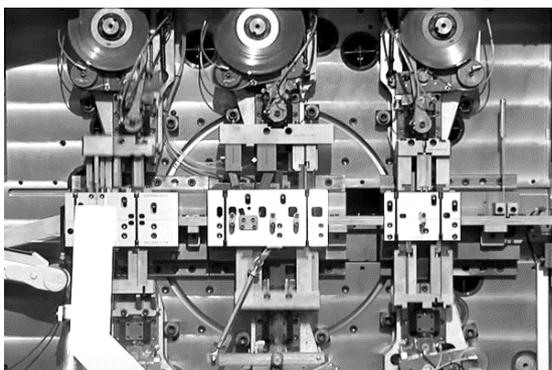


Abb. 28- Linear und Radial ^[10]

Variante 2: Ober- und Unterwerkzeug

Charakteristische Elemente einer Schwenkbiegemaschine sind die Schwenk- oder Biegewange, die durch die Schwenkbewegung um den Schwenkwinkel α den Biegevorgang durchführt. und durch die Schwenkwangenanstellung h direkt Einfluss auf den Biegeradius hat, die Oberwange, die in den Seitenständern geführt wird und u. a. zum Spannen des Werkstückes vertikal verstellbar werden kann, die Unterwange, die als Gegenlager zur Einspannkraft der Oberwange dient und bei manchen Bauformen durch eine vertikale Verstellung eine Veränderung der Lage des Bleches, bezogen auf den Drehpunkt der Schwenkwange, ermöglicht und der Anschlag, über dessen Einstellung x das Werkstück gezielt positioniert werden kann.

Die Oberwerkzeuge für das Schwenkbiegen sind wie die Stempel beim Gesenkbiegen in vielfältigen Formen erhältlich. Die am meisten angewendete Werkzeuge sind Spitzschiene und Geißfußschiene.

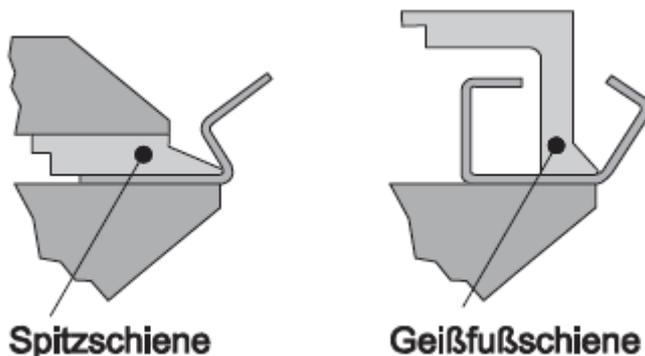


Abb. 29- Biegewerkzeuge ^[2]

Spitzschiene

Spitzschiene erlauben größere Biegewinkel als z. B. Geißfußschiene, Es geeignet sich für komplexe Bearbeitung. Außerdem kann es gute Festigkeitseigenschaften gezielt eingestellt werden.

Geißfußschiene

Geißfußschiene kommen zum Einsatz, wenn aus Platzgründen Standardwerkzeuge nicht eingesetzt werden können. Die große Vorteil der Geißfußschiene liegt daran, die beide Seite gleichzeitig schwenkbiegen werden können. Dadurch kann man in der Praxis viel Zeit gespart. Spitzschiene geeignet sich für komplexe Bearbeitung. Falls der Blechteil sehr dick oder muss auf einer große Biegewinkel bearbeitet, dann ist Spitzschiene die gute Wahl. Aber wenn die Maschine hoch Leistungsfähigkeit erfordert wird, dann gewinnt Geißfußschiene im Vorteil.

4.3 Auswahl von allgemeinen Lösungsvarianten

Bewertung der im morphologischen Kasten festgelegten optimierten Lösung mit Hilfe der Nutzwertanalyse (od. eines anderen geeigneten Verfahrens).

Kriterien sind i.d. Regel die Kosten sowie die Funktions- und Betriebssicherheit

Weitere, kundespezifische Wünsche können ergänzt werden.

Verhinderung der Durchsetzung erster innovativer Lösungsansätze, die den Kriterien nicht standhalten.

Finden einer optimalen Lösung unter den oben Rahmenbedingen (endgültiges Lösungskonzept).

Varianten	Variante 1		Variante 2	
Fertigungsprozess				
Tiefziehen	Presse	<ul style="list-style-type: none"> ● einfachwirkender Presse ● doppelwirkender Presse 	Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> ● mit starren Werkzeug (ohne Niederhalter) ● mit starren Werkzeug (mit Niederhalter) ● mit nachgiebigem Werkzeug
Biegen	Art	<ul style="list-style-type: none"> ● Linear ● Radial 	Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> ● Spitzschiene ● Geißfußschiene

Tabelle 6- Auswahl von allgemeinen Lösungsvarianten

5. Bewertung

5.1 Auswahl von Bewertungskriterien

Bei der Komplettbearbeitung kann es als Kombinieren von unterschiedlichen Maschinen bezeichnet werden. Normalerweise gibt es viele Bewertungskriterien, die geeignet für verschiedene Situation sind. In dieser Bachelorarbeit werden solche Bewertungskriterien zum Denken gebracht. Danach werden die vorher genannten Kriterien miteinander vergleicht. Wenn ein Kriterium als ein anderes wichtiger ist, bekommt es eine 2, wenn es weniger wichtig ist, bekommt es eine 0 und bei gleicher Gewichtung eine 1. Das Ergebnis des Vergleiches wird in einer Matrix eingelegt.

Bewertungskriterien	Beschreibung
Sicherheit	Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit
Ergonomie	Mensch Maschine Design
Gebrauch	Betrieb, Handhabung
Instandhaltung	Wartung, Inspektion, Instandsetzung
Aufwand	Kosten, Zeiten, Termin

Tabelle 7- Bewertungskriterien

	S	E	G	I	A
S	1	0	0	0	0
E	2	1	2	1	2
G	2	0	1	0	0
I	2	1	2	1	2
A	2	0	2	0	1
Summe absolut	9	2	7	2	5
Summe normiert	1.0	0.2	0.8	0.2	0.6

S= Sicherheit
E=Ergonomie
G=Gebrauch
I=Instandhaltung
A=Aufwand

Bewertungskriterien	Gewichtungsfaktor
Sicherheit	1.0
Ergonomie	0.2
Gebrauch	0.8
Instandhaltung	0.2
Aufwand	0.6

Tabelle 8- Gewichtungsfaktor

5.2 Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten

Die Tabelle sind die Punkte für Nutzwertanalyse und die entsprechenden Punkte in Richtlinie.

Wertskala			
Richtlinie VDI 2225		Nutzwertanalyse	
Pkt	Bedeutung	Pkt	Bedeutung
0	Unbefriedigend	0	Praktisch unbrauchbare Lösung
		1	Sehr mangelhaft Lösung
1	Gerade noch tragbar	2	Schwache Lösung
		3	Tragbare Lösung
2	Ausreichend	4	Ausreichende Lösung
		5	Befriedigende Lösung
3	Gut	6	Gut Lösung mit geringen Mängeln
		7	Gute Lösung
4	Sehr gut	8	Sehr gut Lösung
		9	Über die Zielvorstellung hinausgehende Lösung
		10	Ideallösung

Tabelle 9- Wertskala nach Richtlinie VDI 2225

Folgend werden die allgemeinen Lösungsvarianten in der Werteskala nach VDI 2225 mit Punktevergabe von 0 bis 4 bewertet. Je nach der Gewichtung von oben ausgewählten Bewertungskriterien gibt es auch entsprechende Gewichtung für jede Bewertungskriterien in der Werteskala, wie folgend:

F –Funktion (8 –fach) EG –Ergonomie (2 -fach) AK –Anschaffungskosten (6 -fach)

IH –Instandhaltung (2 -fach) W –Wertzahl ($\Sigma(F+ BK + AK + IH)$)

Tiefziehen					
Variante: Presse	F	EG	AK	IH	W
einfachwirkender Presse	8*3	2*5	6*5	2*4	72
doppelwirkender Presse	8*6	2*5	6*3	2*3	82
Variante: Werkzeug					
mit starren Werkzeug (ohne Niederhalter)	8*3	2*3	6*3	2*4	56
mit starren Werkzeug (mit Niederhalter)	8*6	2*4	6*4	2*3	86
mit nachgiebigem Werkzeug	8*4	2*4	6*4	2*3	70
Schwenkbiegen					
Variante: Art					
Linear	8*4	2*4	6*3	2*4	66
Radial	8*6	2*5	6*4	2*3	88
Variante: Werkzeug					
Spitzschiene	7*4	5*4	6*5	2*3	84
Geißfußschiene	7*5	5*4	6*5	2*3	91

Je nach dem Ergebnis des Vergleiches wird die Fließstraße für Komplettbearbeitung wie folgend ausgelegt:

Tiefziehen	
Presse	Werkzeug
doppelwirkender Presse	mit starren Werkzeug (mit Niederhalter)

Schwenkbiegen	
Art	Werkzeug
Radial	Geißfußschiene

Tabelle 10- Bewertungsergebnis

5.3 Grund für Auswahl der Lösungsvariante

Beim Tiefziehen

Beim Tiefziehen wird heute immer höhere Anforderungen eingestellt. Durch doppelwirkender Presse kann man dem Blechteil einfach an der Position festlegen, mit ruhendem Blechteil lässt sich auch der Materialfluss im Allgemeinen besser kontrollieren als bei bewegtem Blechteil. So werden heute zunehmende Überlegungen zu doppelwirkender Presse angestellt.

starrs Werkzeug (mit Niederhalter) geeignet sich für den dünne Blechteil, was entsprechende des Umformungsverfahren nach Prinzip "Hochgeschwindigkeitsumformung". Außerdem ist durch die hohe Beanspruchung des Materials gewährleistet, dass das Werkstück bei der Anwendung weitere Verformungen aushält.

Beim Schwenkbiegen

Beim Biegen haben linear- und radial Werkzeuglösung ähnlich Eigenschaften. Aber in der Praxis ist die Bearbeitung von komplexem Blechteil häufig angefordert. So gewinnt radial Werkzeuglösung hier bei höhere Produktivität und auch sehr kleiner Einwirkzeit.

Geißfußschiene ist die Standardschiene in dem Biegewerkzeug. Es geeignet sich für die vielfältige Blechteilen und hat eine breite Anwendungen in der Praxis. Es ist sehr flexible und effektiv. Die beiden Seiten des Blechteiles kann mit Hilfe eines Stempels bearbeitet wird, und das taugt besonders zu Vollautomat. Mit diesen Eigenschaften passt Geißfußschiene gut zu Hochgeschwindigkeitsumformung.

6. Prozess und Begründung

6.1 Prinzip

Um die Forderung des Thema zu realisieren , wird ich diese Kapital in folgende Prozess dargestellt:

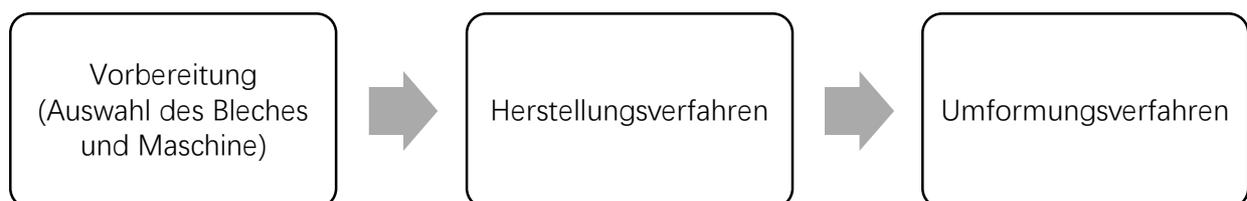


Tabelle 11- Prozess der Forderung des Thema

6.2 Vorbereitung

6.2.1 Auswahl des Bleches

Als Blech wird ein flaches Walzwerkfertigprodukt aus Metall bezeichnet, das als Tafel ausgeliefert wird. Besonders dünne Bleche (in der Regel mit einer Dicke unter 60 µm) werden als Folie bezeichnet.

Aufgrund mehrerer Eigenschaften werden Bleche unterschieden. Meist erfolgt die Unterteilung aufgrund der Dicke.

Feinbleche

Feinbleche sind Bleche mit einer Stärke von kleiner als 3 mm. Es handelt sich um warm oder kalt fertiggewalztes Blech, das meist für Umformzwecke benutzt wird. Je nach der Stahlorte können diese Feinbleche auch verzinkt, verzinkt, verkupfert, vernickelt, lackiert, emailliert oder kunststoffbeschichtet sein. Feinbleche werden aus Bändern geschnitten oder als Coil geliefert. Ausnahme bilden Feinbleche mit besonderen Anforderungen an die Textur, die deshalb in wechselnden Richtungen umgeformt werden müssen.

Grobbleche

EN 10079 definiert Grobblech als Flacherzeugnis mit einer Dicke über 3 mm. Der Unterschied zum Warmband liegt darin, dass es nicht zu einem Coil aufgewickelt wird. Normalerweise werden Bleche mit einer Dicke bis 3 mm aufgewickelt, dickere Bleche bis 175 mm werden als Grobblech hergestellt. Das Herstellungsverfahren für Grobbleche ist das reversierende Warmwalzverfahren.

So werden die Arten von Blech einfach unterteilt:

- Feinbleche in dem Dickenbereich: $t \leq 2,99$ mm
- Grobbleche in dem Dickenbereich: $t \geq 3,00$ mm

Bei diesem Prozess werden Feinbleche $\geq 1,50$ mm entsprechende die Datei der Einrichtung eingesetzt.

In diesen Prozess wähle ich folgenden Bauteil als Beispiel:

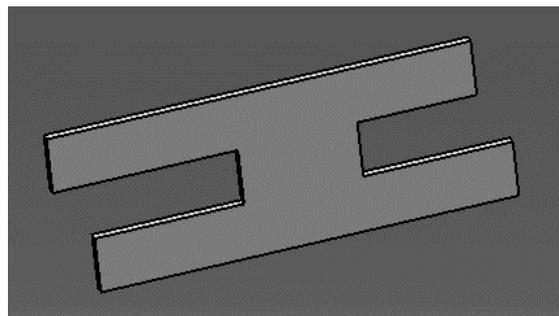


Abb. 30- Biegeteil

6.2.2 Auswahl der Einrichtung

Die Auswahl von Einrichtung wird durch die Eigenschaften des Werkstücks bestimmt. Das Werkstück sind kleine Stücke und muss durch Hochgeschwindigkeitsumformung bearbeitet werden. Deswegen wähle ich hier einen Hochleistungsbiegeautomat.

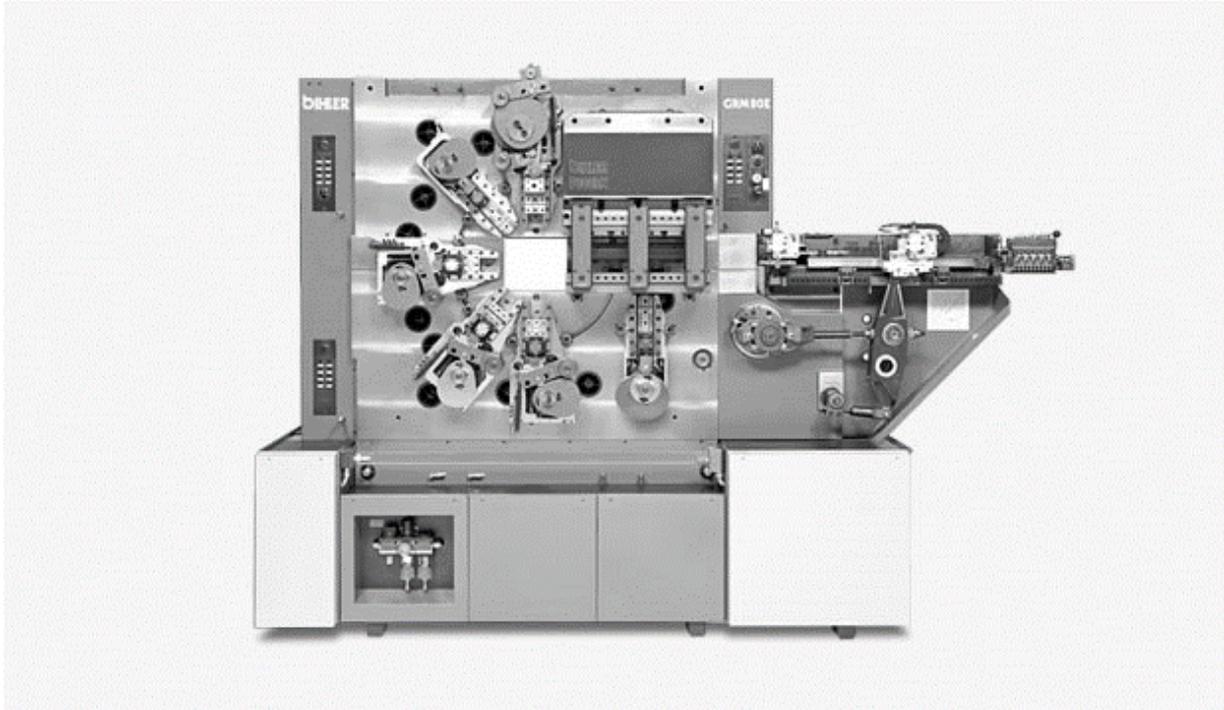


Abb. 31- Hochleistungsbiegeautomat ^[10]

Bei diesem Automat wird folgende Vorteile gebietet:

- Qualitativ hochwertiges Maschinensystem für radiale oder lineare Bearbeitungskonzepte
- Stabile Zweipunkt- Exzenterpresse mit großem Einbauraum für umfangreiche Schnittwerkzeuge
- Großer Mittendurchbruch für variable Mittelstempelbewegungen
- Kompatibilität des Werkzeugs und Maschinenzubehörs

Folgende Tabelle wird die Technische Daten des Zentrums dargestellt.

Technische Daten	
Hubzahl	stufenlos von 5 bis max. 250 1/min
Presse	Nennkraft 300 kN, Hub 16 mm
Schlittenaggregate	Verformungs-Nennkraft max. 90 kN, Hub max. 95 mm
Einzugslänge	NC-Einzug:beliebig mech. Einzug: max. 500 mm, mit Einzugszeitverkürzung
Material	Bandbreite max. 80 mm, Draht-Ø max. 6 mm
Abmessungen	Breite 3.140 mm x Tiefe 1.583 mm x Höhe 2.220 (LSK)
Gewicht	ca. 3.000 kg (ohne Werkzeug)

Tabelle 12- Technische Daten des Automats ^[10]

6.3 Herstellungsverfahren ^[11]

6.3.1 Verfahrensbeschreibung

Feinblech besteht zum größten Teil aus Eisen. Dieses wird aus Eisenerzen gewonnen, die im wesentlichen aus Eisenoxiden bestehen. Die Reduktion, d.h. das Entfernen des Sauerstoffs, geschieht heute zum größten Teil im Hochofen. Das flüssige Roheisen aus dem Hochofen muss

anschließend gereinigt werden, bevor es gegossen und in großen Walzwerken zu Feinblech gewalzt wird.

Im folgenden Abbildung wird einfach Darstellung des Verfahrens in einem Walzwerk gezeigt:

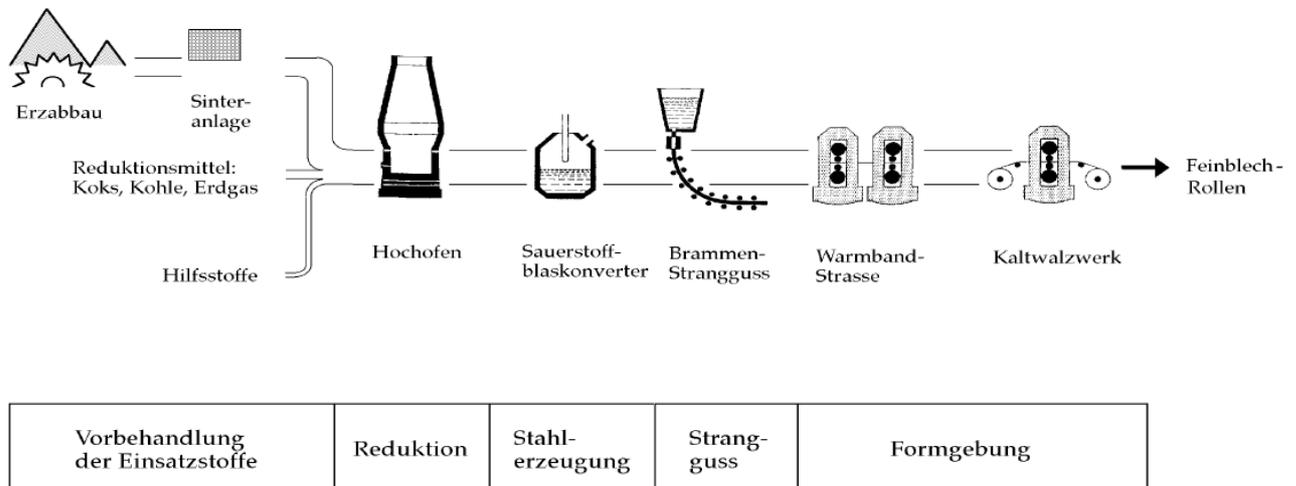


Abb. 32- Arbeitsschritt der Herstellungsverfahren ^[11]

Eisen kommt in der Natur nicht in reiner Form, sondern nur in Form von chemischen Verbindungen vor. Am häufigsten sind Eisenoxide, die jedoch immer mit Verunreinigungen – der sog. Gangart – vermischt sind. Diese Eisenerz-Vorkommen sind über die ganze Erde verteilt und werden im Tagebau und Tiefbau (Untertagebau) gewonnen.

6.3.2 Herstellungsverfahren: von Eisen zum Feinblech

1. Erzvorbehandlung

1.1 Aufbereitung des Erzes

Zur erfolgreichen Reinigung des Roherzes muss dieses zerkleinert werden. Dieser Vorgang erfolgt in verschiedenartigen Brechern, die das Erz immer feiner brechen, bis es schließlich gemahlen wird, und die einzelnen Komponenten freigelegt werden.

1.2 Sintern des Feinerzes

Die in einem Hochofen verwendeten Erze brauchen eine gewisse Größe, damit die eingeblasenen Gase durch das Reaktionsgemisch nach oben gelangen können. Das an die Eisenhütte gelieferte Feinerz muss daher zuerst zu größeren Stücken zusammengebacken werden. Dieser Vorgang wird als Sintern bezeichnet.

2. Hochofenprozess

2.1 Brennstoffe und Reduktionsmittel

Die zur Verhüttung der Eisenerze benötigten Brennstoffe und Reduktionsmittel werden als Koks, Kohle, Öl oder Gas in den Hochofen eingebracht. Das wichtigste Reduktionsmittel ist der Koks. Dieser wird aus schwefelarmer Kohle gewonnen, die unter Luftabschluss während 15 - 20 Stunden bei Temperaturen von ca. 1000° C erhitzt wird.

2.2 Zuschläge

Die Arbeitstemperatur des Hochofens liegt etwa bei max. 1800°C. Bei dieser Temperatur würde die gebildete Schlacke, die einen Schmelzpunkt von bis zu 2000°C aufweist, in fester Form anfallen.

2.3 Die Vorgänge im Hochofen

Das Eisenerz, der Koks und die Zuschläge werden mit einem Förderband von oben in den bis zu 35 m hohen Hochofen eingebracht. Die notwendigen Temperaturen werden erzeugt, indem im unteren Teil des Ofens durch eine Ringleitung im Winderhitzer vorgewärmte Luft eingebracht wird. Dabei reagiert der mitgeführte Sauerstoff in einer exothermen Reaktion mit Koks zu Kohlenmonoxid (CO).

3. Das Frischen des Roheisens zu Stahl

Beim Frischen werden die Verunreinigungen des Roheisens mit reinem Sauerstoff oxidiert, der mit hohem Druck durch die Sauerstoffflanze in das flüssige Roheisen eingeleitet wird, das vorher in den sog. Sauerstoffblaskonverter eingefüllt wurde. Der Kohlenstoff wird dabei in gasförmiges Kohlenmonoxid (CO) umgewandelt, das entweicht. Die entstehenden schwerflüchtigen Oxide sammeln sich in der Schlacke an, die wie beim Hochofen durch Zugabe von Zuschlägen (v.a. Kalk) verflüssigt wird und auf dem Eisen aufschwimmt.

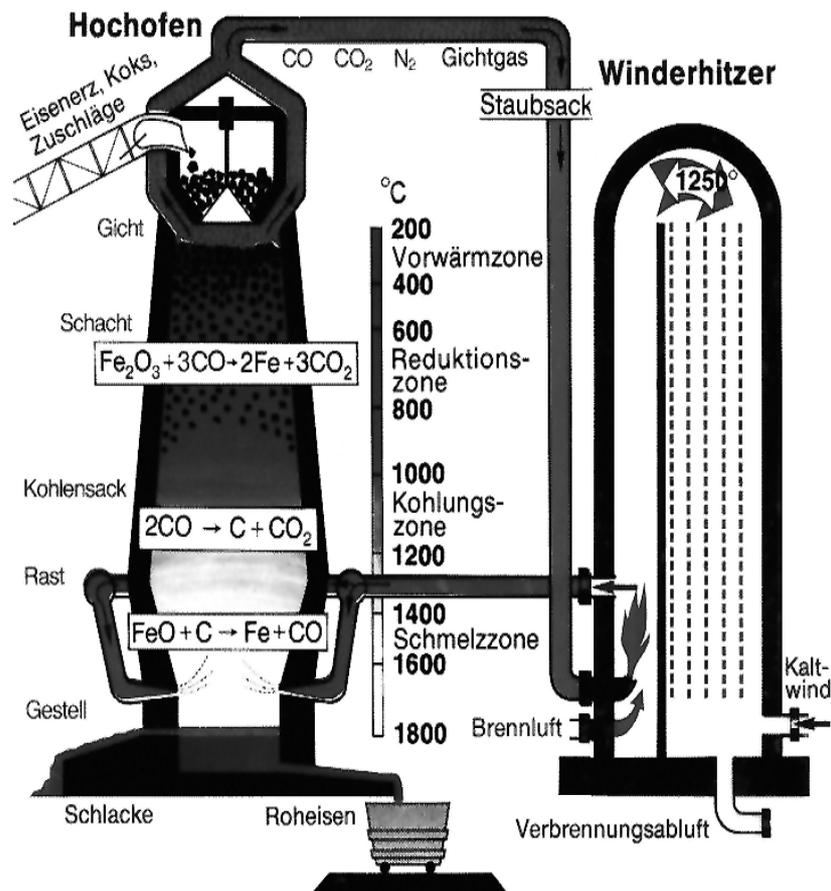


Abb. 33- Vorgänge im Hochofen ^[11]

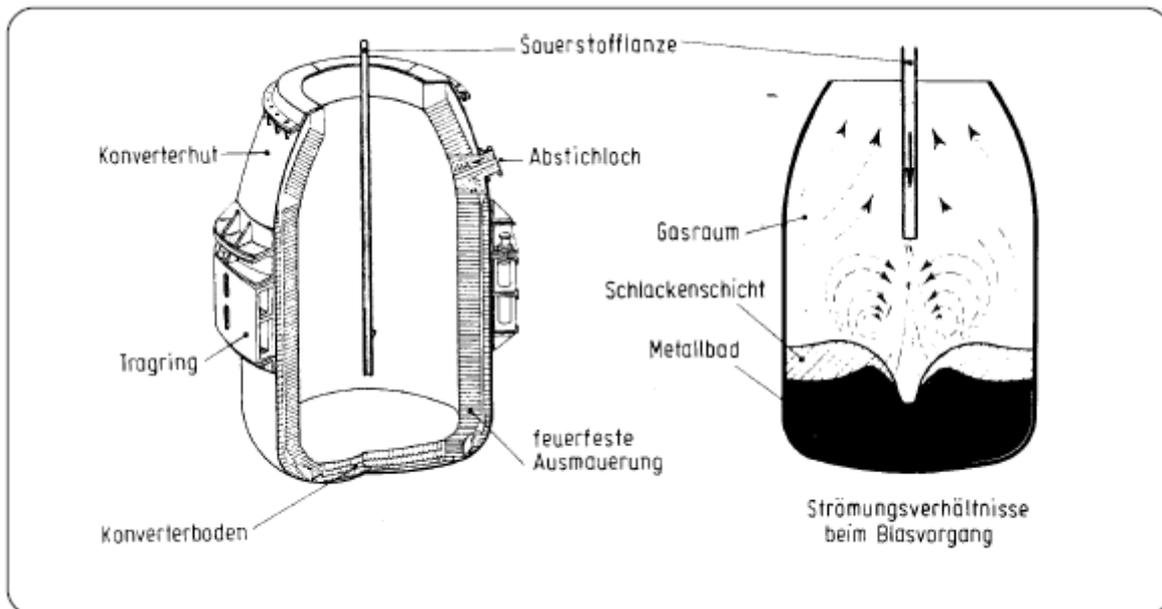


Abb. 34- Der Vorgang des Frischens im Sauerstoffblaskonverter ^[11]

4. Vergießen des Stahls: Strangguss

Die Gießpfanne mit dem flüssigen Stahl wird dabei in den Pfannendrehturm eingehängt, der zur Gießvorrichtung gedreht wird. Dort fließt der Stahl durch einen Zwischenbehälter in die Gießkokille, die senkrecht schwingt, damit der Stahl nicht an der Wand festhaftet. Während er weiter in einem Bogen von der Treib-/Richtmaschine durch die Kühlkammer gezogen wird, muss er ständig von Rollen abgestützt und mit Wasser abgespritzt werden, damit er am Ende der Gießanlage vollständig erstarrt ist. Anschließend wird er durch Schneidbrenner in Brammen zerteilt.

5. Die Formgebung des Stahls: Auswalzen

Das Auswalzen der Brammen geschieht im Stahlwerk meist direkt nach dem Strangguss. Dabei werden die Brammen zunächst bei Temperaturen um 1000°C bis zu einer Höhe von 1.5 mm warmgewalzt und dann bei Raumtemperatur bis zur endgültigen Höhe von 0.2 mm kaltgewalzt. Durch die großen Verformungskräfte ist der Verschleiß der Walzen relativ groß. Sie bestehen meist aus Gusseisen und werden von Stützwalzen gestützt.

a) Warmwalzen

Eisen ändert beim Abkühlen etwa bei 900°C sein Kristallgitter und wird dabei vom γ -Eisen (Austenit) zum α -Eisen (Ferrit) umgewandelt. Der Vorteil des Warmwalzens oberhalb der Kristallisationstemperatur bei etwa 1000°C besteht darin, dass der Stahl beim Abkühlen ungestört in die Ferrit-Form auskristallisieren kann. Dadurch entstehen keine Verzerrungen des Kristallisationsgefüges und der Stahl bleibt elastisch. Zudem ist der Walz-Widerstand des Stahls geringer, was Energieeinsparungen ermöglicht und den Verschleiß der Walzen vermindert. Allerdings müssen die Brammen vorher im Stoßofen erwärmt werden. Dabei werden die Brammen langsam von oben nach unten transportiert, um einen kontinuierlichen Prozess zu ermöglichen.

b) Kaltwalzen

Die endgültige Dicke des Feinblechs von 0.2 mm kann nur beim Kaltwalzen erreicht werden, da die leichtere Verformbarkeit des Stahlblechs bei höheren Temperaturen zu Unregelmäßigkeiten der Blechdicke führen würde. Allerdings ist der Walzwiderstand des Stahlblechs dadurch wesentlich grösser, was zu einem großen Verschleiß der Walzen führt. Um den Widerstand zu verringern und eine gleichmäßigere Dicke zu erreichen, wird das Feinblech vor dem Walzen eingeölt. Zudem muss das Feinblech nach dem Walzprozess nochmals ausgeglüht werden, damit sich das Kristallgitter des Eisens beim Abkühlen wieder regelmäßig anordnen kann. Vor dem Ausglühen muss das Feinblech in einem Laugenbad vom Schmieröl befreit werden.

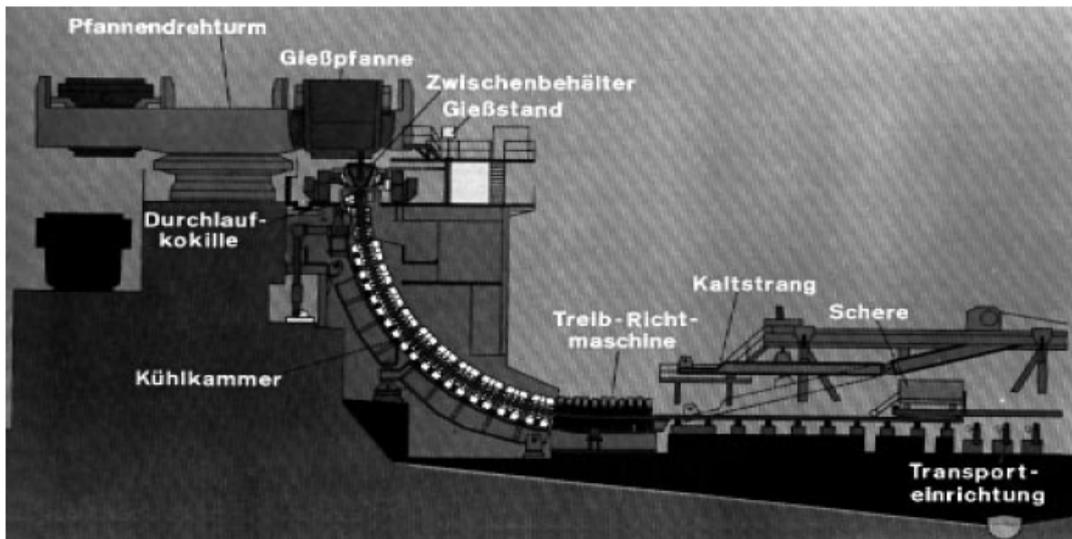


Abb. 35- Schema einer Stranggussanlage für Brammen ^[11]

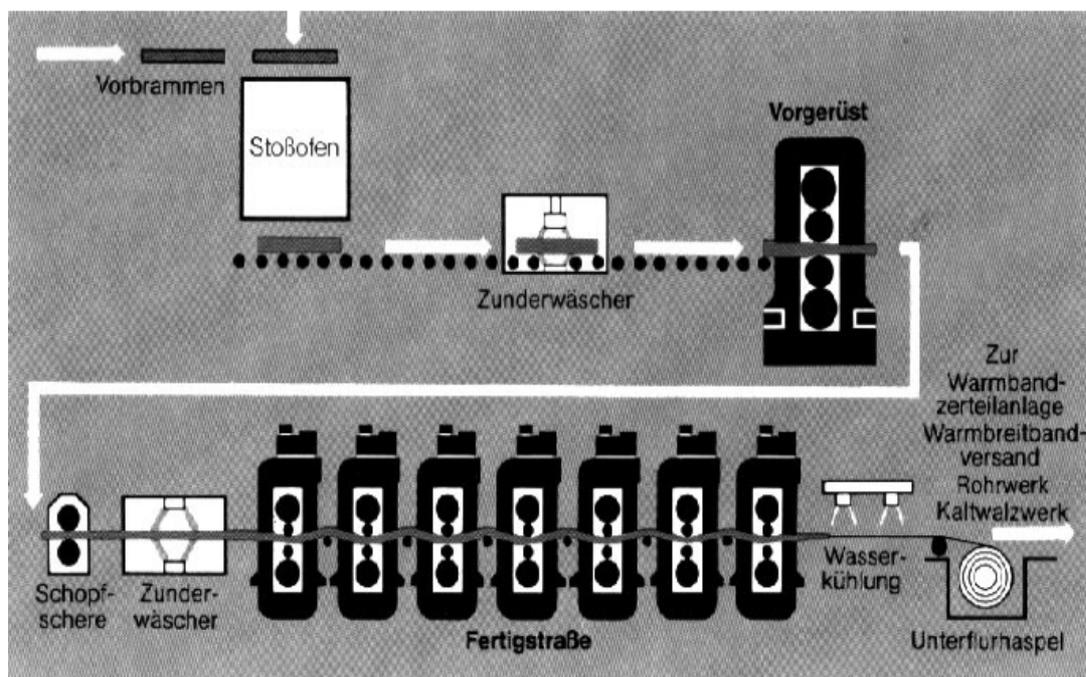


Abb. 36- Schema einer Warmwalzanlage ^[11]

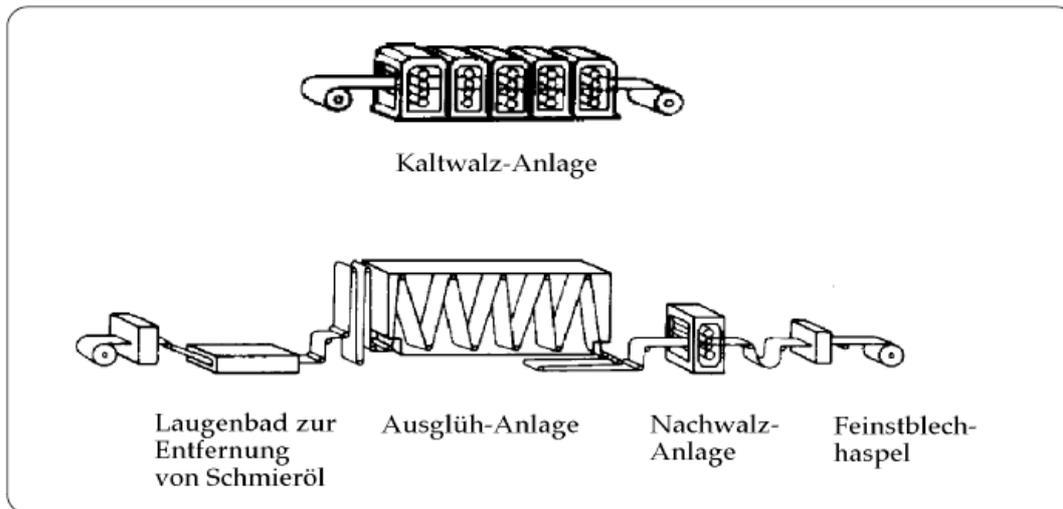


Abb. 37- Schema eines Kaltwalzwerks mit anschließender Ausglühanlage ^[11]

6.4 Umformungsverfahren

6.4.1 Berichtigung

Am Anfang sind zuerst die Zylinder, die Einzugszange und die Integrierte Presskraft zu berichtigen. Auch die Auswahl von entsprechenden Blechteilen für Werkzeug muss einmal vor der Vorbereitung gemacht werden.

6.4.2 Befestigung

Pneumatisch betätigte Hydropumpe klemmt der Einzugszange. Der Blechteil wird durch die Einzugszange festgelegt. Damit kann das Werkstück positioniert und genau bearbeitet werden. Der Betätigungsdruck ist hier etwa 6 bar.

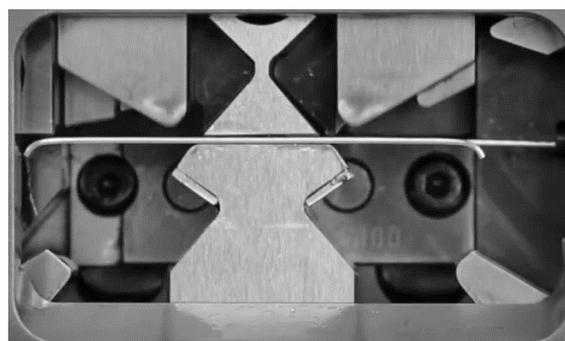
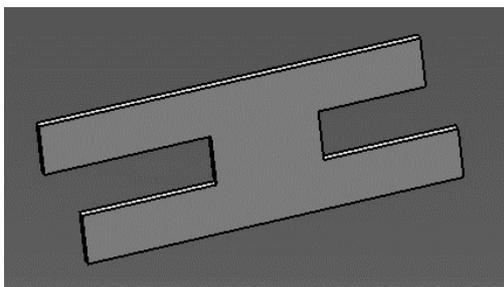


Abb. 38- Biegeverfahren 1 ^[10]

6.4.3 Bearbeitung

Der Blechteil wird in die Biegemaschine eingelegt, dann wird er auf der Klemmung aufgeföhren. Die Biegewinkel und Biegekraft sind davor durch den Computer vorher eingestellt. Zuerst wirken zwei die Geißfußschienen auf der Vorderseite des Blechteils ein, es würde in einem Trapez gedrückt werden. Gleichzeitig wirkt eine andere Geißfußschiene auf der rechten Rückseite ein, die Rückseite würde auf 10 Grad nach unten gebogen werden.

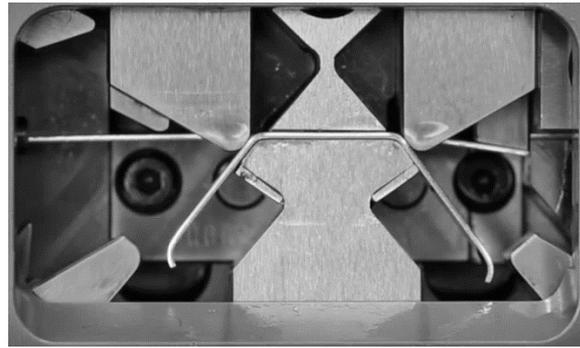
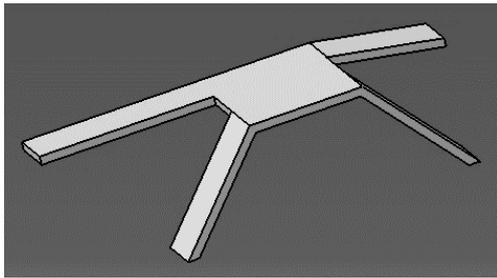


Abb. 39- Biegeverfahren 2^[10]

Dennächst wirken zwei anderen Geißfußschienen nochmal auf der Vorderseite des Blechteils ein, den vorher gedrückten Teil wird auf zwei Kreises in der gleichen Größe gebogen. Und zwar wird die Rückseite nach der Anforderung auf zwei unregelmäßige Formen gebogen.

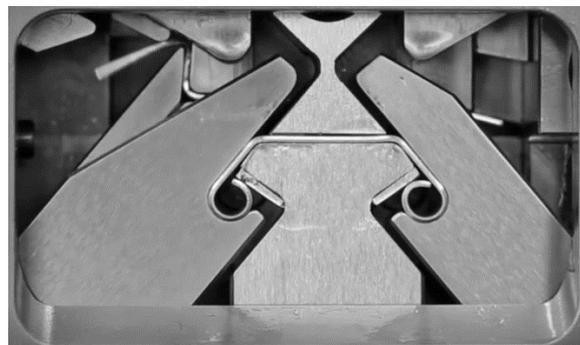
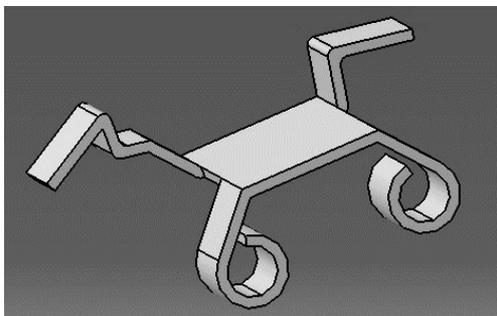


Abb. 40- Biegeverfahren 3^[10]

Schließlich sind einige kleinere Anpassungen für den Blechteil vorzunehmen. Eine Geißfußschiene biegt diesen Teil auf der linken Rückseite auf 15 Grad nach unten. Dann gehen alle Schienen zurückgezogen, die Zange wird deshalb geöffnet. Der hinter kommende Teil wird von diesem Fertigteil gedrückt.

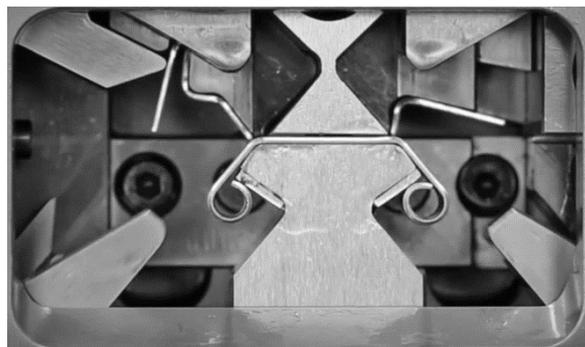
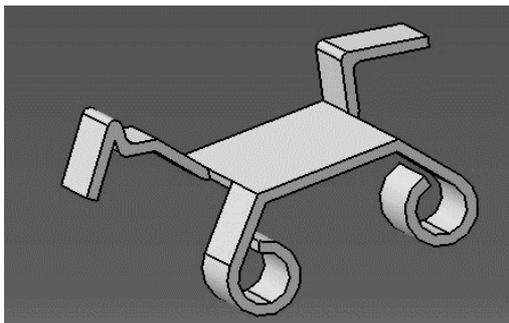


Abb. 41- Biegeverfahren 4^[10]

Folgende Abbildung zeigt den fertigen Teil:

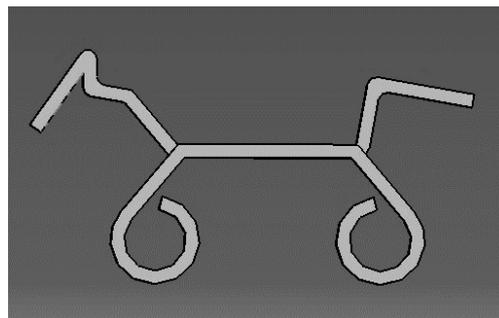


Abb. 42- Fertigteil

6.5 Begründung

Zur Endbearbeitung von feinen Blechteil wird der Hochleistungsbiegeautomat ausgewählt. Die Begründungen werden im Folgenden dargestellt:

- Im Vergleich zur normalen Biegemaschine hat der Hochleistungsbiegeautomat höhere Präzision und Produktivität.
- Der Hochleistungsbiegeautomat bietet viel mehr Bearbeitungsfreiheit als Biegemaschinen in anderen Formen, in diesem Falle können Arbeitshub, unterer Totpunkt, Hublagenverstellung und das Bewegungsprofil frei über den gesamten Arbeitsbereich programmiert werden. Die Maximalleistung des Automats ist daher zu jedem Zeitpunkt sowie in jeder Hublänge möglich.
- Der Hochleistungsbiegeautomat kann in kürzer Rüstzeit, hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit zur Verfügung. Außerdem könne keine anderen Maschinen im Vergleich zum Hochleistungsautomat in einem bestimmten Zeitraum stillend / ohne Bewegung stehen, d.h. die anderen Maschinen haben keine Stillstandszeit.

Zu der Begründung der Auswahl des Hochleistungsbiegeautomats wird diese Maschine mit Anderen verglichen. Dadurch werden die Eigenschaften dieser Maschine betont. Diese Eigenschaften passen die Anforderungen von Hochgeschwindigkeitsumformung gut, deswegen wird der Hochleistungsbiegeautomat ausgewählt.

7. Zusammenhang zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen

7.1 Transportsystem ^[1]

Die Gesamtheit des Werkstücktransportes ist in Flexiblen Fertigungssystemen durch ein integriertes Transportsystem vorzunehmen, das sowohl eine technische als auch eine informationorientierte 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 zu.

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.

Gemäß den vorangegangenen Ausführungen wird der Materialfluss wie folgt definiert: 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.

7.2 Transportmittel ^[12]

7.2.1 Transportmittel für Rohteile

Um gewickeltes Bandblech (Coils) verarbeiten zu können, werden in Bandanlagen Haspeln verwendet. Die Haspel ist ein technisches Hilfsmittel zum Auf- und Abwickeln von langgestreckten Materialien. Das ausgewalzte Bandblech wird in der Haspel aufgewickelt und danach mit der Schneidmaschine verbunden. Die Haspel wickelt dem Bandblech zu der Schneidmaschine ab und die Schneidmaschine schneidet es zu der gewünschten Form. Die Bandgeschwindigkeit beim Abwickeln wird durch den Schneid- oder Umformprozess bestimmt.

Bei der Haspel wähle ich Palettenhaspel PH 1500E zur Verfügung. Es kann durch den Einsatz vollautomatische Bedienung vorgenommen werden. Die maximale Tragkraft ist 2000 kg und die passende Banddicke ist von 0.2 bis 2.0 mm. Diese Transportmittel entspricht unseren Anforderungen.

7.2.2 Transportmittel für Fertigteile

Ein Fördersystem steht für die Ablage der fertigen Teile bereit. Diese können in Kisten mit unterschiedlichen Rastern abgelegt: Eine Z- Förderband passt gut zur ausgewählte Maschine. Das Untergestell ermöglicht es, dass das Flachband bis auf den Boden abgelassen werden kann. Gurtförderer dieser Ausführung werden deshalb oftmals als Austrags-Förderband aus Produktionsmaschinen genutzt.

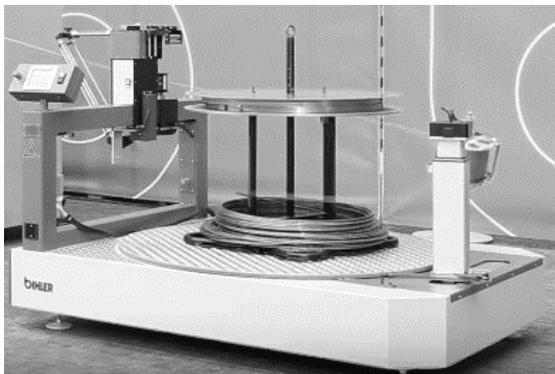


Abb. 43- Transportmittel für Roh-/Fertigteile ^[10]

7.3 Steuerung ^[13]

Maschinensteuerungen bestehen heute wesentlich aus der NC und der SPS. Die Hauptsteuerung ist immer noch die NC-Steuerung. Sie liest das NC-Programm und delegiert die Aufgaben an die entsprechende Steuerungseinheit. Da mehrere Steuerungseinheiten parallel arbeiten, vervielfacht sich die gesamte Rechenleistung der Maschinensteuerung. Damit die Maschine insgesamt funktioniert, muss genau festgelegt sein, wann welches Signal von welcher Steuerungseinheit tatsächlich ausgeführt wird. Dabei haben gemessene Werte immer Vorrang vor programmierten Werten.

die SPS findet man oft als Steckkarte in einem Rechner, ähnlich wie Netzwerkkarten in PCs (Personal Computer). Seit einiger Zeit schwimmt jedoch die klassische Aufgabenteilung zwischen NC und SPS. Denn die NC arbeitet wesentlich schneller als die SPS, und die Maschinenhersteller können heute die NC-Funktionalität selbstständig erweitern.

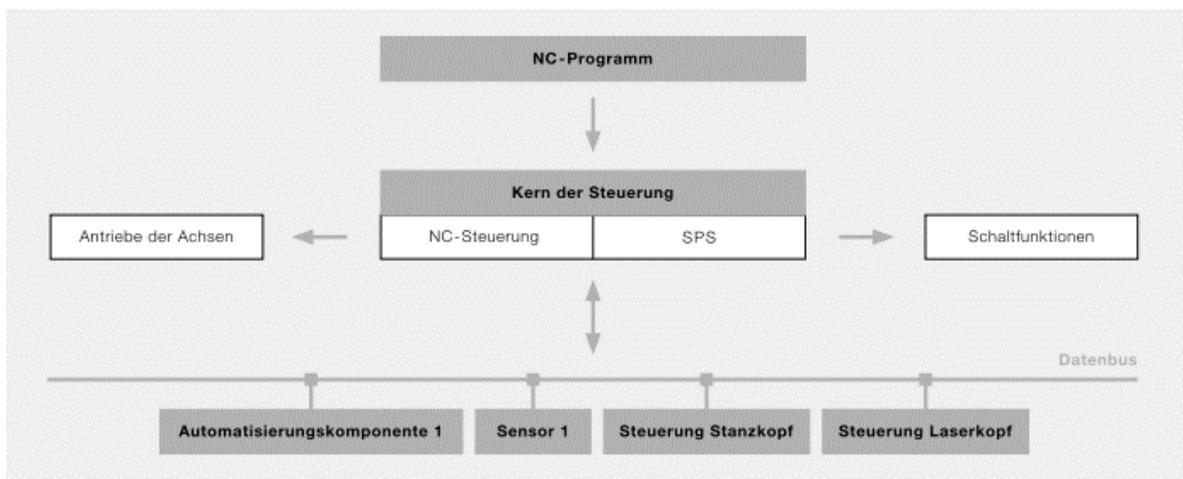


Abb. 44- Maschinensteuerungen: NC und SPS ^[10]

Heute steuert der Bediener mittlerweile alle Maschinenfunktionen mit Hilfe einer Software und der Bedienoberfläche. Selbst wenn man eine Maschinenachse manuell bewegen möchte, muss man die Achse in der Bediensoftware anwählen und aktivieren. Danach kann man über einen Schalter die Achse bewegen. Bei Hochleistungsautomat wähle ich VariControl VC1 Maschine zur Verfügung. Sie bedienen die Maschine komfortabel über ein schwenkbares Terminal mit Touchscreen und weiteren Bedienelementen. Der Schaltschrank und die Regler sind voll in das Gehäuse der kompakten Maschine integriert.



Abb. 45- Steuerungsmaschine ^[10]

7.4 Kollisionskontrolle ^[2]

Um Beschädigungen an Bauteilen, Werkzeugen oder im schlimmsten Fall an der Maschine zu vermeiden, ist es bei den meisten Biegeverfahren notwendig, vor Durchführung der eigentlichen Fertigungsoperationen eine Kollisionskontrolle vorzunehmen. Dabei darf während und nach dem Biegen keine Kollision auftreten. Kollisionen können auftreten zwischen Biegeteil und Maschine, zwischen Biegeteil und Werkzeugkomponenten und zwischen dem Biegeteil und sich selbst.

Zur Kollisionskontrolle können beispielsweise Ultraschall-Prüfungen eingesetzt werden. Auch mittels Magnetpulver und Farbeindringung werden je nach Spezifikation durchgeführt. ^[11]

8. Zusammenfassung

Pneumatisch-mechanisches Verfahren stellt in gewisser Beziehung die Verbindung zwischen den herkömmlichen Umformverfahren und der Hochgeschwindigkeitsumformung her.

Der Werkzeugträger wird durch eine stoßartige Expansion hochkomprimierter Gase beaufschlagt, der dem Werkzeug eine hohe Auftreffgeschwindigkeit verleiht. Bei diesem Umformvorgang werden alle erzeugten Kräfte fast ausschließlich auf das Werkstück übertragen.

Die Blechumformung betrifft sich meistens um Tiefziehen und Biegen. Mit dem Tiefziehen werden einem ebenen Blechzuschnitte zu einem Hohlkörper erzeugt. Die Tiefmaschine haben zwei Varianten: Presse und Werkzeug. Bei einfachwirkenden Presse kann die Energieverbrauch verringern, Hierbei ist die doppelwirkende Presse besonders für komplexe Ziehvorzüge geeignet. Als Werkzeug lässt sich die Tiefmaschine in drei Typen kategorisieren, also starre Werkzeuge (ohne oder mit Niederhalter) und nachgiebige Werkzeuge. Verschiedene Werkzeuge werden dementsprechend in verschiedene Blechformen und Blechdicken eingesetzt.

Mit dem Biegen wird einem Blech durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt. Zu dem am häufigsten eingesetzten Biegeverfahren zählen die Verfahren Frei-, Gesenk- und Schwenkbiegen. Beim Freibiegen übertragen die Werkzeuge die Kräfte auf das Werkstück, so dass die Biegelinie in der Umformzone frei strukturiert wird. Aber Wenn das Werkstück mit größer Kraft bis zur Anlage in das Werkzeug gedrückt wird, wird von Gesenkbiegen gesprochen. Im Gegensatz zum Gesenkbiegen, bei dem das Blech auf dem Unterwerkzeug aufliegt, wird das Werkstück beim Schwenkbiegen zwischen Ober- und Unterwange eingespannt und durch die Schwenkbewegung der Biegewange gebogen.

Nach den Anforderungen wird der Hochleistungsautomat ausgewählt. Das Werkzeug gehört zu den Varianten dieses Automats. Im Vergleich dazu, dass die Werkzeuflösung auf der radialen Weise funktioniert, wird sie auf der linearen Weise in kürzerer Zeit gebraucht. Und zwar bezieht sich die radiale Werkzeuflösung auf eine komplexe Bearbeitungsphase.

Bei der Geißfußschiene können die beide Seiten von einem Blech gleichzeitig schwenkbiegen werden, und die Spitzschiene gewinnt wegen der komplexen Bearbeitung große Bedeutung.

Das pneumatisch-mechanische Verfahren macht die Übermacht der Blechumformung mit einer Hochgeschwindigkeit deutlich. Dieses Verfahren bietet einen kleinen Zeitaufwand aber in einer hohen Umformgeschwindigkeit. Und zwar sind die Nachteile auch sichtbar. Die erzeugte Kraft ist niedriger als in anderen Verfahrensweisen der Hochgeschwindigkeitsumformung. Deswegen ist das pneumatisch-mechanische Verfahren eher für kleine Werkstücke geeignet.

9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1- Elemente und Grundaufbau eines FFS ^[1]	6
Abb. 2- Elemente eines FFS und deren Wechselwirkungen ^[1]	7
Abb. 3- Struktur eines flexiblen Fertigungssystem ^[1]	7
Abb. 4- DIN 8582	8
Abb. 5- Hochgeschwindigkeitsumformverfahren- Prinzip der Energieübertragung ^[1] ...	10
Abb. 6 Einfachwirkende Zylinder ^[6]	14
Abb. 7- Doppeltwirkende Zylinder ^[6]	14
Abb. 8- Die Bewegung der einfachwirkende Zylinder ^[6]	14
Abb. 9- Die Bewegung der doppeltwirkende Zylinder ^[6]	14
Abb. 10- Tiefziehvorgang ^[2]	17
Abb. 11- Erstzug und Weiterzug ^[2]	17
Abb. 12- Arbeitsbereich der Niederhalterkraft ^[2]	18
Abb. 13- Einfachwirkende-/ Doppeltwirkende Presse ^[2]	19
Abb. 14- Einfachwirkende Presse mit pneumatischer Ziehrichtung ^[2]	20
Abb. 15- Tiefziehen ohne Niederhalter/ mit Kämpeln ^[9]	21
Abb. 16- Tiefziehen mit Niederhalter im Erstzug/weiterzug/ Stülppziehen ^[9]	21
Abb. 17- Tiefziehen mit nachgiebigem Stempel/ Kissen ^[9]	22
Abb. 18- Das Biegeumformen mit geradliniger Werkzeugbewegung ^[2]	23
Abb. 19- Das Biegeumformen mit drehender Werkzeugbewegung ^[2]	24
Abb. 20- Freibiegen ^[2]	25
Abb. 21- Gesenkbiegen ^[2]	25
Abb. 22- Schwenkbiegen ^[2]	26
Abb. 23- Schwenkbiegen-Verlauf ^[2]	26
Abb. 24- Mögliche Fehler an einem Biegeteil ^[2]	27
Abb. 25- Manuelle Biegemaschine ^[12]	28
Abb. 26- Aufbau einer Biegemaschine(Frei-Gesenkbiegen) ^[2]	29
Abb. 27- Aufbau einer Biegemaschine(Schwenkbiegen) ^[1]	29
Abb. 28- Linear und Radial ^[10]	30
Abb. 29- Biegewerkzeuge ^[2]	31
Abb. 30- Biegeteil	36
Abb. 31- Hochleistungsbiegeautomat ^[10]	37
Abb. 32- Arbeitsschritt der Herstellungsverfahren ^[11]	38
Abb. 33- Vorgänge im Hochofen ^[11]	39
Abb. 34- Der Vorgang des Frischens im Sauerstoffblaskonverter ^[11]	40
Abb. 35- Schema einer Stranggussanlage für Brammen ^[11]	41
Abb. 36- Schema einer Warmwalzanlage ^[11]	41
Abb. 37- Schema eines Kaltwalzwerks mit anschließender Ausglühanlage ^[11]	42
Abb. 38- Biegeverfahren 1 ^[10]	42
Abb. 39- Biegeverfahren 2 ^[10]	43
Abb. 40- Biegeverfahren 3 ^[10]	43
Abb. 41- Biegeverfahren 4 ^[10]	43
Abb. 42- Fertigteil	43
Abb. 43- Transportmittel für Roh-/Fertigteile ^[10]	45
Abb. 44- Maschinensteuerungen: NC und SPS ^[10]	46
Abb. 45- Steuerungsmaschine ^[10]	46

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1- Teilgebiete der Fluidtechnik ^[5]	11
Tabelle 2- Der Arbeitsschritt der Anlage	15
Tabelle 3- Tiefziehverfahren ^[9]	20
Tabelle 4- Gliederung der Biegeumformen ^[2]	23
Tabelle 5- Die Eigenschaften beider Maschinen	30
Tabelle 6- Auswahl von allgemeinen Lösungsvarianten	32
Tabelle 7- Bewertungskriterien.....	32
Tabelle 8- Gewichtungsfaktor.....	33
Tabelle 9- Wertskala nach Richtlinie VDI 2225.....	33
Tabelle 10- Bewertungsergebnis.....	34
Tabelle 11- Prozess der Forderung des Thema.....	35
Tabelle 13- Technische Daten des Automats ^[10]	37

11. Literatur/ Quelle

- [1] Arbeitsblätter zur Lehrveranstaltung Fertigungssystem- Prof. Dr.-Ing. R. Kademann
- [2] Blechumformung: Verfahren, Werkzeuge und Maschinen- Klaus Siegert (Hrsg.)
- [3] Umformverfahren Grundlagen- Prof. Dr.-Ing. H.-G. Heinrich
- [4] Blechumformung- <http://www.autoform.com/de/glossar/blechumformung/>
- [5] Grundlagen der Pneumatik- Horst-Walter Grollius
- [6] Grundlagen der Automatisierungstechnik- F. Ebel/ S. Idler/ G. Prede/ D. Scholz
- [7] Kombination aus Gasumformen und Tiefziehen- Ebm Maschinenbau GmbH auf der Blech expo 2013
- [8] Umformtechnische Herstellung komplexer Karosserieteile-Arndt Birkert/ Stefan Haage/ Markus Straub
- [9] Werkzeugbau I Schnitte, Stanzen, Ziehwerkzeuge, Verbundwerkzeuge- Dir. Ing. Alfred Klampfer/ Ing. Horst Lindinger
- [10] GRM- NC: NC- Fertigungssystem- Otto Bihler Maschinenfabrik GmbH + Co.KG
- [11] Vom Eisenerz zum Feinblech SchülerInnen-Modul I- Lebenszyklus einer Weissblechdose
- [12] RU 100 Biegemaschine- Rotwerk

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.