



## **Bachelorarbeit:**

# **Erstellung eines Konzeptes für ein automatisiertes Drück-Zentrum zur Herstellung von rohrförmigen Teilen mit konstanter Wandstärke aus rotationssymmetrischen Stangenabschnitten aus Vollmaterial**

Verfasser: Ji Li  
(Vor- und Nachname)

Studiengang: Mechatronik

Fakultät: Ingenieur- und Naturwissenschaften

Matrikelnummer: 20999

E-Mail: [ji.li@gmx.net](mailto:ji.li@gmx.net)

Erstbetreuer:

Prof. Dr.-Ing. Rolf Kademann

Hochschule Merseburg (FH)

Zweitbetreuer:

Dipl.-Ing. (FH) Thomas Kirchhofer

Hochschule Merseburg (FH)

Abgabetermin:



## **Selbständigkeitserklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers



---

# Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung .....	1
1.1 Aufgabestellung.....	1
1.2 Lösung der Aufgabestellung.....	1
2 Vorstellungen.....	2
2.1 Werkzeugmaschine.....	2
2.2 Umformtechnik .....	4
2.3 Druckumformen .....	6
2.4 Massivumformung .....	7
2.5 Durchdrücken .....	7
2.5.1 Fließpressen .....	8
2.5.2 Strangpressen .....	11
2.6 Umformmaschinen .....	16
2.6.1 Definition und Unterteilung.....	16
2.6.2 Einteilung der Pressmaschinen .....	17
2.6.3 Umformmaschinen zum Fließpressen .....	18
2.7 Flexible Fertigungszelle (FFZ).....	19
2.8 Flexibles Fertigungssystem (FFS).....	19
3 Gegenwärtiger Stand der Fertigungseinrichtungen zum Bohrungsdrücken	20
3.1 Fließpresswerkzeug .....	20
3.1.1 Werkzeugbestandteile .....	21
3.1.2 Stempel für das Napf-Fließpressen.....	24
3.1.3 Matrize .....	28
3.2 Strangpressenwerkzeuge .....	29
4 Lösungen mit Auslegungen der technischen Einrichtungen.....	31
4.1 Fließpressmaschinen .....	31
4.1.1 Einleitung.....	31
4.1.2 Beispiele der Fließpressmaschinen .....	32
4.2 Strangpressmaschinen .....	36
4.2.1 Pressbauarten .....	36
4.2.2 Hilfs- und Zusatzeinrichtungen .....	39

5 Auslegung und Bewertung der allgemeinen Lösungen für den Automatisierungsprozess derartiger Fertigungsvorgänge.....	41
5.1 Auswahl der Bearbeitungsmaschine.....	41
5.2 Auswahl und Auslegung der Transportsysteme .....	42
5.2.1 Handhabungstransportsystem .....	42
5.2.1.1 Einteilung von Handhabungseinrichtungen .....	42
5.2.1.2 Einteilung von Industrieroboter .....	43
5.2.2 Ebene-Transportsystem.....	43
5.2.3 Auslegung der Transportsysteme .....	43
6 Prozesse mit Begründung.....	45
7 Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen.....	48
8 Zusammenfassung.....	50
Literaturverzeichnis.....	51
Abbildungsverzeichnis .....	53
Tabellenverzeichnis.....	54

# **1 Einleitung**

## **1.1 Aufgabestellung**

Zunehmend gewinnt die Automatisierung in mannigfaltiger Form in der Produktionstechnik an Bedeutung, so dass es bei 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.

## **1.2 Lösung der Aufgabestellung**

1. Analyse des gegenwärtigen Standes der Fertigungseinrichtungen zum Bohrungsdrücken unter Berücksichtigung der Verfahrensvarianten
2. Dokumentation der vorhandenen Lösungen für die o.g. technischen Einrichtungen in derartigen Prozessen
3. Auslegung und Bewertung von allgemeinen Lösungsvarianten für den Automatisierungsprozess derartiger Fertigungsvorgänge
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

## 2 Vorstellungen

### 2.1 Werkzeugmaschine

Nach DIN69651 ist eine Werkzeugmaschine definiert als: Mechanisierte und mehr oder weniger automatisierte Fertigungseinrichtung, die durch relative Bewegung zwischen Werkstück und Werkzeug eine vorgegebene Form am Werkstück oder eine Veränderung einer vorgegebenen Form an einem Werkstück erzeugt. (Hirsch 2012, S. 2)

Eine Werkzeugmaschine ist eine Arbeitsmaschine, die ein Werkzeug am Werkstück unter gegenseitiger bestimmter Führung zur Wirkung bringt (Kienzle). Sie bestimmt die Werkzeug- und Werkstückhandhabung und das Aufnehmen, Verarbeiten und Rückführen von Informationen über den Fertigungsvorgang(Erweiterung). (Tönshoff 1995, S.2)

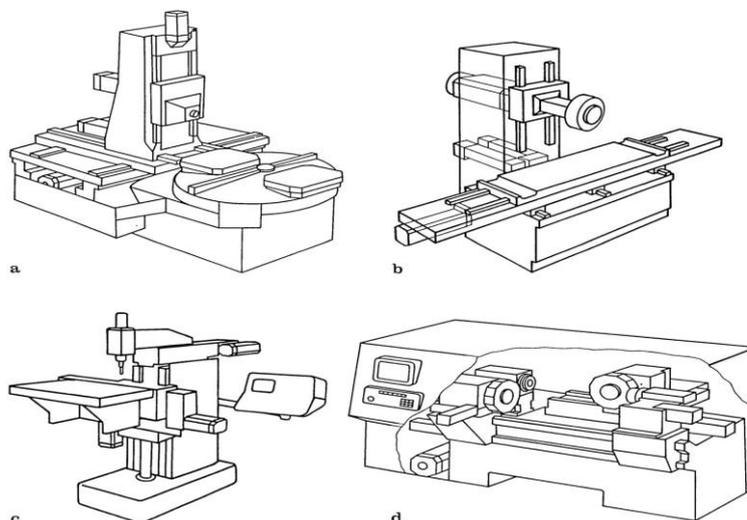


Abb. 1 Beispiel: eine Werkzeugmaschine (Wikipedia)

Die Werkzeugmaschine hat sich heute zum komplexen Fertigungssystem mit meist hohem Automatisierungsgrad entwickelt. Sie ist vielgestaltig und komplex geworden. Dadurch ist die moderne, für die Anwendung progressiver Fertigungsverfahren geeignete Werkzeugmaschine einschließlich peripherer Einrichtungen, wie Speicher- und Handhabungstechnik für Werkstücke und Werkzeuge, Qualitätssicherungs- und Prozessüberwachungssysteme sowie Möglichkeiten zur Integration in flexible Fertigungssysteme ein Maßstab für den Stand der Produktionstechnik eines Unternehmens. (Bahmann 2013, S. 10)

Nach den Arbeitsverfahren kann man die Werkzeugmaschine zum Umformmaschinen, zerteilende Werkzeugmaschine, spanende Werkzeugmaschine und abtragende Werkzeugmaschine unterteilen.

**Abb. 2** zeigt eine Auswahl von Werkzeugmaschinen, die in der modernen Fertigung eingesetzt werden. Die Beispiele geben einen Überblick über unterschiedliche Verfahren (Fräsen, Schleifen, Drehen), verschiedene Kinematiken (Anordnung der Schlittenführungen) und unterschiedliche Möglichkeiten zur Automatisierung (Werkzeugrevolver am Drehautomaten, Werkstückwechsler am Bearbeitungszentrum). (Milberg 1992, S. 3)



*Abb. 2 Beispiele neuzeitlicher Werkzeugmaschinen (Milberg 1992, S. 3)*

*a Bearbeitungszentrum b Flachsleifmaschine c Universal-Konsol-Fräsmaschine*

*d Revolverdrehautomat* **Bewertungskriterien für Werkzeugmaschinen**

Die Aufgabe industrieller Produktionsunternehmen ist die Erzeugung gebrauchsfähiger technischer Produkte. Funktion und Leistungsfähigkeit eines Unternehmens werden durch eine Reihe von Produktionsfaktoren beeinflusst, in deren Mitte der Mensch steht (**Abb. 3**). Den in der Produktion eingesetzten Fertigungsmitteln kommt dabei ebenfalls eine große Bedeutung zu. Sie bestimmen zum einen entscheidend das Fertigungsergebnis und stellen zum anderen einen beträchtlichen Teil des Unternehmenskapitals dar. Dies trifft sowohl für komplexe Produktionsanlagen als auch für einzelne Werkzeugmaschinen zu.

Aus der Sicht des Anwenders lassen sich folgende Anforderungen an die eingesetzten Werkzeugmaschinen definieren:

- hohe Arbeitsgenauigkeit zur Herstellung qualitativ hochwertiger Produkte,
- hohe Mengenleistung zum Erreichen geringer Fertigungszeiten,
- große Flexibilität, d. h. Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Fertigungsaufgaben,
- niedrige Fertigungskosten der Erzeugnisse und darüber hinaus

- gute Integrationsfähigkeit im Hinblick auf den Menschen, die betriebliche Organisation und die Technik.

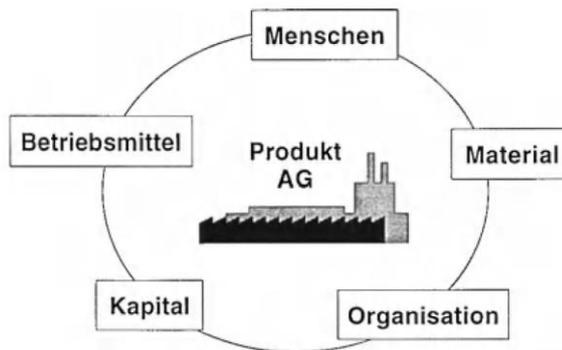


Abb. 3 Produktionsfaktoren von Produktionsunternehmen<sup>(Milberg 1992, S. 19)</sup>

Da diese Anforderungsmerkmale zum Teil konkurrierende konstruktive Maßnahmen verlangen, ist für die Gewichtung der einzelnen Bewertungskriterien die genaue Zieldefinition durch den Anwender unter Berücksichtigung der gestellten Fertigungsaufgabe notwendig. Je nach Fertigungsart und Stückzahl können beispielsweise Mengenleistung oder Flexibilität im Vordergrund stehen, je nach Art und Verwendung der Teile können Genauigkeit oder Fertigungskosten starker bewertet werden. Die Wirtschaftlichkeit der Fertigung ist dabei in jedem Fall ein entscheidendes Ziel. <sup>(Milberg 1992, S. 19–20)</sup>

Wichtige Auswahlkriterien: Arbeitsgenauigkeit, Leistungsvermögen, Ausfallsicherheit, Geräuscharmheit, Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Flexibilität, Wirtschaftlichkeit, Gestaltung.

<sup>(Skolaut 2014, S. 1077)</sup>

## 2.2 Umformtechnik

*Definition*<sup>(Eckart Doege S. 7)</sup>

Nach DIN 8580 ist das Umformen definiert als Fertigen durch bildsames oder plastisches Ändern der Form eines festen Körpers. Dabei werden sowohl die Masse als auch der Stoffzusammenhalt beibehalten.

Abhängig von der Beherrschung der Geometrie wird unterschieden zwischen:

- Umformen: Ändern einer Form mit Beherrschung der Geometrie ("um" entspricht einer

gewollten Veränderung wie Umbauen oder Umschmelzen), Verfahren sind z.B.: Tiefziehen, Gesenkschmieden, Fließpressen.

- Verformen: Ändern einer Form ohne Beherrschung der Geometrie, wie z.B. beim Schmieden von Hand mit Hammer und Amboss.

Abhängig vom eingesetzten Halbzeug (Blech, Stab oder Block) erfolgt eine Unterteilung in Blechumformung oder Massivumformung:

- Blechumformung (bis ca. 10 mm Blechdicke): Die Dicke des Blechs bleibt bis auf Änderungen zweiter Ordnung erhalten.
- Massivumformung: Ein Körper wird in allen drei Koordinatenrichtungen verändert.

*Einteilung der Umformverfahren nach DIN 8582*<sup>(Eckart Doege S. 11)</sup>

Nach DIN 8582 erfolgt die Einleitung der Umformverfahren wie **Abb. 4** zeigt.

*Einteilung der Umformverfahren nach Temperatur*<sup>(Eckart Doege S. 8)</sup>

Eine Einteilung der Umformverfahren kann auch hinsichtlich der Temperatur erfolgen:

- Kaltumformung: Umformen ohne Anwärmen, d.h. bei einer Rohteiltemperatur von ca. 20 °C. Aufgrund des begrenzten Formänderungsvermögens sind hohe Umformkräfte erforderlich. Es ist eine hohe Maßgenauigkeit erreichbar.
- Halbwarmumformung: Umformen nach Anwärmen, Rohteiltemperatur bei Stahl von 650 °C bis 900 °C. Durch eine Reduzierung der Zunderbildung und des Verzugs kann eine im Vergleich zur Warmumformung verbesserte Maßgenauigkeit erreicht werden. Verglichen mit der Kaltumformung sind geringere Umformkräfte erforderlich, gegenüber der Warmumformung ergeben sich jedoch etwa um den Faktor 2 bis 3 größere Kräfte.
- Warmumformung: Umformen nach Anwärmen, Rohteiltemperatur bei Stahl von 1000 °C bis 1250 °C. Hierdurch ist die Kraft zur Umformung 8 bis 10 mal geringer als bei der Kaltumformung. Es sind sehr große Formänderungen erreichbar (Rohteiltemperatur > Rekristallisationstemperatur), allerdings reduziert sich die Maßgenauigkeit aufgrund von Schrumpfung, Verzug und Zunderbildung.

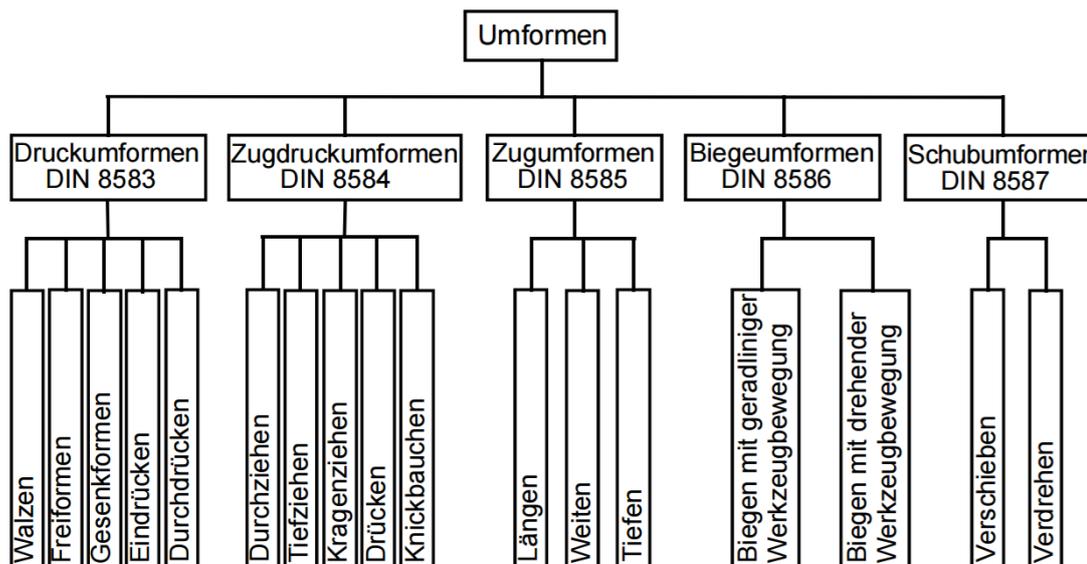


Abb. 4 Gliederung der Fertigungsverfahren Umformen (nach DIN 8582) (Eckart Doege S. 11)

Kennzeichnend für alle Umformverfahren ist, dass Teile in der Regel nicht in einem, sondern in mehreren Arbeitsgängen hergestellt werden. Die Folge der einzelnen Arbeitsgänge wird als "Stadienfolge" bezeichnet: Daraus resultiert, dass die Herstellung von Werkstücken insbesondere durch Kaltumformung erst bei relativ großen Stückzahlen wirtschaftlich ist, da zur Fertigung eines Bauteils mehrere Werkzeugstufen notwendig sind. (Eckart Doege S. 8)

## 2.3 Druckumformen

Bei den Verfahren für das Druckumformen wird der plastische Zustand im Werkstoff durch ein-oder mehrachsige Druckspannungen hervorgerufen. Nach DIN 8583 gehören dazu die Walzverfahren (Halbzeugherstellung und sog. Stückwalzverfahren). Die Freiform- und Gesenkformverfahren umfassen die Druckumformverfahren mit gegeneinander bewegten Werkzeugen. Diese können die Form des Werkstücks gar nicht oder nur teilweise (Freiformen) bzw. zu einem wesentlichen Teil oder völlig umfassen (Gesenkformen).

Beim Eindrücken dringt das Werkzeug in das Werkstück ohne oder mit einer Relativbewegung zwischen Werkzeug und Werkstück entlang der Oberfläche ein.

Den Durchdrückverfahren kommt in der Umformtechnik eine sehr große Bedeutung zu. Das Verjüngen und das Fließpressen werden zur Herstellung einzelner Werkstücke angewendet (z. B. Radbefestigungsschrauben). Strangpressen dient vorwiegend der Herstellung von Halbzeug (Hohl- und Winkelprofile aus Aluminiumlegierungen). (Fritz und Schulze 2015, S. 439)

## 2.4 Massivumformung

Beim Massivumformen werden "kompakte" Rohteile (z.B. Stababschnitte) dreidimensional umgeformt, während beim Blechumformen "flächenhafte" Rohteile meist zu dreidimensionalen Hohlkörpern geformt werden, die annähernd konstante Blechdicke besitzen. Die spezifischen Kräfte sind bei der Massivumformung wesentlich höher als bei der Blechumformung, was in der Regel vergleichsweise steife Maschinen und Werkzeuge in sehr kompakter Bauausführung zur Folge hat.

Zur Massivumformung gehören die Verfahren

- des Freiformens (Stauchen),
- des Gesenkformens (Schmieden),
- des Walzens,
- des Durchdrückens und des Durchziehens,
- des Eindrückens. (Zhangqiang, S. 9)

## 2.5 Durchdrücken (Fachkunde Metall S. 101)

Die wichtigsten Verfahren des Durchdrückens sind das Strangpressen und das Fließpressen. Die bedeutendsten Verfahren von Durchdrücken mit ihren Merkmalen sind in *Tabelle. 1* dargestellt.

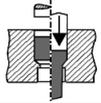
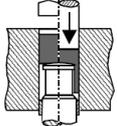
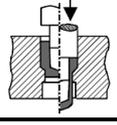
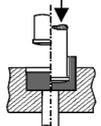
Grundverfahren	Umformverfahren	Darstellung	Merkmale
Strangpressen	Voll-Vorwärts-Strangpressen	vgl. Fließpressen	Ein vom Aufnehmer umschlossener Block wird durch eine Matrize gedrückt. Der Werkstoff bewegt sich in Wirkrichtung der Maschine
	Voll-Rückwärts-Strangpressen	vgl. Fließpressen	Der Werkstofffluss ist gegen die Wirkrichtung der Maschine gerichtet
Fließpressen	Voll-Vorwärts-Fließpressen		Ein Werkstück wird durch eine Matrize gepresst
	Napf-Vorwärts-Fließpressen		Ein Vollkörper wird über einen feststehenden Unterstempel zu einem Napf geformt
	Hohl-Vorwärts-Fließpressen		Aus einem Napf (Hülse) wird ein Napf (Hülse) mit verminderter Wandstärke hergestellt
	Napf-Rückwärts-Fließpressen		Aus einem Vollkörper wird ein Napf hergestellt. Die formgebende Werkzeugöffnung wird durch Pressbuchse und Stempel gebildet

Tabelle. 1 bedeutende Verfahren von Durchdrücken (Eckart Doege S. 407)

### 2.5.1 Fließpressen

Beim Fließpressen werden Platinen durch einen Stempel zu einem Werkstück gepresst. Dabei fließt der Werkstoff durch den Spalt zwischen Stempel und Matrize (Abb. 6). Gewindestutzen an Tuben und ähnlichen Werkstücken werden gleichzeitig im Boden der Matrize mitgepresst.

Die Umformung beim Fließpressen erfolgt hauptsächlich bei Raumtemperatur (Kaltfließpressen), andererseits werden komplizierte Bauteile Halbwarm- oder Warmumformung hergestellt. (Eckart Doege S. 623)

Nach der Fließrichtung des Werkstoffes unterscheidet man Rückwärts- und Vorwärtsfließpressen sowie Vorwärts-Rückwärts-Fließpressen (Quer-Fließpressen).

Ein weiteres Unterscheidungskriterium stellt die Geometrie der hergestellten Werkstücke dar: Es wird zwischen Voll-, Hohl- und Napf-Fließpressverfahren unterschieden. (Grote und Feldhusen 2014, S 30)

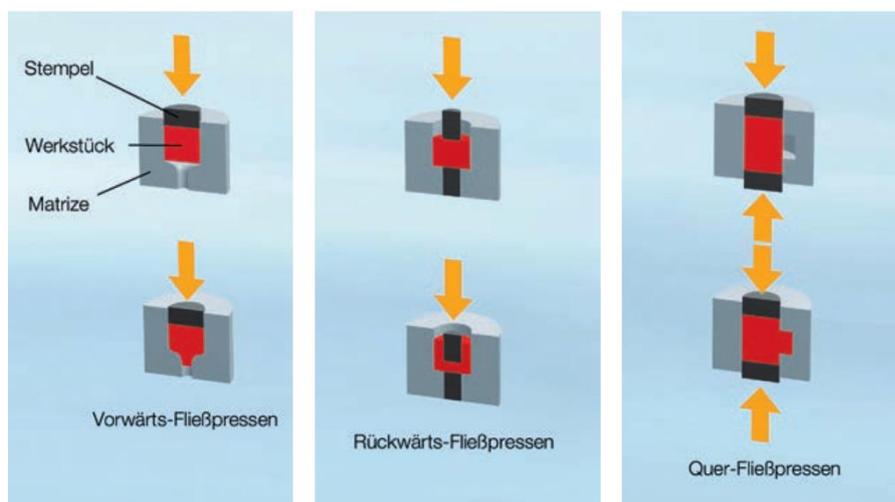


Abb. 5 Fließpressverfahren<sup>(Herbertz et al. 2013)</sup>

Die Länge der durch Fließpressen hergestellten Hohlteile kann bei zylindrischen Werkstücken und bei Werkstoffen mit großer Dehnung bis zum 6 fachen des Werkstückdurchmessers betragen. Es lassen sich Werkstücke mit Wanddicken von 0,1 mm bis 1,5 mm pressen und dabei Höhen bis zu 250mm in einem Arbeitsgang erreichen (Abb. 7).

Zum Fließpressen eignen sich Stahl mit geringem Kohlenstoffgehalt, z.B. C10, Aluminium und Aluminiumlegierungen, Kupfer und weiche Cu-Zn-Le-gierungen sowie Zinn und Blei.

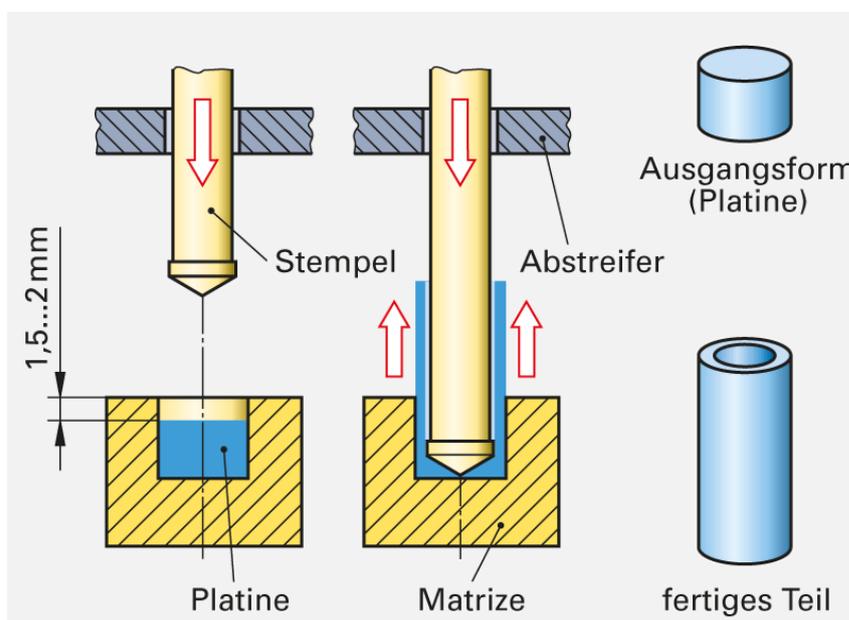


Abb. 6 Rückwärts-Fließpressen<sup>(Fachkunde Metall S. 101)</sup>

Durch Fließpressen werden auch schwierig geformte Voll- und Hohlkörper in großen Serien wirtschaftlich hergestellt.

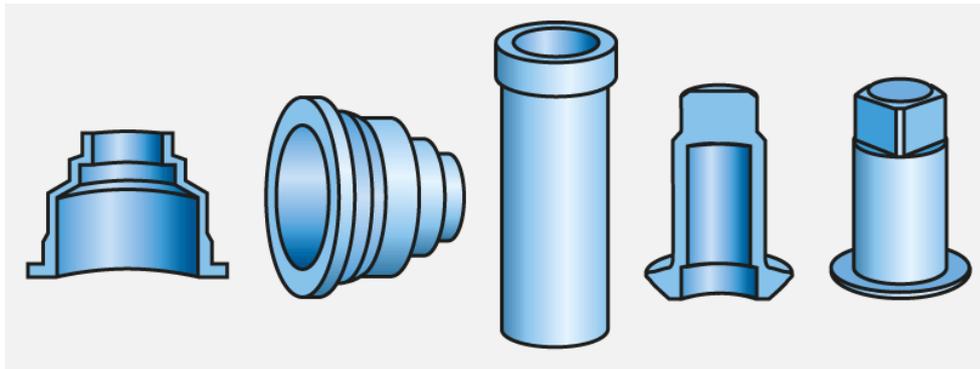


Abb. 7 Fließgepresste Werkstücke<sup>(Fachkunde Metall S. 101)</sup>

#### *Vorteile:*

- Die Fließpressprodukte zeichnen sich durch hohe Maßgenauigkeit und gute Reproduzierbarkeit aus.
- Das Fließpressen ist auch bei schnelllaufenden Umformmaschinen einsetzbar.
- erhebliche Werkstoffeinsparung (oft über 50%) durch optimale Werkstoffausnutzung im Vergleich zur Zerspanung,
- sehr hohe Mengenleistung bei kurzen Stückzeiten, auch bei relativ komplexen Werkstückgeometrien,
- einbaufertige Teile mit gegebenenfalls nur geringfügiger Nacharbeit, gute Oberflächenqualität und Werkstücke weisen einen günstigen, belastungsgerechten Faserverlauf auf.

(Grote und Feldhusen 2014, S. 31–32)

#### *Nachteile:*

- das Fließpressen kann nur bei Bauteilen mit vorwiegend rotationssymmetrischer Grundgeometrie eingesetzt werden.
- aufwendige Rohteilvorbereitung (Reinigen, Phosphatieren, Schmieren)
- bei Bedarf Zwischenglühen komplexer Bauteile mit mehreren Umformstufen
- sehr hohe Umformkräfte im Vergleich zur Warmmassivumformung sowie
- hohe Werkzeugkosten (Armierung, hochvergütbare Werkzeugwerkstoffe).<sup>(Eckart Doege S. 658)</sup>

#### *Anwendung:*

- Warm-, Halbwarm- und Kaltumformung von Stahl- und Nichteisenlegierungen.
- Fließpressverfahren werden als Vorformverfahren für das nachfolgende Gesenkschmieden und zur Massenherstellung von vorwiegend rotationssymmetrischen Werkstücken mit einem Gewicht von wenigen Gramm bis etwa 30 kg eingesetzt.<sup>(Herbertz et al. 2013)</sup>

## 2.5.2 Strangpressen

Beim Strangpressen drückt der Stempel den Werkstoff durch die profilierte Matrize zu einem langen Strang mit vollem oder hohlem Querschnitt (**Abb. 8**).

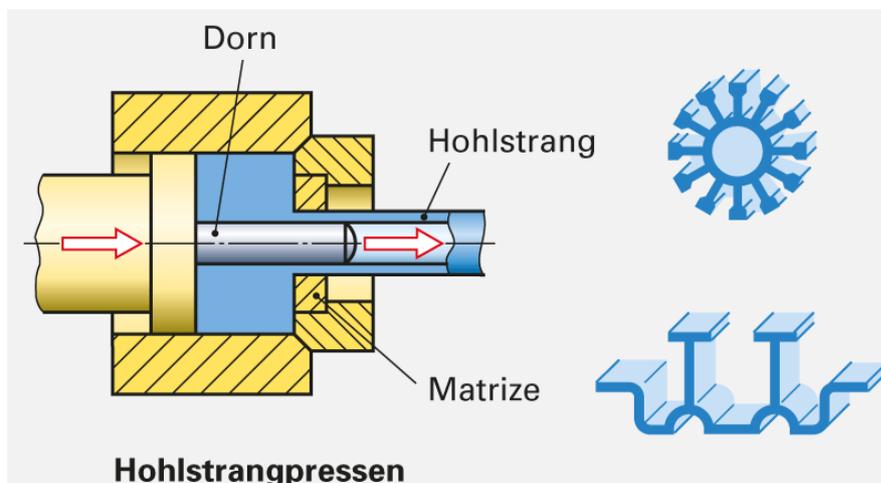


Abb. 8 Strangpressen (Fachkunde Metall S. 101)

Beim Strangpressen wird Werkstoff zu langen Halbzeugprofilen gepresst, die durch Walzen nicht herstellbar sind.

Die Umformmechanismen des Strangpressens und des Fließpressens sind zwar sehr ähnlich, die Verfahren unterscheiden sich jedoch sowohl in Bezug auf Werkzeuge und Maschinen als auch in Bezug auf die Erzeugnisse.

Während durch Fließpressen einzelne Werkstücke hergestellt werden, wird das Strangpressen vornehmlich zur Herstellung von Voll- und Hohlsträngen (Stangen, Rohre, Profile usw.) angewendet.

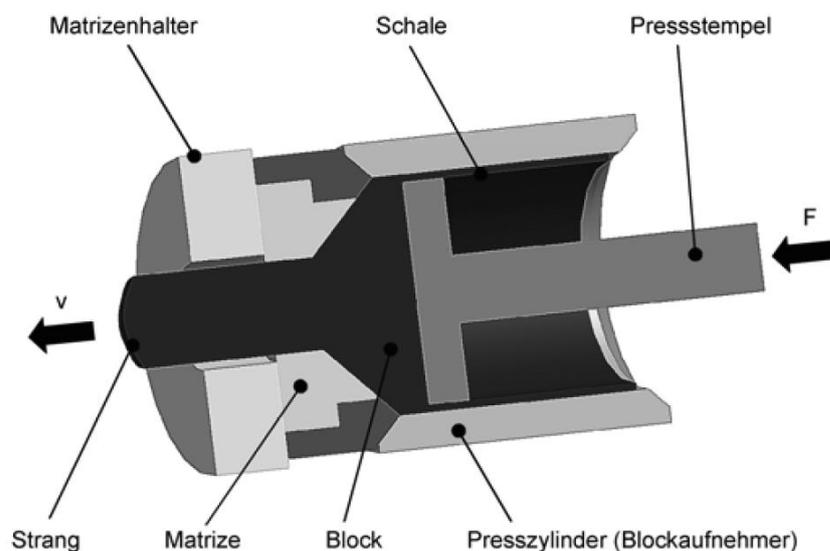


Abb. 9 Prinzip des Strangpressens (hier: Voll-Vorwärts-Strangpressen mit Schale) (Eckart Doege S.659)

### Verfahrensmerkmale

- Ein aufgeheizter Block wird in der Presskammer durch einen Pressstempel mit einer Presskraft beaufschlagt.
- Der Werkstoff fließt als Strang mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v$  aus der Matri-zenöffnung.
- Das Verfahren ist geeignet zur Herstellung von Halbzeugen bis 20 m Länge (Alumini-umprofile werden häufig als Vorformen für das Gesenkschmieden verwendet).
- Auch hinterschnittene Querschnitte und Hohlprofile sind herstellbar.
- Wenn der Pressstempeldurchmesser kleiner als der Presszylinderdurchmesser ist, kann mit einer Schale gepresst werden.
- Beim Pressen mit einer Schale ist keine Schmierung des Blocks notwendig.

Während des Strangpressens herrscht im Block ein Druckspannungszustand. Die Rissbil-dungsgefahr ist deshalb nur gering.

### Strangpressprofile: Auswahl herstellbarer Formen

In **Abb. 10** ist ein Überblick über prinzipiell mögliche Profilformen für das Strangpressen dargestellt. Die Grundformen hierbei sind:

- runde und eckige Vollprofile,
- offene und geschlossene Hohlprofile,
- symmetrische und unsymmetrische Winkelprofile und
- komplexe Profile. (Eckart Doege S.659-S.660)

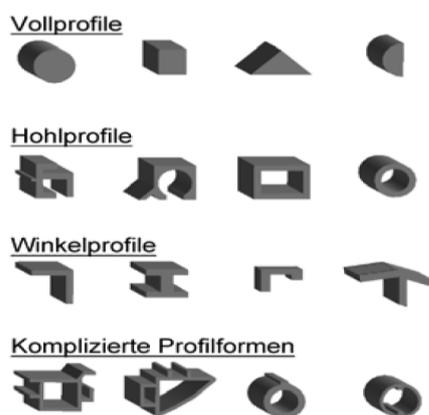


Abb. 10 Auswahl möglicher Profilformen beim Strangpressen (Eckart Doege S.660)

## Strangpressverfahren

Beim Strangpressen unterscheidet man:

a) nach der Art, wie der Block im Rezipienten verschoben wird in:

*direktes und indirektes Strangpressen.*

b) nach dem beim Strangpressen entstehenden Produkt in:

*Voll- und Hohl-Strangpressen* (Tschätsch 2005, S. 110)

### *Direktes Strangpressen (Vorwärtsstrangpressen)*

Der auf Umformungstemperatur erwärmte Block (**Abb. 11**) wird in die Maschine eingebracht. Der Stempel, der durch die Pressscheibe vom Werkstoff getrennt ist, drückt den Block durch die Matrize. Der Pressrest wird durch Rückfahren des Aufnehmers freigelegt und abgeschert oder abgesägt.

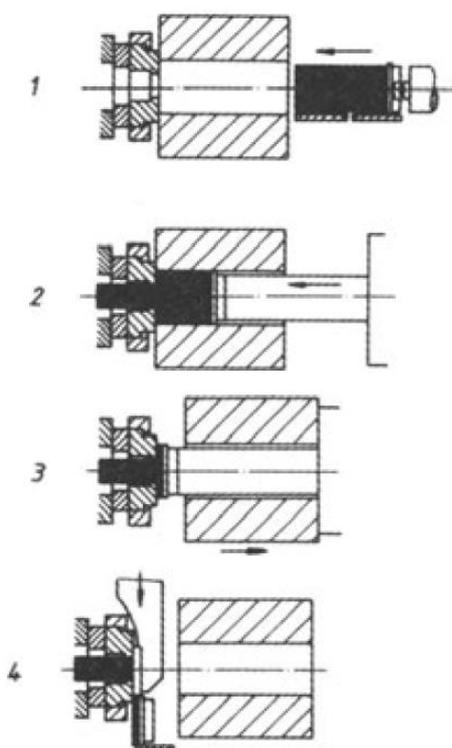


Abb. 11 Arbeitsablauf beim direkten Strangpressen (Tschätsch 2005, S. 110)

1 Block und Pressscheibe in Presse einbringen, 2 Block auspressen,

3 Rückfahren des Aufnehmers, 4 Pressrest

### *Indirektes Strangpressen (Rückwärtsstrangpressen)*

Beim Rückwärtsstrangpressen (**Abb. 12**) sitzt die Matrize auf dem hohl ausgeführten Pressstempel.

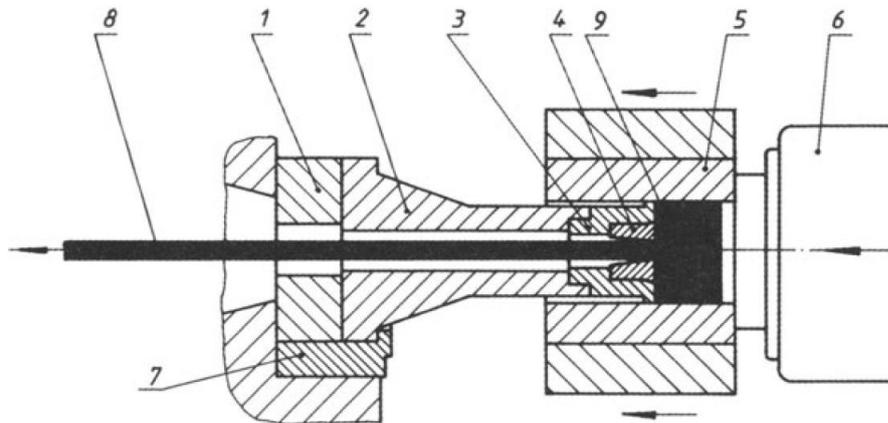


Abb. 12 Prinzip des indirekten Strangpressens<sup>(Tschätsch 2005, S. 110)</sup>

1 Druckplatte, 2 Stempel, 3 Werkzeugträger, 4 Matrize,

5 Rezipient, 6 Plunger, 7 Schieber, 8 Profilstrang, 9 Block

Der Werkstofffluss ist der relativen Stempelbewegung entgegengerichtet. Hier führen Plunger und Rezipient gleichzeitig die Pressbewegung aus.

Dadurch gibt es beim Rückwärtsstrangpressen keine Relativbewegung zwischen Block und Rezipient. Diese Relativbewegung (beim Vorwärtsstrangpressen) ist ein Nachteil, weil dadurch zusätzliche Reibungswärme erzeugt wird, die nur durch Verringerung der Pressgeschwindigkeit in Grenzen gehalten werden kann.

### *Vollstrangpressen bzw. Hohlstrangpressen*

Bei der Erzeugung von Vollprofilen spricht man vom Vollstrangpressen und bei der Erzeugung von Hohlprofilen vom Hohlstrangpressen. Eine Verfahrensübersicht zeigt **Tabelle. 2**.

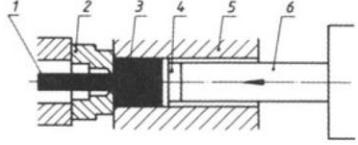
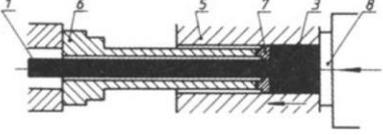
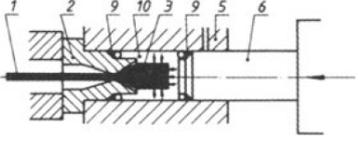
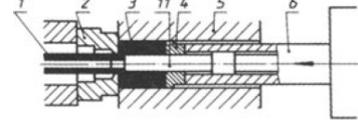
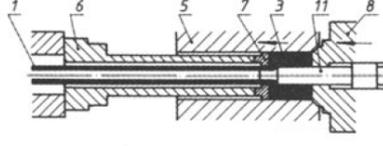
Prinzipskizze	Verfahren	Anwendung
	<p>Direktes Strangpressen: Matrize und Aufnehmer liegen fest zueinander. Stempel bewegt sich und drückt den Block durch die Matrize</p>	<p>Vollprofile, Stangen und Bänder aus Vollblöcken</p>
	<p>Indirektes Strangpressen: An feststehendem, hohlgebohrtem Stempel befindet sich die Matrize mit Pressscheibe. Bewegung führt am Ende verschlossener Aufnehmer mit Rohling aus. Er fährt gegen die feststehende Matrize.</p>	<p>Drähte und Profile aus Vollblöcken</p>
	<p>Direktes hydrostatisches Strangpressen: Die Umformung des Blockes erfolgt durch eine unter hohem Druck stehende Flüssigkeit (12000 bar). Der Druck wird durch den voreilenden Stempel erzeugt.</p>	<p>Einfache kleine Profile aus schwer pressbaren Werkstoffen, die mit den anderen Verfahren nicht pressbar sind.</p>
	<p>Direktes Rohrpressen über feststehendem Dorn: Der Rohling ist ein Hohlblock. Der feststehende Dorn bildet mit der Matrize den Ringspalt. Der Hohlstempel macht die Arbeitsbewegung.</p>	<p>Rohre und Hohlprofile aus Hohlblöcken.</p>
	<p>Indirektes Rohrpressen über feststehendem Dorn: Arbeitsbewegung führt verschlossener Aufnehmer aus. Am feststehenden Stempel befindet sich vorn die Matrize.</p>	<p>Rohre und Vollprofile aus Hohlblöcken oder Vollblöcken, die in der Presse gelocht werden.</p>
<p>1 Produkt, 2 Matrize, 3 Block, 4 Pressscheibe, 5 Aufnehmer, 6 Stempel, 7 Pressscheibe mit Matrize, 8 Verschlussstück, 9 Dichtung, 10 Pressflüssigkeit, 11 Dorn</p>		

Tabelle. 2 Strangpressverfahren<sup>(Tschätsch 2005, S. 111)</sup>

Verfahren	Vorteile	Nachteile
Vorwärtsstrangpressen	Einfache Handhabung, gute Strangoberfläche, einfache Handhabung bei der Strangabkühlung	Hohe Reibungswärme zwischen Pressblock und Aufnehmer, Veränderung der Werkstoffeigenschaften durch überhöhte Temperatur, kleinere Pressgeschwindigkeiten
Rückwärtsstrangpressen	Höhere Pressgeschwindigkeiten, kleinerer Umformwiderstand, geringere Pressrest-dicken, weil Fließlinien bis in die Endzone optimal, geringerer Verschleiß im Aufnehmer	Pressstrangdurchmesser begrenzt, weil durch den Hohlstempel geführt. Abkühlung des Stranges schwieriger, setzt gute Pressblockoberflächen voraus (in der Regel gedrehte Oberfläche)
Hydrostatisches Strangpressen	Reine Druckumformung, idealer Fließlinienverlauf, auch spröde Werkstoffe noch umformbar, höchste Umformgrade bis $\varphi = 900\%$ z. B. bei Al-Werkstoffen möglich	Dichtungsprobleme wegen der erforderlichen hohen Arbeitsdrücke (bis 20 000 bar)

Tabelle. 3 Vor- und Nachteile der Strangpressverfahren<sup>(Tschätsch 2005, S. 112)</sup>

## 2.6 Umformmaschinen

Zur spanlosen Formgebung von Werkstoffen werden Maschinen eingesetzt, die unter Verwendung entsprechender Werkzeuge die zur Verformung des Materials erforderlichen Umformkräfte und Energien aufbringen. Je nach Art des Formgebungsprozesses sind die Einsatzbedingungen und somit Anforderungen an die Umformmaschinen unterschiedlich. Es existiert eine Vielzahl von zum Teil sehr speziellen Bauarten und Auslegungsvarianten. Umformmaschinen sind Investitionsgüter, die eine Nutzungsdauer von mehr als 25 Jahren erreichen können. Der Auswahl und Bewertung von geeigneten Umformmaschinen für die jeweilige Umformoperation kommt daher höchste Bedeutung zu. <sup>(Eckart Doege S. 713)</sup>

### 2.6.1 Definition und Unterteilung

Werkzeugmaschinen für die umformende Fertigung müssen entsprechend des außerordentlich breiten Spektrums der Umformverfahren in der Blechverarbeitung und der Kalt-/Warmmassivumformung sehr unterschiedlichen Anforderungen gerecht werden. Grundsätzliche Aufgaben ergeben sich diesbezüglich aus den charakteristischen Merkmalen der Umformtechnik. Diese sind in erster Linie:

- das Erzeugen und Aufbringen der für die Umformung erforderlichen Kräfte, Momente und Energien,

- das Führen der notwendigen Baugruppen, Werkzeuge und Werkzeugelemente vor, während und nach dem Umformvorgang und
- das "in Eingriff bringen" der Werkzeuge mit dem Werkstück, so dass Kräfte direkt oder indirekt in die Umformzone eingeleitet werden.

Die systematische Unterteilung der Umformmaschinen berücksichtigt folgend Aspekte:

- Kinematik der Baugruppen und Werkzeuge,
- Art und Funktion des Antriebs,
- Maschinenbauart,
- Art der Umformaufgabe.

Abb. 13 zeigt die Einleitung der umformenden Werkzeugmaschinen nach Lange. (Zhangqiang, S. 10)

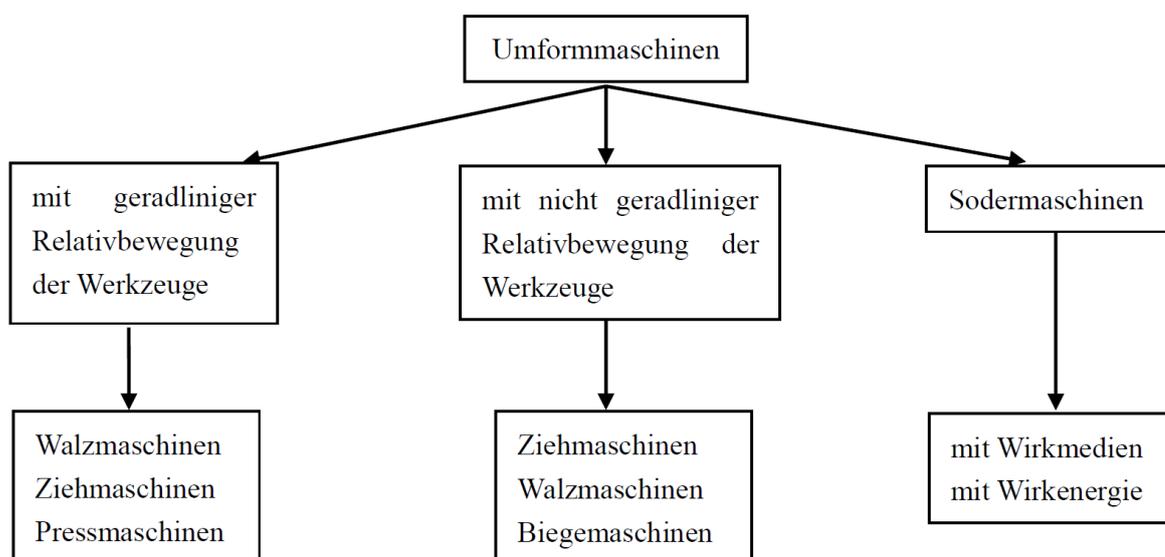


Abb. 13 Einleitung der Umformmaschinen (Zhangqiang, S. 10)

## 2.6.2 Einteilung der Pressmaschinen

Pressmaschinen werden nach drei spezifischen Kenngrößen eingeteilt:

- Arbeit: *Arbeits- bzw. energiegebundene Umformmaschinen;*

Hämmer und Spindelpressen

- Weg: *Weggebundene Umformmaschinen;*

Mechanische Kurbel und Exzenterpressen

- Kraft: *Kraftgebundene Umformmaschinen;*

Hydraulikpressen, servomotorisch getriebene Pressen ohne Schwungmasse (Eckart Doege S. 713)

### 2.6.3 Umformmaschinen zum Fließpressen

Zum Fließpressen werden sowohl hydraulische (kraftgebundene) als auch mechanische (weggebundene) Pressen (Kurbel-, Kniehebel-, Gelenkpressen) eingesetzt.

Hydraulische Pressen sind aufgrund der niedrigen Umformgeschwindigkeit und der Möglichkeit, die Nennkraft über den gesamten Umformweg zu liefern, besonders für lange Bauteile und Bauteile mit Verzahnungen geeignet. Aufgrund der längeren Taktzeiten werden diese für Klein- und Mittelserien eingesetzt.

Mechanische Pressen finden hingegen Anwendung in der Großserie.

Nachfolgende Anforderungen werden an Pressen für das Fließpressen gestellt:

- die maximale Umformkraft muss bereits zu Beginn der Umformung verfügbar sein,
- es wird eine hohe Ausstoßerkraft benötigt,
- die Stößelaufreffgeschwindigkeit sollte möglichst gering sein,
- eine hohe Steifigkeit ist erforderlich,
- eine lange und spielarme Stößelführung ist vorteilhaft und
- eine möglichst mittige Belastung wird angestrebt. (Eckart Doege S.657)

## 2.7 Flexible Fertigungszelle (FFZ)

Werden Bearbeitungszentren mit einem Paletten-Umlaufspeicher verbunden, spricht man von einer flexiblen Fertigungszelle. Der Werkstückspeicher versorgt die Maschine für einen begrenzten Zeitraum, z.B. für eine 8-Stunden-Schicht, mit Rohteilen und nimmt Fertigteile auf.

Meist sind es Einzelmaschinen oder zwei gleiche Maschinen (Duplex-Zelle), die in der Serienfertigung bei mittlerer Losgröße eingesetzt werden. (Fachkunde Metall S. 346)

## 2.8 Flexibles Fertigungssystem (FFS)

Wenn mehrere gleichartige oder unterschiedliche Fertigungsmaschinen durch ein Transportsystem miteinander verkettet werden, entsteht ein flexibles Fertigungssystem.

Die Werkstück- und Werkzeugversorgung stellen sicher, dass Werkzeug, Spannmittel, Roh- teile und Fertigteile in ausreichender Zahl, z.B. für eine Schicht, in Magazinen und Lagern gespeichert sind und automatisch geholt, gespannt und wieder abgelegt werden können. (Fach- kunde Metall S. 346)

Der Materialfluß verläuft automatisch durch den Einsatz eines Materialhandhabungssystems. Die einzelnen Elemente des Systems unterliegen einer übergeordneten zentralen Computer- steuerung, dort erfolgt auch die Informationsverarbeitung. (Dankert, S.9)

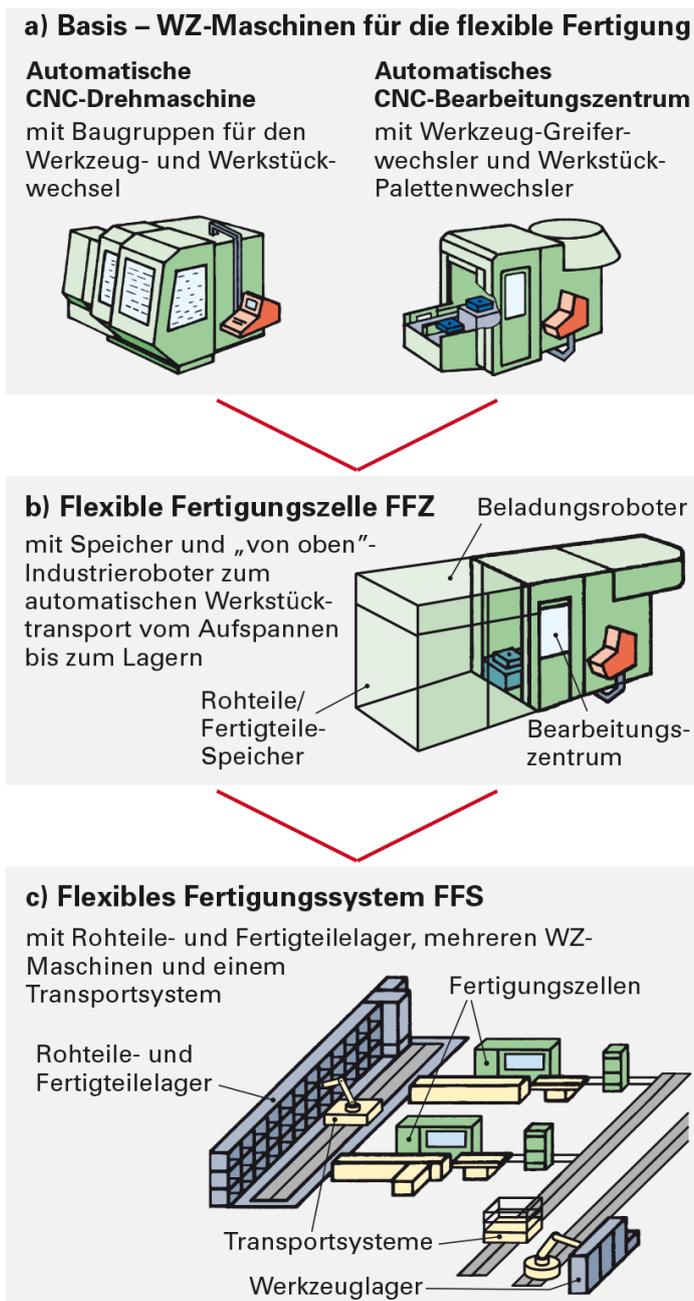


Abb. 14 Automatisierungsstufen (Fachkunde Metall S. 346)

## **3 Gegenwärtiger Stand der Fertigungseinrichtungen zum Boh- rungsdrücken**

### **3.1 Fließpresswerkzeug**

Der Werkzeugkonstruktion für ein neues Fließpressteil geht die Verfahrensentwicklung und Stadienplanentwicklung voraus. Durch die Festlegungen im Stadienplan sind die geometrischen Abmessungen und formgebenden Arbeitsflächen für die einzelnen Pressstufen an sich bestimmt. Bei der Konstruktion von Fließpresswerkzeugen für ein neues Fließpressteil steht in der praktischen Routine im Allgemeinen nicht die Auslegung des gesamten Werkzeugaufbaus neu an, sondern es kann auf vorhandene Werkzeugpläne ähnlicher Pressteile zurückgegriffen werden, so dass es sich im allgemeinen um Anpassungs- bzw. Änderungskonstruktionen handelt.

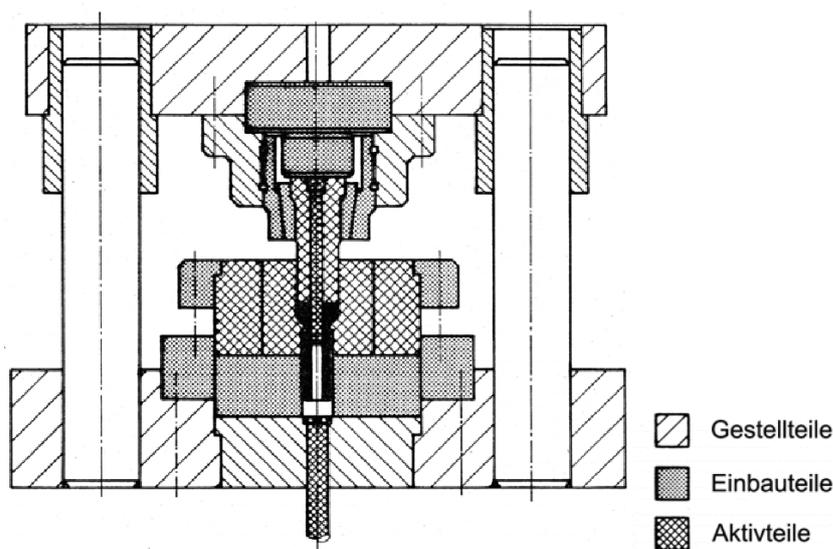
Analog dazu kann in der Werkstatt im allgemeinen auf einen Fundus an vorhandenen Werkzeugstellen und Werkzeugkomponenten wie Druckplatten, Auswerferstifte, Hülsen, Spannringe, Scheiben verschiedenen Durchmessers und Dicken usw. zurückgegriffen werden, die immer wieder für unterschiedliche Pressteile verwendbar sind.

Die Konstruktion und Fertigung neuer Werkzeugkomponenten beschränkt sich somit im Wesentlichen auf die sog. Aktivteile. Das sind die formgebenden Werkzeugelemente, z.B. Matrizen, Stempel, Dorne und Auswerfer. Sie müssen für jedes Pressteil neu ausgelegt und hergestellt werden. Die Aufgabe des Konstrukteurs besteht nun darin, diese Werkzeugkomponenten so zu konstruieren, dass sie sowohl eine hohe Standmenge beim Pressen erreichen als auch möglichst wirtschaftlich gefertigt werden können. Denn an den Herstellungskosten eines fertigen Pressteils spielen die laufenden Werkzeugverbrauchskosten eine erhebliche Rolle. Die erreichbaren Werkzeugstandmengen werden begrenzt durch Überlastungsrisse oder Ermüdungsbrüche und den Verschleiß, die Verschleißsicherheit der Presswerkzeuge ist abhängig vom gewählten Werkzeugwerkstoff, seiner Härte, der Oberflächenrauigkeit der formgebenden Arbeitsflächen und von der Beanspruchung. Die Eigenschaften des Werkstückwerkstoffes sowie die Werkzeugschmierung und ggf. -kühlung sind weitere Einflussfaktoren, die bei der Konstruktion der Presswerkzeuge berücksichtigt werden müssen.

Neben den verfahrenstechnischen Notwendigkeiten bei der Werkzeugkonstruktion sind die betrieblichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, beispielsweise die Entscheidung, auf welchen vorhandenen oder gegebenenfalls neu anzuschaffenden Maschinen das Fließpresseteil gefertigt werden soll. Relevant für die Pressenauswahl sind z.B. die Werkzeugeinbauhöhe, Stößelverstellung, Tisch- und Stößelfläche, vorhandene Auswerfer im Tisch und/oder Stößel sowie die Klärung der Rohteilzu- und Werkstückabfuhr. Vertikale ein- oder mehrstufige hydraulische Pressen bedingen beispielsweise andere Transporteinrichtung als ein- oder mehrstufige horizontale mechanische Pressen. <sup>(Lange et al. S.309)</sup>

### 3.1.1 Werkzeugbestandteile <sup>(Lange et al. S.311-316)</sup>

Die Grundbestandteile eines Fließpresswerkzeuges sind: Gestellteile, Einbauteile und Aktivteile. Diese Systematik gilt für alle Fließpresswerkzeuge. **Abb. 15** zeigt die Werkzeugkomponenten für das Hohl-Vorwärts-Fließpressen, **Abb. 16** für das Napf-Rückwärts-Fließpressen.



*Abb. 15 Werkzeugteile eines Hohl-Vorwärts-Fließpresswerkzeugs <sup>(Lange et al.S.312)</sup>*

#### *Aktivteile:*

Diese stehen während der Umformung in direktem Kontakt mit dem Umformteil, sind „aktiv“ in das Umformgeschehen eingebunden und unterliegen Bruch und Verschleiß. In Abhängigkeit von der Abnutzung müssen sie regelmäßig ausgetauscht werden (zur Nacharbeit oder Neuanfertigung). Typische Aktivteile sind Matrizen, Stempel, Auswerfer, Dorne und Abstreiferelemente.

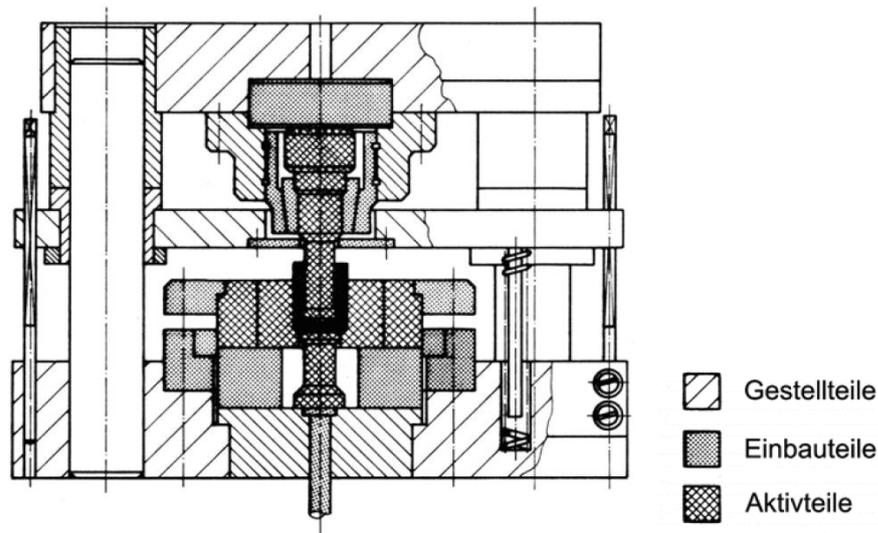


Abb. 16 Werkzeugteile eines Napf-Rückwärts-Fließpresswerkzeugs (mit Abstreiferbrücke) (Lange et al.S.312)

#### *Einbauteile:*

Diese leiten den Kraftfluss durch das Gesamtwerkzeug und sind „hinter“ den Aktivteilen lokalisiert. Sie fassen die Aktivteile ein, stützen sie direkt oder indirekt ab. Man unterscheidet (press-)teileabhängige und (press-) teileunabhängige Einbauteile. Die teileunabhängigen Einbauteile liegen weiter weg von den Aktivteilen; sie können auch für andere Werkzeuge verwendet werden. Die teileabhängigen Einbauteile besitzen Anschlussmaße zu den Aktivteilen und müssen dementsprechend gestaltet sein; sie können nur in Einzelfällen auch für andere Werkzeuge verwendet werden. Einbauteile unterliegen nur geringfügig Überlastungen und Verschleiß. Klassische Einbauteile sind Druckplatten, Druckstücke, Hülsen, Einfassungen.

#### *Gestellteile:*

Diese dienen zur Aufnahme der Aktiv- und Einbauteile. Die Gesamtheit der Gestellteile bildet das Werkzeuggestell. Im Werkzeuggestell sind die Einbau- und Aktivteile des Ober- und Unterwerkzeuges Hilfe von Säulen geführt und zueinander für den Einbau in die Presse zentriert. Das Werkzeuggestell ist universell konstruiert zur Herstellung unterschiedlicher Fließpressprodukte geeignet. Die Gestelle variieren in Größe und Ausführung entsprechend der Gewichts-, Funktions- oder Presskraftklasse des Fließpressteils.

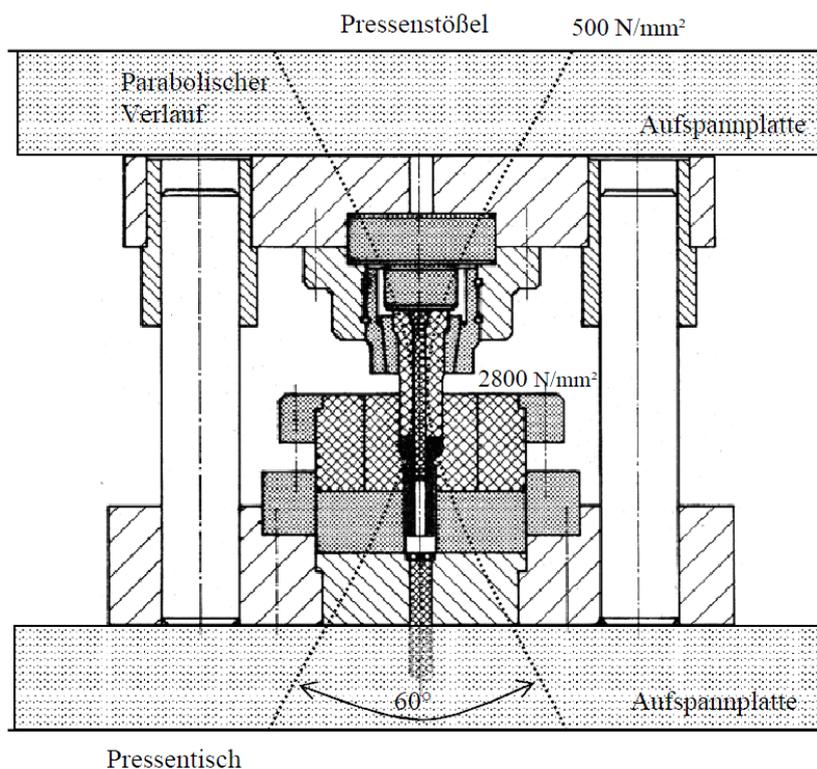


Abb. 17 Kraftverteilung in einem Fließpresswerkzeug mit Aufspannplatte zur Verminderung der Flächenpressung auf

Pressentisch und -stößel (Lange et al.S.315)

Die geometrische Auslegung der Aktiv- und Einbauteile im Werkzeuggestell sollte der parabolischen Kraftverteilung im Werkzeug folgen. Vereinfacht kann von einem Kraftverteilungskegel mit einem Öffnungswinkel von  $60^\circ$  ausgegangen werden (Abb. 17).

Die Aktivteile werden mit zunehmendem Abstand vom Werkstückkontakt breiter, ebenso die Druckstücke im Kraftfluss (Abb. 17). Einerseits kann damit der Kraftfluss umgelenkt werden um notwendige Hohlräume für Auswerferstifte oder Dorne. Andererseits wird die Kraft auf eine größere Fläche verteilt, wodurch sich die Flächenpressungen vermindern. Druckstücke und Scheiben im hinteren Bereich des Werkzeugs können mit geringeren Härten und kostengünstigeren Werkstoffgüten gefertigt werden. Sind hohe Presskräfte zu erwarten, ist an die Durchbiegung der Werkzeuggrundplatte oder sogar des Pressentisches bzw. -stößels zu denken. Gegebenenfalls muss eine ausreichend dicke Aufspannplatte gewählt werden, damit die Kräfte großflächig in den weicheren Pressentisch und Stößel eingeleitet werden. Eindrücke oder Abplatzungen an diesen Teilen der Pressen sind nur mit großem Aufwand zu reparieren und stören die Fertigungsgenauigkeit für andere Fertigungen. Meist sind im Pressentisch und -stößel relativ große Öffnungen für Auswerferstifte vorhanden, so

dass auch hier die Aufspannplatte eine „Brückenfunktion“ bei der Kraftverteilung übernimmt.

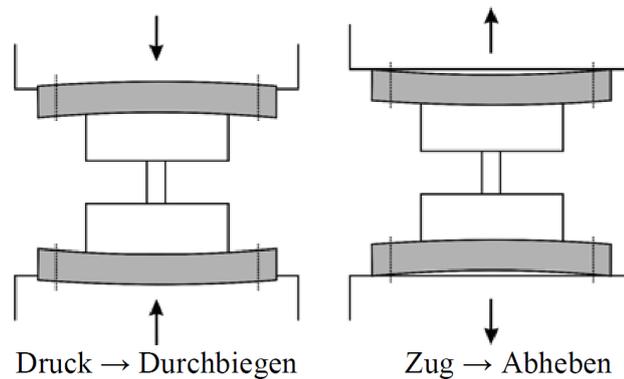


Abb. 18 Gefahr der Durchbiegung und des Abhebens von Gestellteilen bei hohen Press- und Rückzugskräften<sup>(Lange et al. S.314)</sup>

Die Verschraubung der Grundplatte mit dem Pressentisch bzw. -stößel muss so erfolgen, dass Rückzugskräfte, die beim Umformen auf die Aktivteile wirken (z.B. beim Napf-Rückwärts-Fließpressen), nicht zum Abheben des Werkzeuggestells führen (siehe **Abb. 18**).

In den Kraftfluss kann eine Kraftmessdose eingebaut werden, um die tatsächlich auftretenden vertikalen Kräfte (Zug- und/oder Druckkräfte) messtechnisch zu erfassen.

### 3.1.2 Stempel für das Napf-Fließpressen<sup>(Lange et al. S.333)</sup>

Beim Napf-Fließpressen wird der Stempel auf Biegung (Knicken) und durch hohe Druckspannungen belastet. Die Bruchgefahr und der Verschleiß sind im allgemeinen hoch und verstärken sich mit steigenden Prozesstemperaturen und -geschwindigkeiten. Das betrifft vor allem die Stempelnase. Die Druckspannungen erreichen dort im allgemeinen 2.200 N/mm<sup>2</sup> und darüber. Beim Stempelrückzug wirken Zugspannungen am Stempel. Bei Napf-Fließpressstempeln unterscheidet man die

- kurze Bauart
- lange Bauart.

#### *Kurze Bauart*

Diese Bauart wird im allgemeinen für Napfvorgänge ohne Abstreifer vorgesehen. Das Pressenteil bleibt in der Matrize haften und wird dort von einem Auswerfer ausgestoßen. Häufig findet sich diese Stempelbauart bei Teilen, die neben dem Napf-Rückwärts-Fließpressen noch ein Vorwärts-Fließpressen beinhalten. Wird in der Matrize eine leichte Hinterdrehung

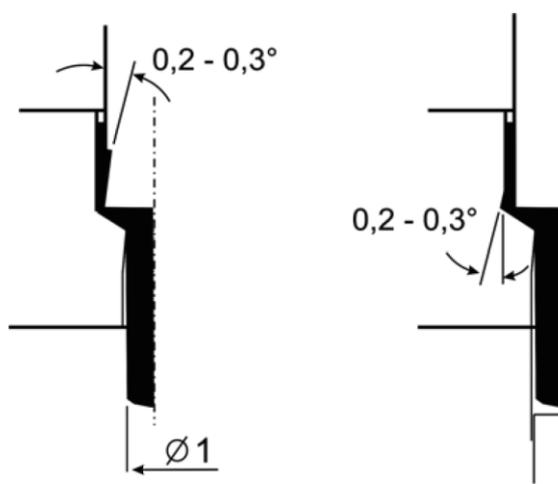
angebracht, um ein Haften des Pressteils in der Matrize zu erzwingen, so wird beim Auswerfen diese leichte Werkstoffanhäufung wieder eingeglättet; sie ist am Fertigteil nicht mehr zu erkennen (**Abb. 19** rechts).

### *Lange Bauart*

Diese Bauart findet sich häufig bei einstufigen und mehrstufigen Werkzeugen zur Herstellung langer hülsenförmiger Körper und allgemein bei solchen Napfvorgängen, die Abstreifer erfordern, weil das Teil sonst nach dem Pressen am Stempel haften bleibt.

Stempel zieht das Teil  
aus der Matrize

Matrize hält das Teil  
bei Stempelrückzug



Hinterdrehung am Stempel

Hinterdrehung an der Matrize

*Abb. 19 Maßnahmen zur Steuerung der Pressteilhaftung* <sup>(Lange et al. S.334)</sup>

Andererseits besteht die Möglichkeit, am Fließpressstempel eine leichte Hinterdrehung vorzusehen, um das Haften des Pressteils am Stempel zu erzwingen, damit dieses aus der Matrize herausgezogen wird. Das gilt z. B. bei Miniaturpressteilen mit sehr kleinen Zapfendurchmessern, bei denen die Gefahr besteht, dass sie bei konventionellem Ausstoßen über einen matrizenseitigen Auswerfer verformt werden; beim Abstreifen wird die kegelige Werkstoffanhäufung wieder eingeglättet und ist am Fertigpressteil ebenfalls nicht mehr zu erkennen (**Abb. 19** links).

Für Napf-Fließpressvorgänge mit langen Stempeln sollte am Pressteil eine Vorzentrierung vorhanden sein, damit der Stempel von Anfang an unter konstanter Axiallast steht und nicht

zum Verlaufen neigt. Daneben sind die zusammengestellten Maßnahmen geeignet, den Mit-  
tenversatz beim Napfen zu vermindern und eine hohe maßliche Genauigkeit am fertigen  
Napf-Fließpressteil zu erreichen.



Abb. 20 Stempel für das Napf-Fließpressen. Die Anschliffe seitlich an der Stempelstandfläche dienen der Auf-  
nahme von 3 Auswerferstiften (Lange et al. S.336)

Der in **Abb. 20** gezeigte Napf-Fließpressstempel weist an der Stempelstandfläche 3 um  $120^\circ$  versetzte Anschliffe zur Vorbeileitung von Auswerferstiften auf. Für die Montage von Stempeln, die keine derartigen Anschliffe aufweisen, sollte trotzdem ein Einschliff, bis ca. 1mm tief, vorgesehen werden, damit das Einsetzen der Stempel in die passgenauen Bohrungen nicht durch eingeschlossene Luftpolster erschwert wird und dieses entweichen kann. Der Fließbund am Napf-Fließpressstempel muss absolut zylindrisch sein. Neben den in **Abb. 21** gezeigten Abmessungen kann für die Breite des Ziehbandes unabhängig von seinem Durchmesser folgende Faustformel nach Schmid H (2003) gelten:

- Stahl:  $0,8_{-0,2} \text{ mm}$
- Aluminium:  $0,1 - 0,2 \text{ mm}$

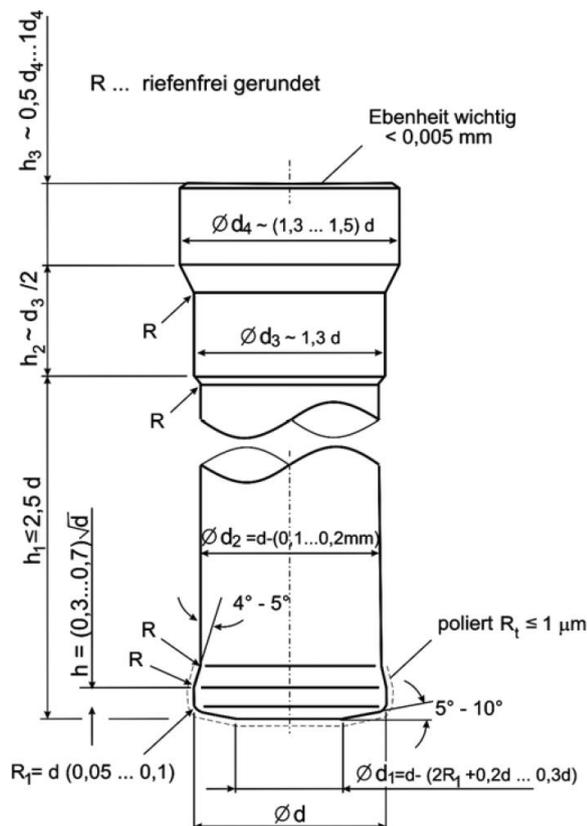


Abb. 21 Stempel für das Napf-Fließpressen (Lange et al. S.337)

Die Konstruktion für Stempel kann nach Empfehlungen ICFG (1992) in folgende Schritte unterteilt werden

- Ermittlung der Kraft zum Fließpressen und daraus der axialen Stempelkraft. Diese hängt hauptsächlich ab von
  - ✧ der Fließspannung des Werkstückwerkstoffes entsprechend der Temperatur und Umformgeschwindigkeit;
  - ✧ dem Fließpressverfahren;
  - ✧ der Geometrie des Stempels und der anderen formgebenden Aktivteile;
  - ✧ der Beschaffenheit und Geometrie des Rohteils (Abschnitt oder vorgeformtes Teil);
  - ✧ der Reibung und der Schmierung.
- Festlegung der Stempelform und der Proportionen der angrenzenden Werkzeugteile, insbesondere detaillierte Gestaltung des Stempelkopfes
- Auswahl eines geeigneten Stempelwerkstoffes unter Berücksichtigung der zu erwartenden Druckspannungen, der Anschaffungskosten und Möglichkeiten der Fertigung

- Detaillierte Stempelauslegung und Überprüfung der Festigkeitsberechnung
- Empfehlungen zur Konstruktion von Stempeln, insbesondere für solche, deren Stempelnase frei in den Werkstoff eintaucht und nicht in einer Matrize oder Buchse geführt wird, wie beispielsweise beim Napf-Rückwärts-Fließpressen:
- Die Stempellänge sollte so kurz wie möglich sein (wegen elastischer Einfederung und Biegebeanspruchung).
  - Große und abrupte Querschnittsänderungen sollten vermieden werden (wegen Gefahr von Spannungskonzentration und Rissinitiierung).
  - Bei Querschnittsänderungen sollten große Übergangsradien und flache Winkel gewählt werden. Die Oberflächen sollten anpoliert sein.
  - Die Stempelnase sollte sich an der in **Abb. 21** gezeigten, in der Praxis bewährten Geometrie orientieren.

### 3.1.3 Matrize

Matrizen neigen beim Umformen unter Last zum

- elastischen Federn („Atmen“)

in der Frequenz des Pressenhubes, sowie bei Überlastung zum

- Reißen.

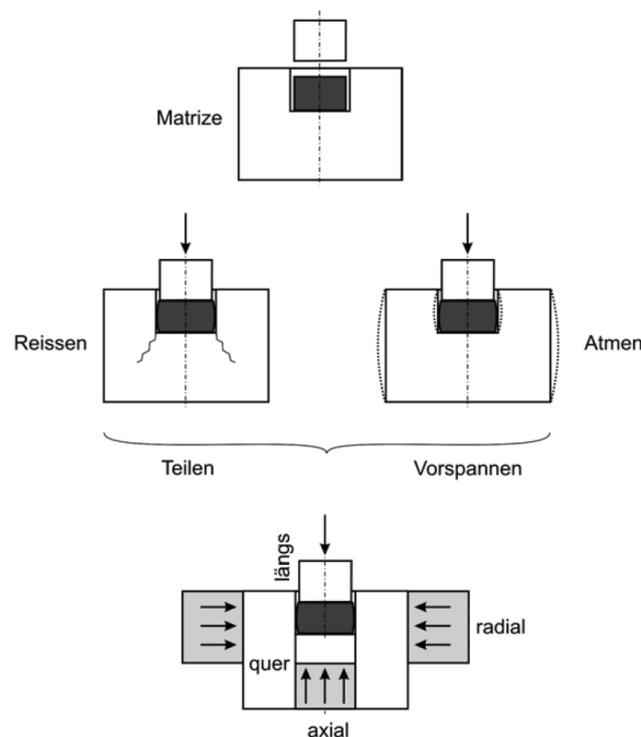


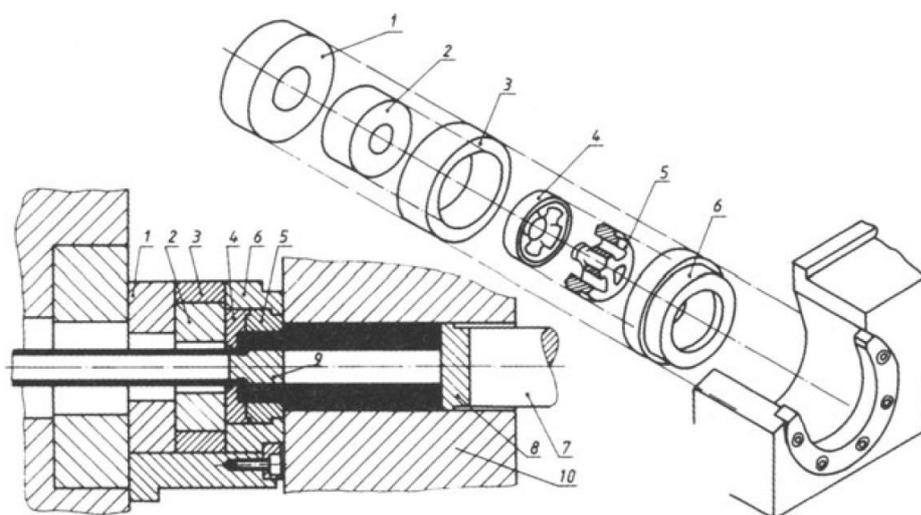
Abb. 22 Fließpressmatrizen werden geteilt (längs, quer) und vorgespannt (radial, axial) (Lange et al. S.338)

Deshalb werden Matrizen nicht aus einem Block gefertigt (*Abb. 22* oben), sondern in einzelne Komponenten geteilt (längs und/oder quer) und miteinander verspannt (radial und/oder axial), wie in *Abb. 22* dargestellt. Die radiale Vorspannung wird als Armierung bezeichnet.

(Lange et al. S.338)

### 3.2 Strangpressenwerkzeuge<sup>(Tschätsch 2005, S. 118-119)</sup>

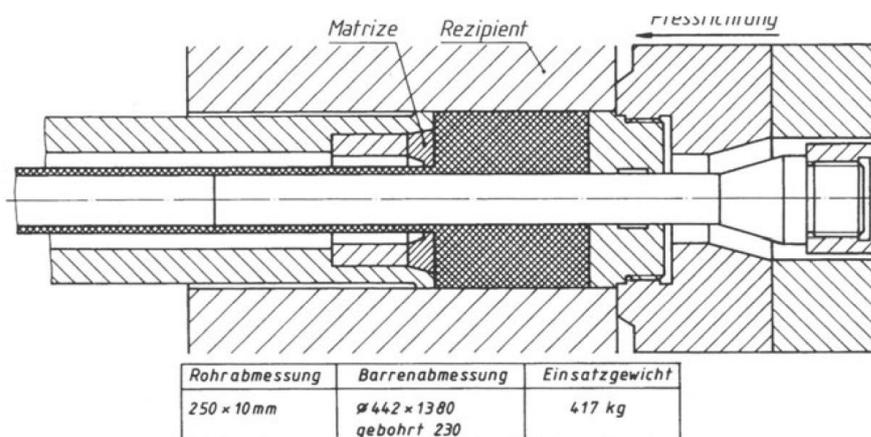
Strangpresswerkzeuge sind mechanisch und thermisch hoch beanspruchte Werkzeuge. *Abb. 23* zeigt ein in seine Einzelteile aufgelöstes Werkzeug für das direkte Rohrstrangpressen und *Bild Abb. 24* ein Werkzeug für das indirekte Strangpressen von Rohren über mitlaufenden Dorn.



*Abb. 23* Direktes Strangpressen von Rohren<sup>(Tschätsch 2005, S. 118)</sup>

1 Druckplatte, 2 Stützwerkzeug, 3 Halter für Stützwerkzeug, 4 Matrize, 5 Dornteil,

6 Werkzeughalter, 7 Pressstempel, 8 Pressscheibe, 9 Dorn, 10 Rezipient



*Abb. 24* Werkzeug zum indirekten Strangpressen von Rohren über mitlaufenden Dorn<sup>(Tschätsch 2005, S. 118)</sup>

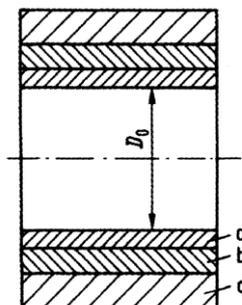


Abb. 25 Einzelteile des Rezipienten (Teil 10 in Abb. 23) (Tschätsch 2005, S. 119)

a) Mantel, b) Zwischenbüchse, c) Innenbüchse

Der Rezipient (Teil 10 in **Abb. 23**) ist armiert und besteht, wie **Abb. 25** zeigt, in der Regel aus 3 Teilen.

Neben der richtigen Dimensionierung der Werkzeugelemente ist beim Strangpressen auf eine optimale Schmierung zu achten. Als Schmiermittel werden überwiegend Glas, Graphit, Öl und MoS<sub>2</sub> eingesetzt.

Die nachfolgende Tabelle zeigt Werkzeugwerkstoffe für Strangpresswerkzeuge.

Werkzeugteile	Al-Legierungen		Cu-Legierungen		Stahl- und Stahllegierungen	
	Werkstoff	Einbauhärte (HRC)	Werkstoff	Einbauhärte (HRC)	Werkstoff	Einbauhärte (HRC)
Rezipient (Bild 12.10)						
Innenbüchse c	1.2343	40 – 45	1.2367	40 – 45	1.2344	40 – 45
Zwischenbüchse b	1.2323	32 – 40	1.2323	32 – 40	1.2323	32 – 40
Mantel a	1.2312	30 – 32	1.2323	30 – 32	1.2343	30 – 32
Stempelkopf 7	1.2344	45 – 52	1.2365	45 – 52	1.2365	45 – 52
Pressscheibe 8	1.2343	42 – 48	1.2344	42 – 48	1.2365	42 – 48
Matrize 4	1.2343	42 – 48	1.2367	42 – 48	1.2344	42 – 48
Matrizenhalter 3	1.2714	40 – 45	1.2714	40 – 45	1.2714	40 – 45

Tabelle. 4 Werkzeugwerkstoffe für Strangpresswerkzeuge (Tschätsch 2005, S. 119)

## 4 Lösungen mit Auslegungen der technischen Einrichtungen

### 4.1 Fließpressmaschinen

#### 4.1.1 Einleitung

Maschinen für das Fließpressen zur Kalt- und Halbwarmumformung werden entweder mechanisch über *Kurbel- bzw. Exzenterantrieb* oder mit *Kniehebelantrieb* oder *hydraulisch* betätigt, wobei sowohl horizontale als auch vertikale Bauarten mit Einzel- oder Mehrfachwerkzeugen zur Anwendung kommen (**Abb. 26**).

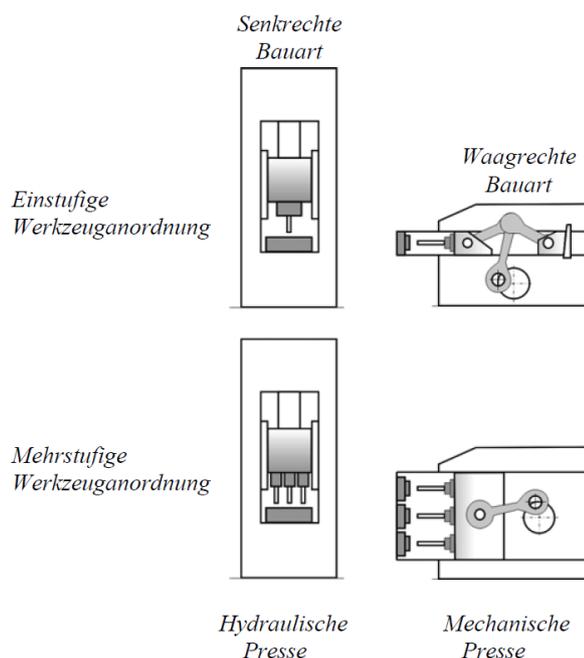


Abb. 26 Maschinen zum Fließpressen<sup>(Lange et al. S.437)</sup>

Die Entscheidung, ob mechanische oder hydraulische Pressen eingesetzt werden, richtet sich unter anderem nach

- der Teilegeometrie
- dem Umformgrad
- der Teilegenauigkeit
- der Anzahl der Fertigungsstufen
- der Gesamtstückzahl pro Werkstück
- den vorgesehenen Losgrößen
- der geforderten Ausbringung pro Zeiteinheit
- der Teilelage beim Transport und
- der Art des zugeführten Rohteils.

Hinsichtlich der Art der zugeführten Rohteile: Einzelstücke oder Drahtbunde oder Stäbe, wird nachfolgend gegliedert in

1. Einzelstücke verarbeitende Einstufen-Kaltfließpressen
2. Einzelstücke verarbeitende Mehrstufen-Kaltfließpressen
3. Vom Draht arbeitende Mehrstufen-Kaltfließpressen
4. Vom Stab arbeitende Mehrstufen-Halbwarmfließpressen und
5. Einzelstücke verarbeitende hydraulische Pressen. (Lange et al. S.449-450)

#### 4.1.2 Beispiele der Fließpressmaschinen

*Einzelstücke verarbeitende Einstufen-Kaltfließpressen* (Lange et al. 2008 S.439-441)

Können Werkstücke mit einem 1-stufigen Werkzeug hergestellt werden oder müssen Werkstücke in einer getrennten Presse vorgeformt werden, so kommen meist liegende Pressen mit Kniehebelantrieb zum Einsatz (**Abb. 27**). Zugeführt werden Platinen oder Abschnitte.



*Abb. 27 Einstufen-Kaltfließpresse mit Förderband* (Lange et al. 2008 S.439)

Haupteinsatzgebiete solcher Anlagen mit im allgemeinen 750 kN bis 12.000 kN Nennpresskraft liegen vor allem in der Verarbeitung von Nichteisenmetallen. Das Teilespektrum umfasst u.a. Batteriebecher aus Zink, Kondensatorenbecher, Tuben, Hülsen, Dosenkörper, Feuerlöschergehäuse, Filtergehäuse für Öl und Benzin aus Aluminium bzw. Aluminiumlegierungen sowie Teile aus Kupfer und Messing.

Die Mengenleistung solcher Maschinen kann abhängig von der Teilegeometrie, dem Werkstoff und den Umformbedingungen 300 Teile pro Minute erreichen (*Table. 5*). Bei der Umformung von Stahl sind Hubzahlen zwischen 40 und 120 min<sup>-1</sup> möglich.

Das Kniehebeltriebwerk (*Abb. 28*) bewirkt eine starke Verlangsamung der Stößelgeschwindigkeit. Damit ist ein weiches Auftreffen des Stempels im Werkzeug sichergestellt. Dies verhindert Vibrationen und ermöglicht engste Abpressungstoleranzen, gute Teilequalität sowie hohe Werkzeugstandzeiten.

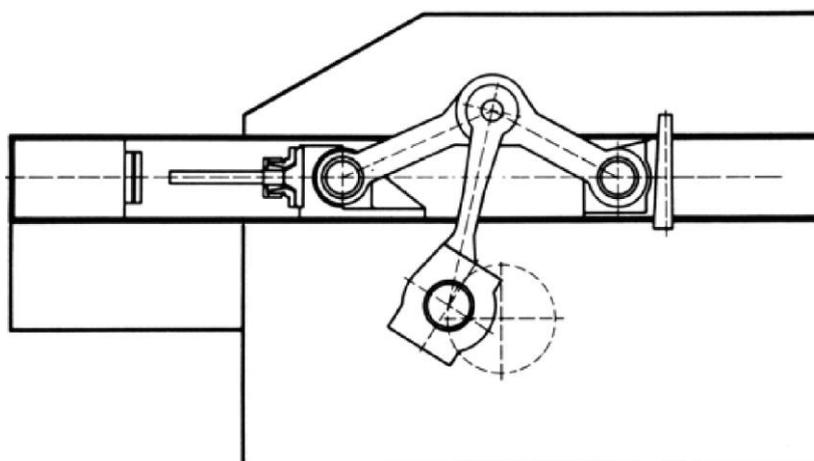


Abb. 28 Einstufen-Kaltfließpresse mit normalem Kniehebelantrieb. Bild: Schuler AG<sup>(Lange et al. 2008 S.440)</sup>

In Verbindung mit hohen Presskräften sind entsprechende Nennarbeitswege notwendig. Für viele Fließpressteile aus leicht umformbarem Aluminium sind die Nennkraftwege des normalen Kniehebelantriebes gut ausreichend. Sie weisen für die in *Table. 5* genannten horizontalen Einstufen-Kaltfließpressenmodelle Nennkraftwege zwischen 4 mm und 20 mm auf.

Modell	Nennpresskraft [kN]	Max. Hubzahl [min-1]
X75	720	300
X150K (Kurzhub)	1500	300
X150L (Langhub)	1500	150
X250	2500	100
X400	4000	80
X630	6300	60
X800	8000	50
X1200	12000	40

Table. 5 Kenndaten zu Einstufen-Fließpressen von Schuler<sup>(Lange et al. 2008 S.440)</sup>

Für das Fließpressen von Werkstücken aus schwerer umformbaren Nichteisenmetallen oder aus Stahlwerkstoffen sowie für lange Bauteile, welche größere Nennkraftweg erfordern, werden diese Pressen mit einem modifizierten Kniehebelantrieb eingesetzt (**Abb. 29**), welche Nennkraftwege von etwa 20 mm (bei 2.500 kN Presskraft) bis 40 mm (bei 12.000 kN) ermöglichen und einen großen Bereich konstanter verminderter Umformgeschwindigkeit aufweisen (**Abb. 30**).

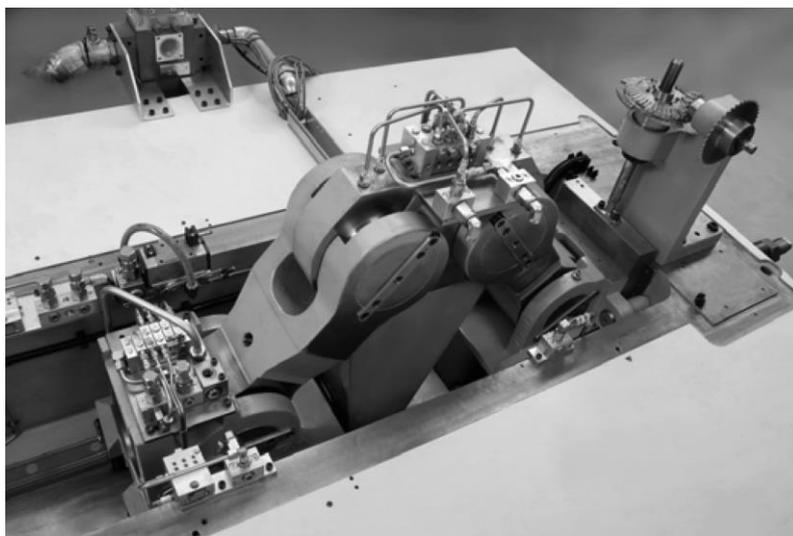


Abb. 29 Einstufen-Kaltfließpresse mit modifiziertem Kniehebelantrieb. Bild: Schuler AG<sup>(Lange et al. 2008 S.441)</sup>

Für das Zuführen der Rohteile zur Matrize können bei diesen Fließpressen aufgrund der Horizontalbauweise wegen der Schwerkraftwirkung einfache Fallrinnen sowie zwangsläufig über mechanische Kurvantriebe bewegte Zuführ-, Transport- und Ablegevorrichtungen eingesetzt werden.

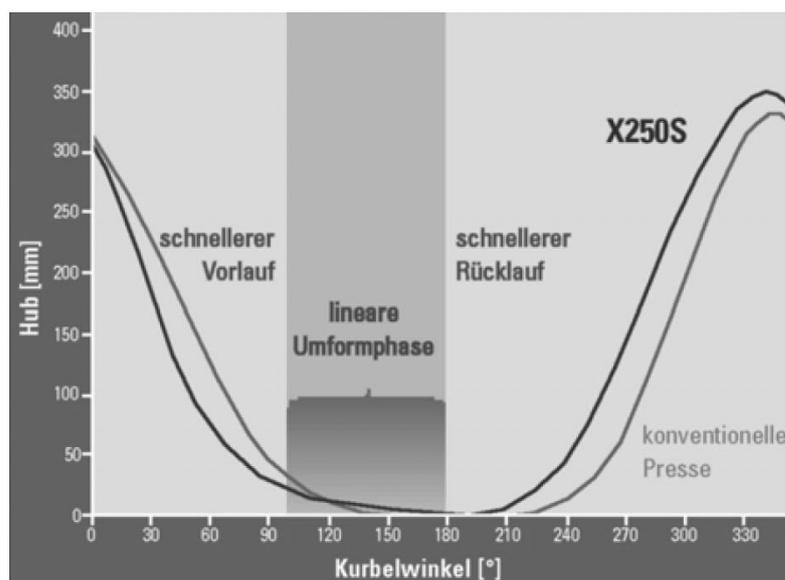


Abb. 30 Größerer Bereich konstanter Umformgeschwindigkeit des modifizierten gegenüber dem normalen Kniehebelantrieb einer „X250S“. Bild: Schuler AG<sup>(Lange et al. 2008 S.441)</sup>

*Hydraulische Pressen*<sup>(Lange et al. 2008 S.462-464)</sup>

Ölhydraulische Pressen haben den Vorteil, dass sie eine über den gesamten Hub gleichförmige Nennpresskraft und Stößelgeschwindigkeit aufweisen. Sie sind unempfindlich gegen Überlastungen. Nachteilig wirkt sich aus, dass sie keinen genauen unteren Totpunkt haben, wodurch z.B. die Bodendicke eines durch Napf-Rückwärts-Fließpressen hergestellten Teils nicht in engen Toleranzen gehalten werden kann.

Hydraulische Pressen werden insbesondere für Anwendungen eingesetzt, die große Pressenhöhe und Nennkraftwege erfordern, z.B. für die Getriebewellenfertigung. Hier werden Maschinen mit 3 bis 5 Stufen und 800 bis 1000 mm Hub eingesetzt; in Sonderausführung sind Hublängen bis 4000 mm möglich. Während die Presskräfte mechanischer Pressen für das Fließpressen in Standardbauweise zwischen 750 und 16.000 kN liegen, haben die hydraulischen Fließpressen normaler Auslegung ihre Obergrenze bei ca. 25.000 kN.



Abb. 31 Ölhydraulische Presse. Bild: Schuler AG<sup>(Lange et al. 2008 S.463)</sup>

Typische Pressgeschwindigkeiten liegen bei 30 bis 120 mm/s. Diese relativ niedrigen Werte

liegen daran, dass hydraulische Pressen in einem Arbeitszyklus eine Vielzahl von Schaltungen durchführen und jede Schaltung etwa 0,1 s Zeit erfordert. Trotz der Servo- und Proportionalventiltechnik liegt die Leistungsfähigkeit von Hydraulikpressen bei maximal 8 bis 12 Teilen/min und damit gegenüber mechanischen Pressen um den Faktor 2 -3 niedriger.

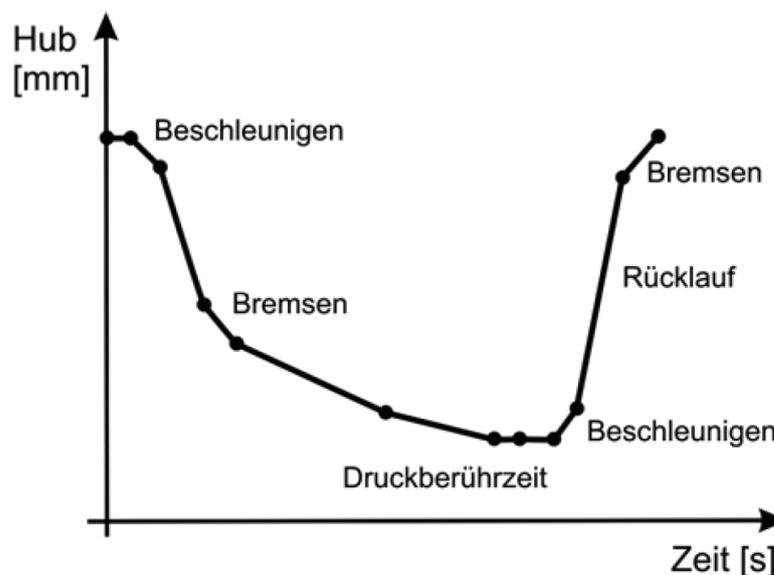


Abb. 32 Kraft-Weg-Verlauf einer programmierten Hydraulikpresse<sup>(Lange et al. 2008 S.464)</sup>

## 4.2 Strangpressmaschinen

### 4.2.1 Pressbauarten<sup>(Lange 1988, S.438- 439)</sup>

Nach der Arbeitsrichtung (horizontal oder vertikal) unterscheidet man bei den Pressenbauarten zwei Hauptformen: die liegende und die stehende Bauweise. Die Mehrzahl der Maschinen (über 16 MN Nennpresskraft nahezu ausschließlich) wird liegend gebaut. Die liegende Bauweise ermöglicht eine einfachere Anordnung der Presse in einer Fertigungsstraße und der erforderlichen Hilfs- und Zusatzeinrichtungen an der Maschine; sie schafft damit günstigere Voraussetzungen für eine Automatisierung des Fertigungsablaufs.

Ein Beispiel für eine liegende Strangpresse in Viersäulenbauweise zeigt **Abb. 33**. Der Zylinderholm, der den Druckzylinder trägt, ist mit dem Rahmen fest verankert, dagegen ist der Gegenholm als Trägerelement des Werkzeugsatzes gleitbar auf dem Rahmen gelagert und mit dem Zylinderholm durch vier Zugsäulen kraftschlüssig verbunden. Der Aufnehmerhalter und der Laufholm, der den Pressstempel aufnimmt, laufen auf nachstellbaren Führungen.

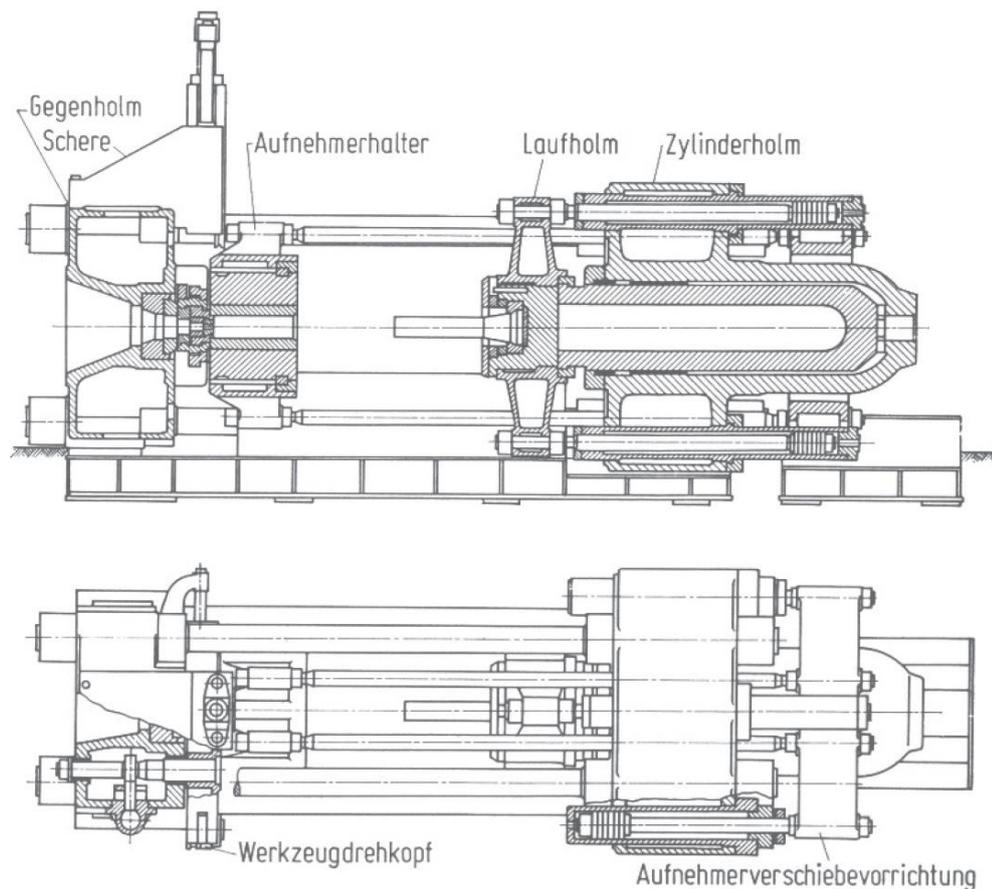


Abb. 33 Liegende Strangpresse, Viersäulenbauweise (Lange 1988, S. 439)

Die Säulenzahl als Konstruktionsmerkmal hat nichts mit der Wirkungsweise der Presse zu tun, sondern die Säulen dienen zur Aufnahme der während des Pressens auftretenden Kräfte bzw. Spannungen. Die Viersäulenbauweise wird heute vorwiegend gewählt, weil sie eine bessere Zugänglichkeit (von oben und unten) und eine günstigere Anordnung der Schere oder Sage erlaubt, die zum Abtrennen des Pressrests dient. Demgegenüber hat die Dreisäulenbauweise den Vorteil einer gleichmäßigeren Kraftverteilung. Der Zweisäulenkonstruktion, die bisweilen bei kleinen liegenden Pressen vorkommt, wird meist die billigere Rahmenbauweise vorgezogen; beide Bauarten zeichnen sich durch gute Zugänglichkeit und demzufolge kurze Umrüstzeit aus.

Stehende Pressen, die normalerweise über 6 bis 8 MN Nennpresskraft verfügen, werden in der Regel in Rahmenbauweise gefertigt. Dem Vorteil des geringeren Platzbedarfs steht als Nachteil gegenüber, dass entweder die gekrümmte Auslaufbahn in eine Grube unter der Presse gelegt oder die Presse auf einer Arbeitsbühne hoch über dem Hallenflur angeordnet

werden muss. Da die vertikale Arbeitsrichtung eine genaue Führung des beweglichen Querhaupts und dadurch sehr enge Wanddickentoleranzen gestattet, werden stehende Strangpressen vorwiegend zum Pressen von Rohren und dünnwandigen Hohlprofilen eingesetzt. Zu diesem Zwecke sind sie meist als kombinierte Strang- und Rohrpressen ausgelegt.

Maschinen zum Hohl-Vorwärts-Strangpressen in stehender wie in liegender Bauweise werden mit unabhängig vom Hauptpresszylinder arbeitenden Lochvorrichtungen ausgestattet, wenn die Rohre oder Hohlprofile aus Vollblöcken hergestellt werden sollen. Werden jedoch vorgelochte Blöcke verarbeitet, so reichen sog. Dornverschiebevorrichtungen aus, da das Verschieben des Dorns in diesen Fällen verhältnismäßig geringe Kräfte erfordert. Die Loch- bzw. Dornverschiebevorrichtungen werden entweder innerhalb (zentral im Laufholm) oder außerhalb der Presse (hinters dem Hauptpresszylinder oder seitlich vom Laufholm, Kraftübertragung durch den Hauptzylinder hindurch oder seitlich über Traversen) angeordnet (siehe **Abb. 34**).

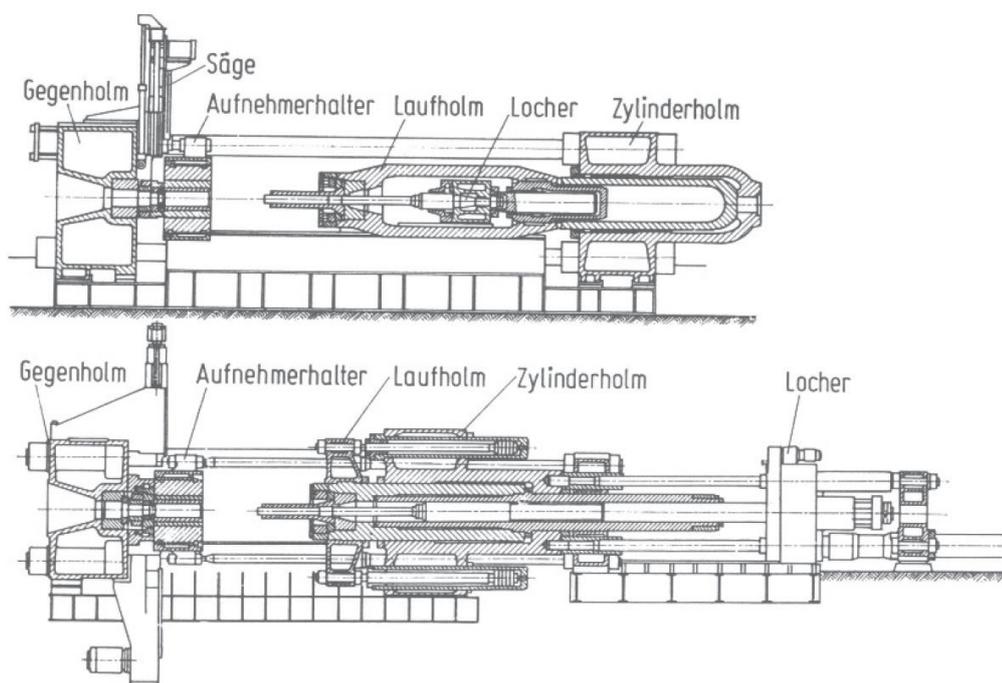


Abb. 34 Liegende Strang- und Rohrpressen mit innen- und außenliegender Lochvorrichtung<sup>(Lange 1988, S. 440)</sup>

Zum Rückwärts-Strangpressen werden in zunehmendem Maße eigens hierfür konstruierte Maschinen eingesetzt. **Abb. 35** zeigt den schematischen Aufbau einer Rückwärts-Strang- und Rohrpresse mit innen liegendem Locher beim Pressen eines Rohrs über feststehenden Dorn.

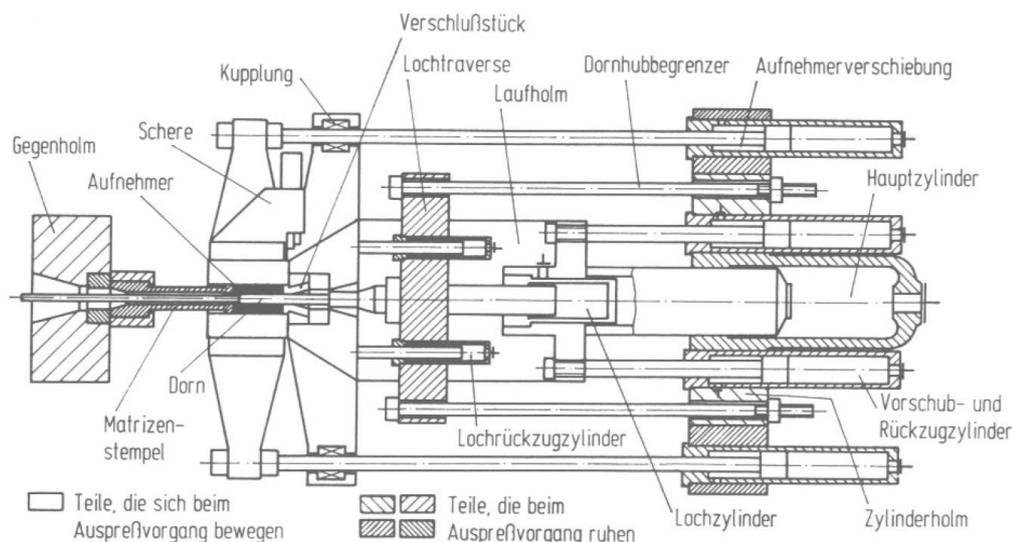


Abb. 35 "Indirekt" Strang- und Rohrpressen mit innenliegendem Locher. Pressen über feststehendem Dorn<sup>(Lange, S. 440)</sup>

#### 4.2.2 Hilfs- und Zusatzeinrichtungen

Im Zuge der fortschreitenden Rationalisierung bzw. Automatisierung des Fertigungsablaufs kommt den Hilfseinrichtungen vor und an der Presse, sowie den Auslauf-, Kühl- und Transporteinrichtungen hinter der Presse wachsende Bedeutung zu.

Als wichtige Hilfseinrichtung und zugleich wesentliches Konstruktionsmerkmal einer Strangpresse ist das Werkzeug-(Matrizen-)Wechselsystem anzusehen. Solche Systeme sind auf die Einhaltung kurzer Warte- und Wechselzeiten ausgerichtet.

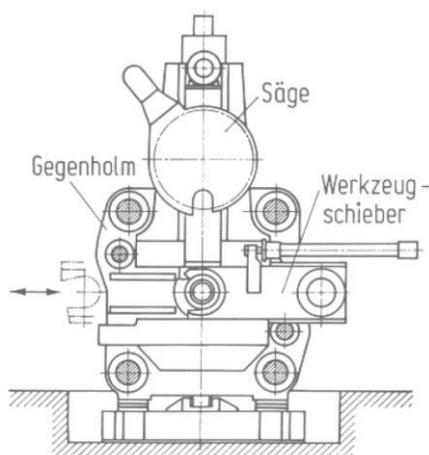


Abb. 36 Werkzeugschieber<sup>(Lange, S. 442)</sup>

Dieses Ziel ist um so mehr von Bedeutung, je häufiger die Matrizen zur Kühlung, Kontrolle und Nacharbeit ausgewechselt werden müssen, was in vielen Fällen, vor allem beim Strangpressen mit hohen Temperaturen und langen Presszeiten, u. U. nach jedem Pressvorgang

notwendig sein kann. Man verwendet hierzu **Werkzeugschieber (Abb. 36)** auch in Verbindung mit schwenkbarem Pressrestausbringer und Blocklader (**Abb. 37**) oder einen Werkzeugdrehkopf (**Abb. 38**). Die Arbeitsebene liegt bei diesen Systemen senkrecht zur Pressrichtung.

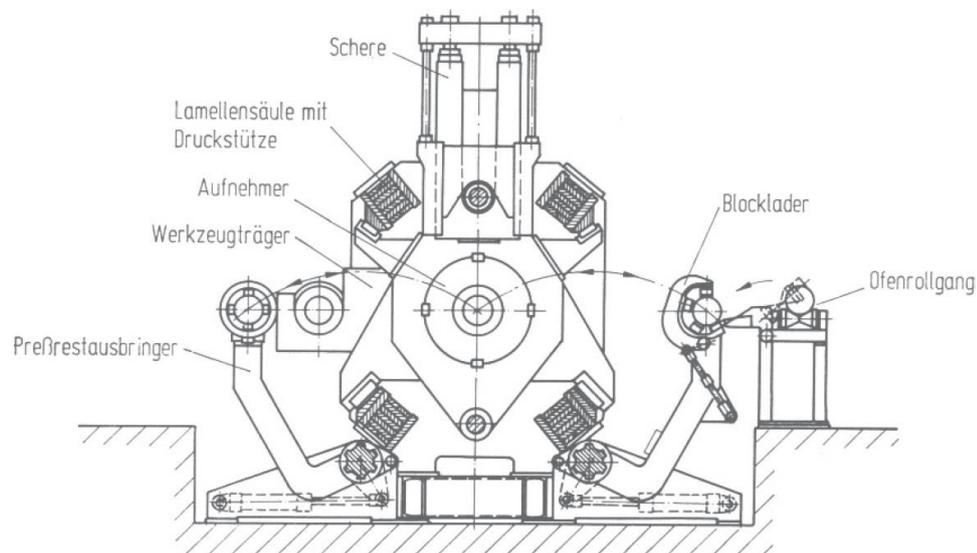


Abb. 37 Schwenkbare Blocklader und Pressrestausbringer<sup>(Lange, S. 442)</sup>

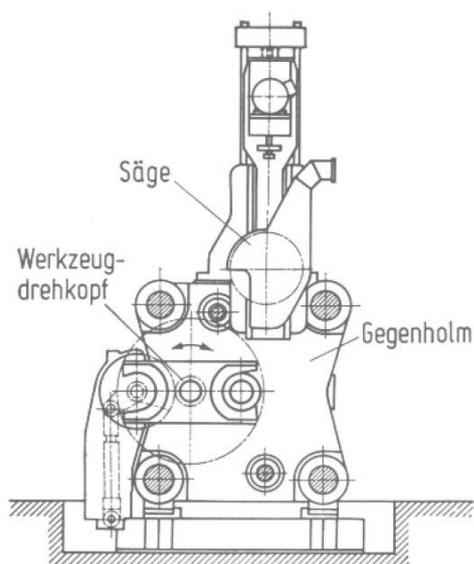


Abb. 38 Werkzeugdrehkopf<sup>(Lange, S. 442)</sup>

## **5 Auslegung und Bewertung der allgemeinen Lösungen für den Automatisierungsprozess derartiger Fertigungsvorgänge**

Ein typisches Fertigungssystem besteht aus Rohteil- und Fertigteilelager, Transportsystem, Bearbeitungsmaschine und Werkzeuglager.

### **5.1 Auswahl der Bearbeitungsmaschine**

normalerweise muss man sich solche wichtige Auswahlkriterien zur Auswahl einer besten Werkzeugmaschine überlegen: Arbeitsgenauigkeit, Leistungsvermögen, Ausfallsicherheit, Geräuscharmheit, Sicherheit, Umweltverträglichkeit, Flexibilität, Wirtschaftlichkeit und Gestaltung.

Für ein modern automatisiertes Drück-Zentrum ist natürlich die Flexibilität der Werkzeugmaschine neben der Wirtschaftlichkeit das wichtigste. Die Fehlerquellen von Mensch bei Fertigungsprozessen mit Automatisierung der Maschine werden ausgeschaltet. Auch mit Automatisierung sparen die Kosten für Betrieb. Andererseits sind rotationssymmetrische Stangenabschnitten gleichförmig und handhabend geordnet. Also können die Stücke wirtschaftlich sinnvoll automatisiert fertigt werden.

Das Strang- und das Fließpressen sind grundsätzlich sehr ähnlich. Während das Strangpressen in einem Verfahrensschritt abläuft, erfolgt die Formgebung beim Fließpressen aber meistens diskontinuierlich. Zur Herstellung von rohrförmigen Teilen mit konstanter Wandstärke aus rotationssymmetrischen Stangenabschnitten kann man beide Verfahren einsetzen. Beim Strangpressen ist Schere der Maschine integriert. Beim Fließpressen kann man zusätzliche Scheremaschine für diese Herstellung komplettieren. Also ist Strangpressen mehr geeignet für eine bessere Flexibilität. Mit Hilfs- und Zusatzeinrichtungen verfügt Strangpressen auch ganz gute Flexibilität.

## 5.2 Auswahl und Auslegung der Transportsysteme

### 5.2.1 Handhabungstransportsystem

#### 5.2.1.1 Einteilung von Handhabungseinrichtungen

Manipulatoren ermöglichen das Bewegen schwerer Bauteile und gefährlicher Lasten über eine Handsteuerung. Ferngesteuert sind sie in Räumen einsetzbar, die wegen Hitze, Kälte, Druck oder radioaktiver Strahlung nicht betreten werden dürfen.

Einlegegeräte sind mit Greifern ausgerüstete Bewegungsautomaten. Sie werden in der Großserienfertigung eingesetzt, wenn eine Punkt-zu-Punkt-Bewegung auszuführen ist, z.B. Werkstück- oder Werkzeugzuführung aus einem Magazin in die Maschine. Die einfachen Bewegungsabläufe, also die Hub- und Schwenkbewegungen, können über Anschläge oder Endschalter eingestellt werden.

Industrieroboter haben nahezu unbegrenzte Bewegungsmöglichkeiten innerhalb ihres Arbeitsraumes. Sie können daher am vielseitigsten für Montage- oder Fertigungsaufgaben eingesetzt werden. Dementsprechend werden sie mit Greifern oder Werkzeugen ausgerüstet. Die Bewegungen sind frei programmierbar oder über Sensoren gesteuert. (Fachkunde Metall S.340)

Der Industrieroboter hat bessere Flexibilität als Manipulator und Einlegegeräte. Also ist er die beste Lösung als Handhabungssystem.

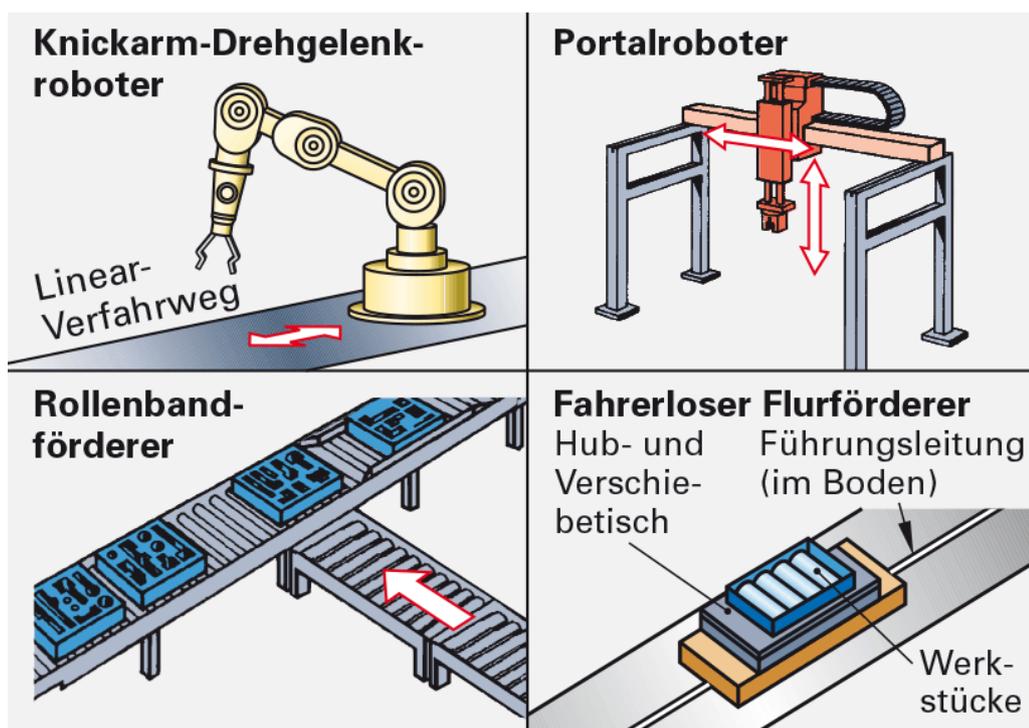


Abb. 39 Transportsysteme(Auswahl)(Bartenschlager, S.605)

### 5.2.1.2 Einteilung von Industrieroboter

*Lineararm-Roboter* können wegen der hohen Positioniergenauigkeit als Messroboter eingesetzt werden.

*Portalroboter* sind brückenartig über dem Arbeitsraum angeordnet. Sie eignen sich besonders für große Fahrwege und die schnelle Bewegung großer Traglasten.

*Horizontal-Schwenkarm-Roboter* werden überwiegend als Montage-Roboter eingesetzt. Sie besitzen eine hohe Steifigkeit in der senkrechten Achse und können schnelle horizontale Bewegungen ausführen.

*Vertikal-Knickarm-Roboter* werden aufgrund ihrer Bauart als Gelenkroboter bezeichnet. Ihre Vorteile sind ein relativ großer Arbeitsraum im Verhältnis zur Baugröße, schnelle Bewegungen und die beliebige Ausrichtung von Greifen oder Werkzeugen im Raum. Ohne diese Beweglichkeit wären viele Schweiß- und Lackierarbeiten nicht durchführbar. Der universelle Einsatz dieser Roboter für die Handhabung und Bearbeitung hat zur Bezeichnung Universalroboter geführt. (Fachkunde Metall S.341)

Für die Handhabung der Rohteile oder Fertigteile für automatisiertes Drück-Zentrum ist Universalroboter die beste Lösung. Dieser Roboter hat höchsten Automatisierungsgrad, also ist gut geeignet für die Abnahme der Rohteile oder Fertigteile von Lager. Für die Handhabung der Fertigteile oder Fertigteile ist Portalroboter auch geeignet für die hoch effiziente und stabile Arbeit.

### 5.2.2 Ebene-Transportsystem

Für das Ebene- Transportsystem sind normalerweise Rollenbandförderer zur Verfügung.

### 5.2.3 Auslegung der Transportsysteme

Der Fertigungs-Leitrechner übernimmt die zentrale Steuerung und Überwachung der Werkzeugmaschinen sowie der Handhabungs- und Transportsysteme innerhalb der Anlage.

Auf der Steuerungs- und Maschinenebene werden bei den einzelnen Werkzeugmaschinen mit NC-Programmen die NC-Achsen und über die speicherprogrammierten Steuerungen (SPS) die Schaltvorgänge gesteuert. Das gilt auch für die Transportsysteme und die Handhabungsroboter.

Überwachungsprogramme überwachen Werkzeug und Maschinen sowie die Maßhaltigkeit der gefertigten Werkstücke.

Die NC-Daten, die Betriebsdaten und die Überwachungsdaten werden zwischen den lokalen Rechnern und Steuerungen der Maschinen und dem Fertigungs-Leitrechner ausgetauscht.

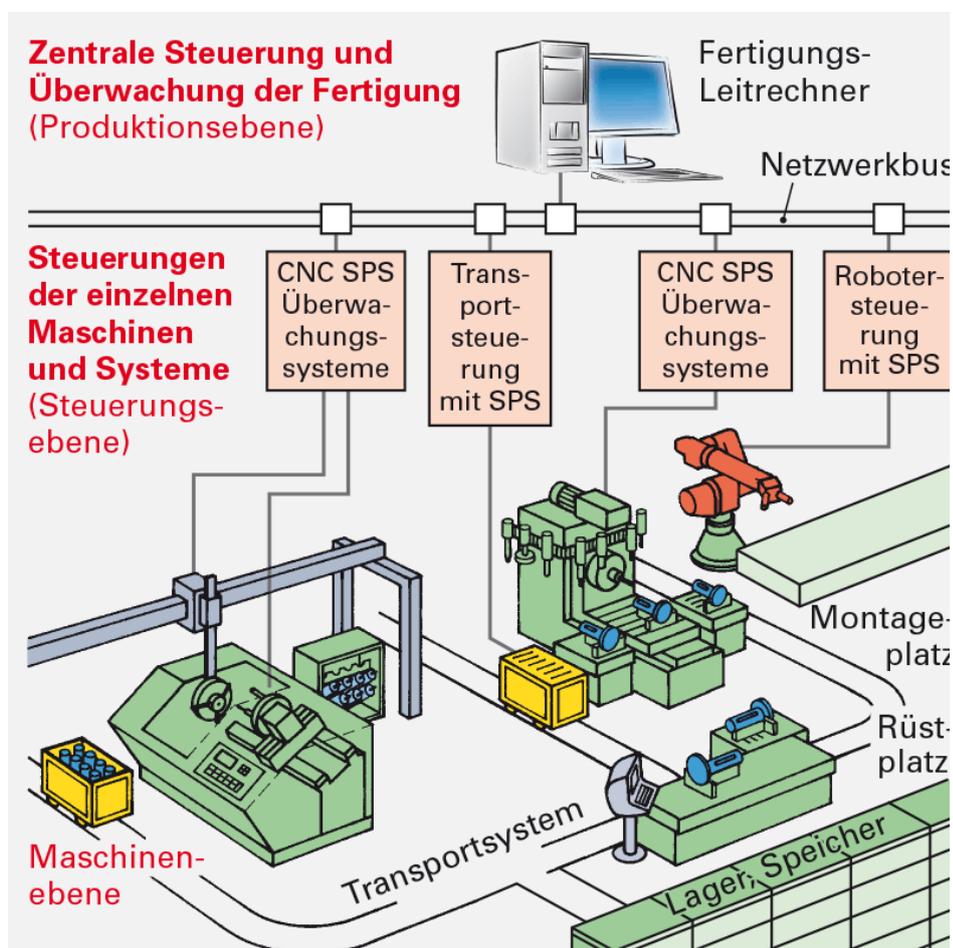


Abb. 40 Steuerung einer flexiblen Fertigungsanlage<sup>(Bartenschlager, S.605)</sup>

## 6 Prozesse mit Begründung

Die Fertigung eines Massivumformteils vom Halbzeug zum fertigen Umformteil ist bei den unterschiedlichen Umformverfahren prinzipiell gleich und erfordert die Prozesse Vorfertigung, Erwärmen, Umformen und Endfertigung. Die Abfolge dieser Prozesse stellt die Prozesskette dar.



Abb. 41 Prinzipielle Prozesskette der Massivumformverfahren (Herbertz et al. 2013 S.69)

Die einzelnen Prozesse bestehen aus einem oder mehreren Prozessschritten. Die einzelnen Prozessschritte können zeitlich und räumlich miteinander verkettet innerhalb einer Produktionslinie oder auch zeitlich und räumlich getrennt erfolgen. Eine Trennung der Prozessschritte erfolgt sinnvoller Weise dann, wenn die Produktionsleistungen der einzelnen Prozessschritte sehr unterschiedlich sind.

Die Prozesskette beginnt mit der *Vorfertigung*. Hier erfolgt das maßgenaue Trennen des Ausgangsmaterials in einzelne Abschnitte, die bei sehr hohen Anforderungen an die Gewichtsgenauigkeit gewogen und mittels Sortieranlagen definierten Gewichtsklassen zugeordnet werden.

Das *Erwärmen* des Vorprodukts kann mittels indirekter oder direkter Erwärmungsverfahren erfolgen.

Das *Umformen* ist das wesentliche Glied der Prozesskette. Der Umformprozess kann aus unterschiedlichen Formgebungsverfahren oder deren Kombination bestehen.

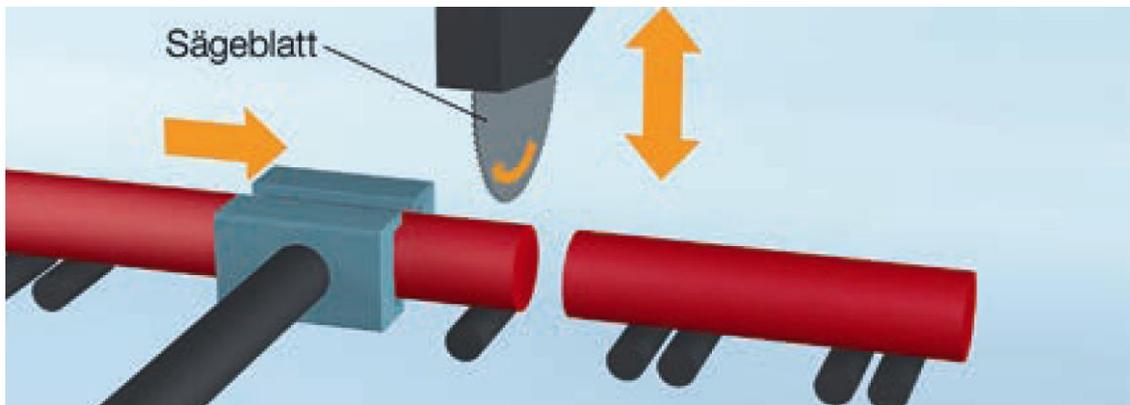
Bei der *Endfertigung* erhält das Bauteil durch eine Wärmebehandlung die geforderten mechanischen Eigenschaften (Festigkeit, Zähigkeit). Anschließend erfolgt durch eine Oberflächenbehandlung die Reinigung des Bauteils. Die Qualitätsprüfung der Bauteile erfolgt meistens nach der Reinigung, wird aber vereinzelt auch zwischen den Prozessen durchgeführt. Die letzten Prozessschritte zum einbaufertigen Bauteil sind die – meist partielle – spanende Weiterverarbeitung.

In Abhängigkeit des Umformverfahrens ändern sich die Art und die Anzahl der Prozesse

und Prozessschritte. So entfällt zum Beispiel bei der Kaltumformung der Prozess „Erwärmen“. (Herbertz et al. 2013 S.69)

### *Prozesskette Strangpressen*

Zunächst müssen wir die Stangenabschnitten aus Vollmaterial herstellen.



*Abb. 42 Erster Schritt der Vorfertigung: Sägen* (Herbertz et al. 2013 S.74)

Beim direkten Strangpressen werden die Bolzen auf 1 m lange Stücke zugeschnitten.

Beim indirekten Strangpressen werden die Bolzen abgeschält um Verunreinigungen zu vermeiden.

Danach wird das Aluminium auf 460°C-520°C, je nach Legierungsart erhitzt.



*Abb. 43 erhitzter Aluminiumbolzen* (Aluminium Profiltechnik GmbH)

Dann werden die Bolzen mit 20MN in der direkten bzw. 37,5MN Druck in der indirekten Presse durch die Matrize gepresst.

Da sich die Profile beim Abkühlen verformen, müssen sie anschließend noch gereckt, d.h. gestreckt werden.

Je nach Art der Legierung werden die Profile in einem Ofen bei 160°C-200°C 4 bis 6 Stunden lang nachgehärtet, bevor sie ausgeliefert werden können. (Aluminium Profiltechnik GmbH)

### Fertigungssystem

Die Werkzeugversorgung wird aus einem Werkzeuglager sichergestellt.

Der Materialtransport wird von mehreren, ineinander greifenden Transportsystem realisiert. Gabelstapler führen die Rohteile-Palettenstapel aus dem Rohteilelager heran und setzen sie auf ein flurgebundenes Paletten-Transportsystem. Portalroboter entnehmen die Rohteile aus den Paletten, führen sie in die Strangpressmaschinen ein, entnehmen die Werkstücke nach der Bearbeitung, legen sie in Paletten ab und halten sie für den nächsten Bearbeitungsschritt bereit.

Die Fertigteile werden nach Kundenwunsch in Paletten gestapelt und im Fertigteilelager zur Auslieferung.

Die Versorgung mit Hilfsstoffen, wie z.B. mit Kühlschmierstoffen und Schmierstoffen, erfolgt wie die Entsorgung der Pressrest (Späne) bedarfsgesteuert mit Flurfahrzeugen. (Bartenschlager, S.606)

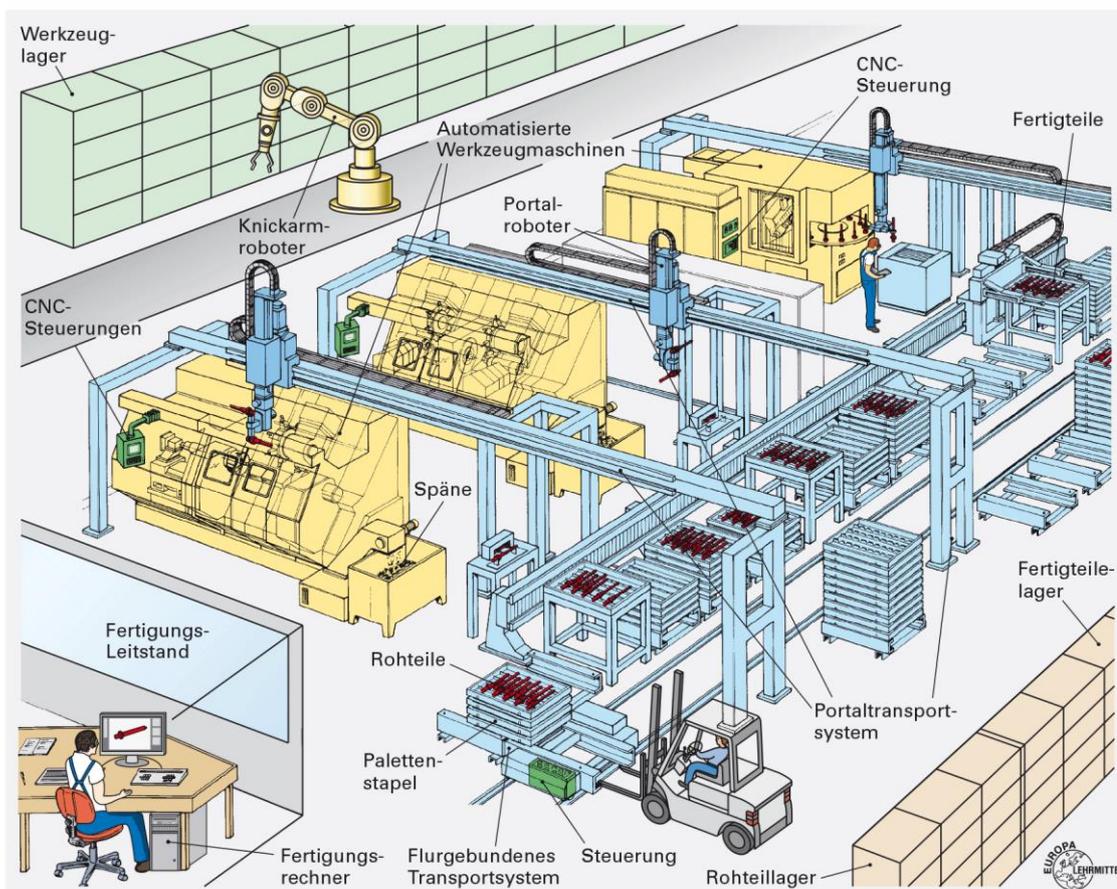


Abb. 44 Automatisierte flexible Fertigungsanlage zur klein- und Mittelserienfertigungsanlagen (Bartenschlager, S.606)

## 7 Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen

Im Gegensatz zu klassische Fertigungseinrichtungen zeigt die Planung und Inbetriebnahme eines Flexiblen Fertigungssystems eine sehr schwierige und komplexe Aufgabe, die durch einen das Gesamtanlagen System betrachtenden Planungsansatz zu bewältigen ist.

Die System Komponenten bestehen aus Bearbeitungssystem, Werkstück-Flusssystem, Werkzeug-Flusssystem sowie Steuerungs- und Überwachungssystem usw. Danach ist Materialflusssystem aus Werkstück-Flusssystem und Werkzeug-Flusssystem.

Das Fertigungssystem 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 das FFS als komplexe Einheit geplant werden muss. (Xinzhe, S. 31)

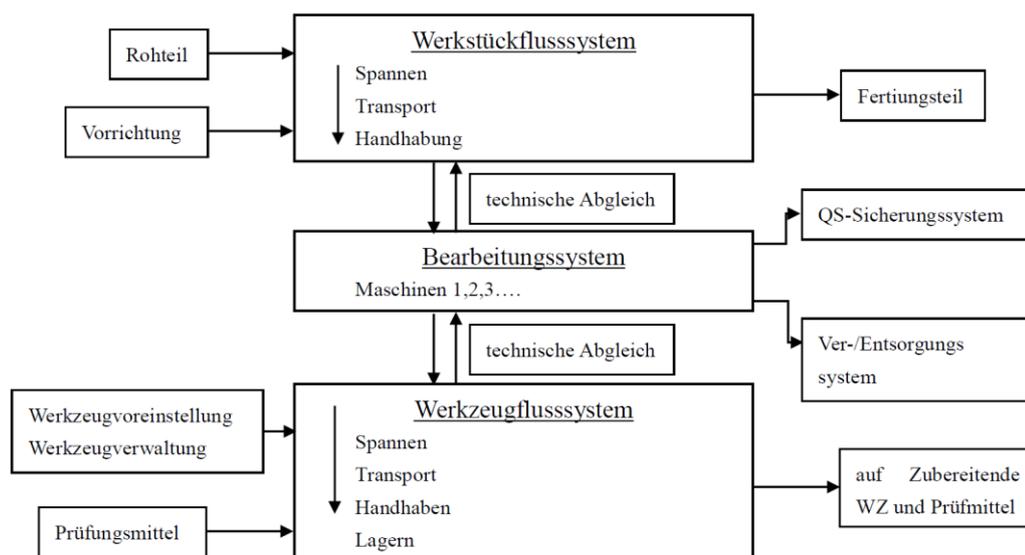


Abb. 45 Beschreibung von Materialflusssystem (Xinzhe, S. 32)

Darstellung des flexiblen Fertigungssystems meiner Bachelorarbeit ist so:

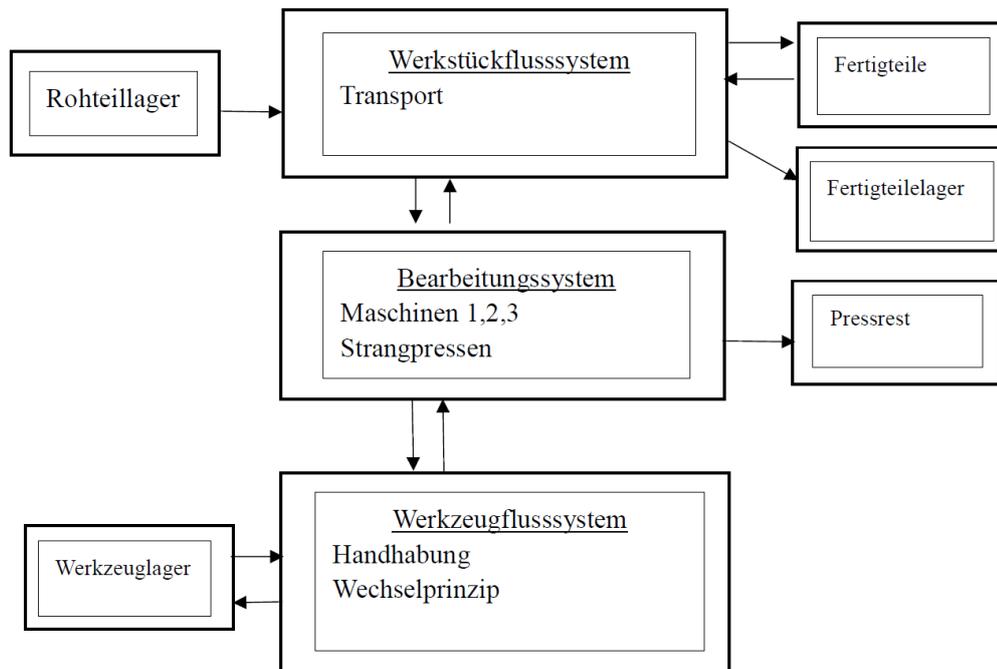


Abb. 46 Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen

## 8 Zusammenfassung

Aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit müssen Unternehmen nicht nur kostengünstig und qualitativ gut, sondern auch flexibel fertigen. Beim Thema „Erstellung eines Konzeptes für ein automatisiertes Drück-Zentrum zur Herstellung von rohrförmigen Teilen mit konstanter Wandstärke aus rotationssymmetrischen Stangenabschnitten aus Vollmaterial“ ist der Schwerpunkt die Erstellung eines flexiblen Fertigungssystems.

Für die Herstellung der rohrförmigen Teile verwendet man Strangpressen als bester Verfahrensvariante.

Strangpressen ist ein Massivumformverfahren, bei dem ein erwärmter Block, der von einem Aufnehmer (Rezipienten) umschlossen ist, mittels Pressstempel durch eine Formmatrize gedrückt wird. Das Verfahren wird eingesetzt, um Voll- und Hohlprofile aller Art aus Aluminium- und Kupferlegierungen und aus Stahl zu erzeugen. (Eckart Doege, S.109)

Für bessere Flexibilität wähle ich die legende Strangpressenmaschine als Vorzugsvariante. Mit Hilf- und Zusatzeinrichtungen kann man ausgezeichnete Flexibilität von diesen Bearbeitungsmaschinen bekommen.

Zur Herstellung von rohrförmigen Teile gibt es insgesamt 4 Abschnitte: Vorfertigung, Erwärmen, Umformen und Endfertigung. Das flexible Transportsystem verkettete die Einzelmaschinen. Der Materialfluss kann flexibel zwischen den Einzelmaschinen gehandhabt werden.

Mit flexiblen Fertigungssystemen lassen sich kurze Durchlaufzeiten für die Komplettbearbeitung unterschiedlicher Werkstücke erreichen. Dies erfordert aber eine komplexere Steuerung des Materialflusses und der Betriebsmittel, da sichergestellt werden muss, dass rechtzeitig genügend Rohteile, Werkzeuge und Vorrichtungen bereitgestellt werden. Mit flexiblen Fertigungssystemen erreicht man eine hohe Produktivität bei gleichzeitig hoher Flexibilität.

(Skolaut 2014, S. 1128)

## Literaturverzeichnis

Bahmann, Werner (2013): Werkzeugmaschinen kompakt. Baugruppen, Einsatz und Trends. 21., überarb. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Eckart Doege; Bernd-Arno Behrens: Handbuch Umformtechnik: Grundlagen, Technologien, Maschinen, 2. Auflage (VDI-Buch).

Fritz, Alfred Herbert; Schulze, Günter (Hg.) (2015): Fertigungstechnik. 11., neu bearbeitete und ergänzte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-46555-4>.

Grote, Karl-Heinrich; Feldhusen, Jörg (Hg.) (2014): Dubbel. Taschenbuch für den Maschinenbau. 24., aktualisierte Aufl. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-38891-0>.

Herbertz, Rainer; Hermanns, Harald; Labs, Rainer; Volz, Hans Ulrich (Hg.) (2013): Massivumformung kurz und bündig. Industrieverband Massivumformung. Hagen: Industrieverband Massivumformung (Deutsche Massivumformung).

Hirsch, Andreas (2012): Werkzeugmaschinen. Grundlagen, Auslegung, Ausführungsbeispiele. 2., akt. u. erw. Aufl. 2012. Wiesbaden: Imprint Vieweg+Teubner Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8348-2364-9>.

Lange, Kurt (1988): Umformtechnik Handbuch für Industrie und Wissenschaft. Band 2: Massivumformung. Zweite, völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-10688-4>.

Lange, Kurt; Kammerer, Manfred; Pöhlandt, Klaus; Schöck, Joachim (2008): Fließpressen. Wirtschaftliche Fertigung metallischer Präzisionswerkstücke. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10217719>.

Milberg, Joachim (1992): Werkzeugmaschinen - Grundlagen. Zerspantechnik, Dynamik, Baugruppen und Steuerungen. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-10915-1>.

Skolaut, Werner (2014): Maschinenbau. Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8274-2554-6>.

Tschätsch, Heinz (2005): Praxis der Umformtechnik. Arbeitsverfahren, Maschinen, Werkzeuge. 8., aktualisierte und erweiterte Auflage. Wiesbaden, s.l.: Vieweg+Teubner Verlag (Vieweg Praxiswissen). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-99432-5>.

Zhangqiang, Ji: Erstellung eines Konzeptes für ein Schmiede--Zentrum zur Realisierung von rotationssymmetrischen, scheibenförmigen Rohteilen mit axialer Innenkontur.

Fachkunde Metall(2007): 55., neu bearb. Aufl. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer (Europa-Fachbuchreihe für metalltechnische Berufe).

Dankert, Ursula (1995): Planung des Designs flexibler Fertigungssysteme. Wiesbaden: Gabler Verlag (Betriebswirtschaftliche Forschung zur Unternehmensführung, 27). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-663-11048-4>.

Schmid H (2003): Einführung in die Massivumformung. Werkzeugwerkstoffe, Werkzeugkonstruktion, Stadienpläne. Lehrgang. Technische Akademie Esslingen.

ICFG (1992):International Cold Forging Group ICFG 1967-1982 Objectives, History, Published Documents. Bamberg Meisenbach.

Aluminium Profiltechnik GmbH: Aluminium Strangpressen.

Bartenschlager, Jörg (2013): Fachkunde Metall. 57., neu bearb. Aufl. Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel (Europa-Fachbuchreihe für metalltechnische Berufe). Online verfügbar unter <http://www.europa-lehrmittel.de/leseprobe/1464/10129-57.pdf>.

Xinzhe,Qian (2014): Erstellung eines Konzeptes für einen automatisierten Laserschweiß- und Schleifprozess zur Komplettbearbeitung längsgeschweißter Rohrsegmente.

Skolaut, Werner (2014): Maschinenbau. Ein Lehrbuch für das ganze Bachelor-Studium. Berlin: Springer Vieweg. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-8274-2554-6>.

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Beispiel: eine Werkzeugmaschine <sup>(Wikipedia)</sup> .....	2
Abb. 2 Beispiele neuzeitlicher Werkzeugmaschinen <sup>(Milberg 1992, S. 3)</sup> .....	3
Abb. 3 Produktionsfaktoren von Produktionsunternehmen <sup>(Milberg 1992, S. 19)</sup> .....	4
Abb. 4 Gliederung der Fertigungsverfahren Umformen (nach DIN 8582) <sup>(Eckart Doege S. 11)</sup> .....	6
Abb. 5 Fließpressverfahren <sup>(Herbertz et al. 2013)</sup> .....	9
Abb. 6 Rückwärts-Fließpressen <sup>(Fachkunde Metall S. 101)</sup> .....	9
Abb. 7 Fließgepresste Werkstücke <sup>(Fachkunde Metall S. 101)</sup> .....	10
Abb. 8 Strangpressen <sup>(Fachkunde Metall S. 101)</sup> .....	11
Abb. 9 Prinzip des Strangpressens (hier: Voll-Vorwärts-Strangpressen mit Schale) <sup>(Eckart Doege S.659)</sup> .....	11
Abb. 10 Auswahl möglicher Profilformen beim Strangpressen <sup>(Eckart Doege S.660)</sup> .....	12
Abb. 11 Arbeitsablauf beim direkten Strangpressen <sup>(Tschätsch 2005, S. 110)</sup> .....	13
Abb. 12 Prinzip des indirekten Strangpressens <sup>(Tschätsch 2005, S. 110)</sup> .....	14
Abb. 13 Einleitung der Umformmaschinen <sup>(Zhangqiang, S. 10)</sup> .....	17
Abb. 14 Automatisierungsstufen <sup>(Fachkunde Metall S. 346)</sup> .....	19
Abb. 15 Werkzeugteile eines Hohl-Vorwärts-Fließpresswerkzeugs <sup>(Lange et al.S.312)</sup> .....	21
Abb. 16 Werkzeugteile eines Napf-Rückwärts-Fließpresswerkzeugs (mit Abstreiferbrücke) <sup>(Lange et al.S.312)</sup> .....	22
Abb. 17 Kraftverteilung in einem Fließpresswerkzeug mit Aufspanplatte zur Verminderung der Flächenpressung auf Pressentisch und –stößel <sup>(Lange et al.S.315)</sup> .....	23
Abb. 18 Gefahr der Durchbiegung und des Abhebens von Gestellteilen bei hohen Press- und Rückzugskräften <sup>(Lange et al.S.314)</sup> .....	24
Abb. 19 Maßnahmen zur Steuerung der Pressteilhaftung <sup>(Lange et al. S.334)</sup> .....	25
Abb. 20 Stempel für das Napf-Fließpressen. Die Anschliffe seitlich an der Stempelstandfläche dienen der Aufnahme von 3 Auswerferstiften <sup>(Lange et al. S.336)</sup> .....	26
Abb. 21 Stempel für das Napf-Fließpressen <sup>(Lange et al. S.337)</sup> .....	27
Abb. 22 Fließpressmatrizen werden geteilt (längs, quer) und vorgespannt (radial, axial) <sup>(Lange et al. S.338)</sup> .....	28
Abb. 23 Direktes Strangpressen von Rohren <sup>(Tschätsch 2005, S. 118)</sup> .....	29
Abb. 24 Werkzeug zum indirekten Strangpressen von Rohren über mitlaufenden Dorn <sup>(Tschätsch 2005, S. 118)</sup> .....	29
Abb. 25 Einzelteile des Rezipienten (Teil 10 in Abb. 24) <sup>(Tschätsch 2005, S. 119)</sup> .....	30
Abb. 26 Maschinen zum Fließpressen <sup>(Lange et al. S.437)</sup> .....	31
Abb. 27 Einstufen-Kaltfließpresse mit Förderband <sup>(Lange et al. 2008 S.439)</sup> .....	32
Abb. 28 Einstufen-Kaltfließpresse mit normalem Kniehebelantrieb. Bild: Schuler AG <sup>(Lange et al. 2008 S.440)</sup> .....	33
Abb. 29 Einstufen-Kaltfließpresse mit modifiziertem Kniehebelantrieb. Bild: Schuler AG <sup>(Lange et al. 2008 S.441)</sup> .....	34
Abb. 30 Größerer Bereich konstanter Umformgeschwindigkeit des modifizierten gegenüber dem normalen Kniehebelantrieb einer „X250S“. Bild: Schuler AG <sup>(Lange et al. 2008 S.441)</sup> .....	34
Abb. 31 Ölhydraulische Presse. Bild: Schuler AG <sup>(Lange et al. 2008 S.463)</sup> .....	35
Abb. 32 Kraft-Weg-Verlauf einer programmierten Hydraulikpresse <sup>(Lange et al. 2008 S.464)</sup> .....	36
Abb. 33 Liegende Strangpresse, Viersäulenbauweise <sup>(Lange 1988, S. 439)</sup> .....	37
Abb. 34 Liegende Strang- und Rohrpressen mit innen- und außenliegender Lochvorrichtung <sup>(Lange 1988, S. 440)</sup> .....	38
Abb. 35 "Indirekt" Strang- und Rohrpressen mit innenliegendem Locher. Pressen über feststehendem Dorn <sup>(Lange, S. 440)</sup> .....	39
Abb. 36 Werkzeugschieber <sup>(Lange, S. 442)</sup> .....	39
Abb. 37 Schwenkbare Blocklader und Pressrestausringer <sup>(Lange, S. 442)</sup> .....	40
Abb. 38 Werkzeugdrehknopf <sup>(Lange, S. 442)</sup> .....	40
Abb. 39 Transportsysteme(Auswahl) <sup>(Bartenschlager, S.605)</sup> .....	42

Abb. 40 Steuerung einer flexiblen Fertigungsanlage <sup>(Bartenschlager, S.605)</sup> .....	44
Abb. 41 Prinzipielle Prozesskette der Massivumformverfahren <sup>(Herbertz et al. 2013 S.69)</sup> .....	45
Abb. 42 Erster Schritt der Vorfertigung: Sägen <sup>(Herbertz et al. 2013 S.74)</sup> .....	46
Abb. 43 erhitzter Aluminiumbolzen <sup>(Aluminium Profiltechnik GmbH)</sup> .....	46
Abb. 44 Automatisierte flexible Fertigungsanlage zur klein- und Mittelserienfertigungsanlagen <sup>(Bartenschlager, S.606)</sup> .....	47
Abb. 45 Beschreibung von Materialflusssystem <sup>(Xinzhe, S. 32)</sup> .....	48
Abb. 46 Darstellung des Zusammenhangs zwischen den maschinenbaulichen und organisatorischen Schnittstellen .....	49

## Tabellenverzeichnis

Tabelle. 1 bedeutende Verfahren von Durchdrücken <sup>(Eckart Doege S. 407)</sup> .....	8
Tabelle. 2 Strangpressverfahren <sup>(Tschätsch 2005, S. 111)</sup> .....	15
Tabelle. 3 Vor- und Nachteile der Strangpressverfahren <sup>(Tschätsch 2005, S. 112)</sup> .....	16
Tabelle. 4 Werkzeugwerkstoffe für Strangpresswerkzeuge <sup>(Tschätsch 2005, S. 119)</sup> .....	30
Tabelle. 5 Kenndaten zu Einstufen-Fließpressen von Schuler <sup>(Lange et al. 2008 S.440)</sup> .....	33