

Praktikum zur Vorlesung „Fertigungstechnik“

Versuch Biegen

1 Zielstellung

Durch diesen Versuch lernt der Teilnehmer ein verbreitetes Fertigungsverfahren kennen, bei dem zwischen Biegestempel und Biegegesenk gebogen wird. Dabei werden die materialsparenden Möglichkeiten des Umformens verdeutlicht, zugleich aber auch die Grenzen des Umformverfahrens Biegen aufgezeigt.

2 Grundlagen

Biegen ist das Umformen von festen Körpern (Bleche, Bänder, Profile, u. a.), aus denen abgewinkelte oder ringförmige Werkstücke erzeugt werden bzw. deren Krümmung verändert wird. Der plastische Zustand wird durch eine Biegebeanspruchung herbeigeführt.

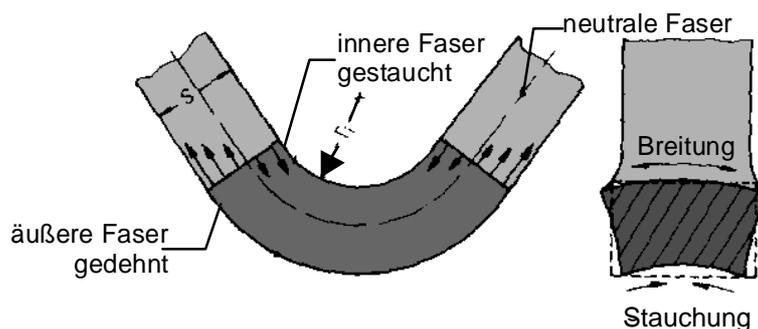


Bild 1: Biegebeanspruchung

Voraussetzung für den Biegevorgang ist die Umformbarkeit: Der Werkstoff muss bildsam sein (plastische Verformung).

Definition Umformbarkeit

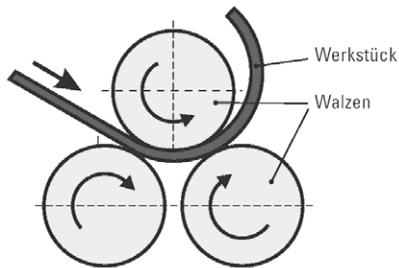
... ist die Fähigkeit der metallischen Werkstoffe, ihre Form unter bestimmten Bedingungen bei Einwirkung äußerer Belastungen ohne Aufhebung des Werkstoffzusammenhanges bleibend zu verändern.

2.1 Biegeverfahren

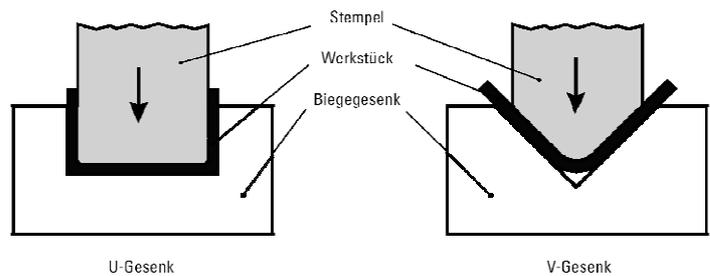
Das Fertigungsverfahren Biegeumformen wird nach DIN 8586 in Biegeumformen mit geradliniger und mit drehender Werkzeugbewegung unterteilt. Einige wesentliche Biegeverfahren sind in Bild 2 dargestellt.

Biegen schließt das Richten mit ein. Dabei werden unerwünschte Krümmungen an Blechen bzw. Profilen beseitigt. Es kann ebenso als Rückbiegen betrachtet werden.

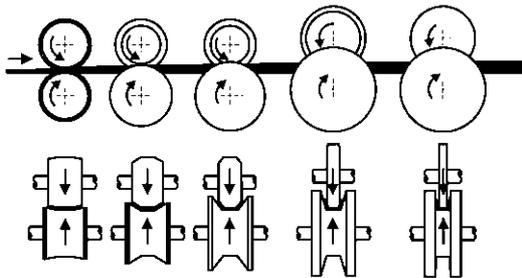
translatorisch: Biegerichten
 rotatorisch: Walzrichten



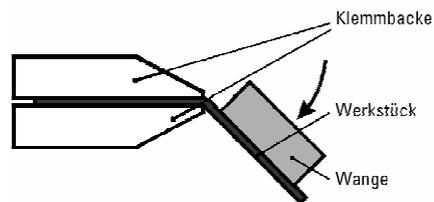
Walzrunden



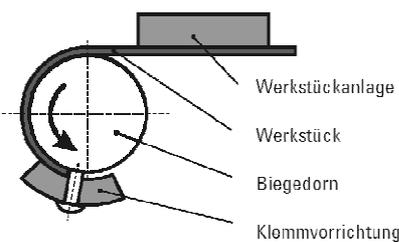
U-Gesenk V-Gesenk
Biegen im Gesenk (geradlinige Werkzeugbewegung)



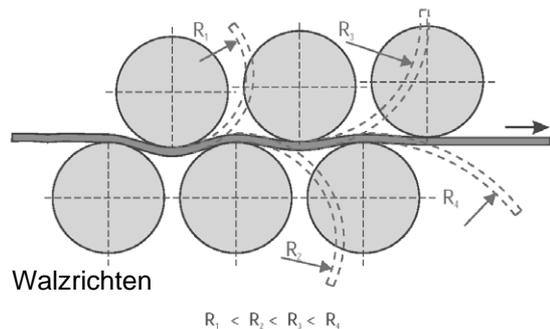
Walzprofilieren



Schwenkbiegen



Rundbiegen



Walzrichten

$$R_1 < R_2 < R_3 < R_4$$

Bild 2: Verschiedene Biegeverfahren

Das Biegen und Rückbiegen muss jeweils im plastischen Bereich des Werkstoffs stattfinden, so dass die Biegerichtung nach dem Rückfedern erhalten bleibt, d. h. die Fließgrenze des Materials muss überschritten werden. Beim Richten ist auch darauf zu achten, dass das Richtgut nicht beschädigt wird. Bei zu starker Biegung entstehen bei sprödem Material leicht Risse an der Oberfläche. Die letzte Walze muss so eingestellt sein, dass sie die Biegung verursacht, die nach der Rückfederung ein planes Blech erzeugt (siehe Bild 2, Walzrichten).

2.2 Wichtige Größen beim Biegen

Biegeradius und Biegewinkel

Der innere Biegeradius r_i richtet sich nach der Blechdicke s und ist so groß wie möglich auszuführen, da scharfe Biegekanten zum Versagen des Werkstoffs führen. Grundsätzlich sollte der Biegeradius die empfohlenen Werte entsprechend den Rundungen nach DIN 6935 annehmen (siehe Anlage 1). Liegt die Biegeachse parallel zur Walzrichtung des Bleches, muss $r_{i \min}$ höher gewählt werden als beim Biegen senkrecht zur Walzrichtung. Die besser geeignete Richtung zum Biegen ist quer zur Walzrichtung.

Das Biegen verursacht Eigenspannungen im Werkstück. Sie sind um so größer, je kleiner der Biegeradius im Verhältnis zur Blechdicke ist. Falls die Eigenspannungen durch eine nachfolgende Wärmebehandlung abgebaut werden sollen, ist zu beachten, dass sich dadurch die Radien bzw. Winkel am Werkstück ändern.

Rückfederung

Bei der Konstruktion des Werkzeugs ist zu beachten, dass das Werkstück infolge der elastischen Biegespannungen nach der Entlastung auffedert (Bild 3). Die Auffederung ist je nach Werkstoffart verschieden. Rückfederung tritt bei allen Biegeumformverfahren auf: beim Biegen in Pressen, beim Abkanten wie auch beim Profil- und Walzrundbiegen. Der erforderliche Winkel am Biegewerkzeug stimmt somit nicht exakt mit dem gewünschten Winkel am Werkstück überein.

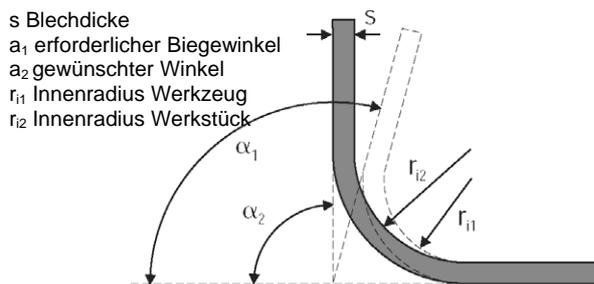


Bild 3: Rückfederung

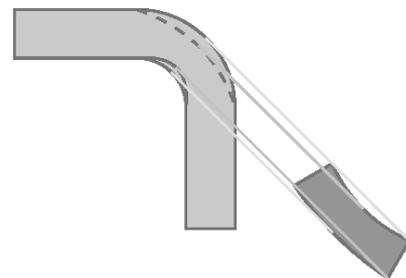


Bild 4: Querschnittsverformung beim Biegen

Unerwünschte Verformungen beim Biegen

Beim rechteckigen Querschnitt eines Blechstreifens werden die Seiten des Rechtecks von der Bandbreite und der Blechdicke gebildet. Bei dicken Bändern und scharfen Biegungen, also kleinem inneren Krümmungsradius, wird dieses Rechteck in eine Fläche nach Bild 4 verformt. Werden mehrere Operationen in einem Werkzeug zusammengelegt, d. h. gleichzeitig mehrere Abkantungen vorgenommen, so ist sicherzustellen, dass beim Umformen genügend Werkstoff nachfließen kann, da sonst unter Umständen an den Ecken eine erhebliche Schwächung oder ein Reißen des Teils stattfindet. Außerdem erhöht sich die Kraft, die zum Erreichen der endgültigen Form erforderlich ist.

Biegekraft und Biegearbeit beim V-Gesenkbiegen

Biegekraft:

$$F_b = \frac{R_m \cdot b \cdot s^2}{w} \quad \text{für } \frac{w}{s} \geq 10 \quad \text{bzw.}$$

$$F_b = \left(1 + \frac{4s}{w}\right) \cdot \frac{R_m \cdot b \cdot s^2}{w} \quad \text{für } \frac{w}{s} < 10$$

Biegearbeit:

$$W_b = x \cdot F_b \cdot h \quad \text{mit } x = 0,3..0,6$$

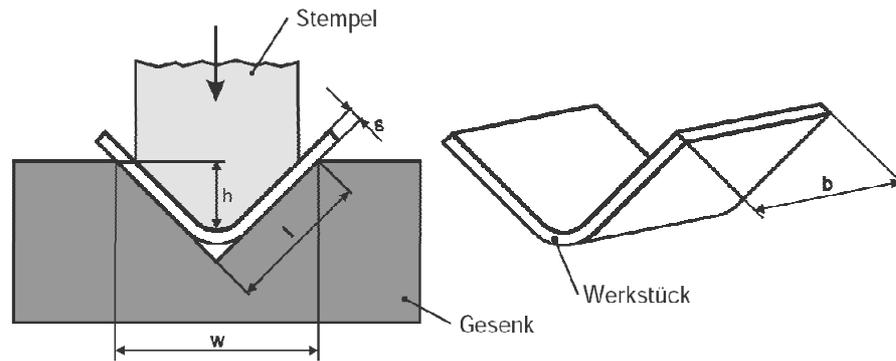


Bild 5: Biegen im V-Gesenk

Meist schließt sich beim Gesenkbiegen ein Gesenkdrücken an; durch den Präge-
druck kann die Rückfederung vermindert werden. Dabei wird eine 3...4-fache Biege-
kraft benötigt.

3 Beschreibung von Werkzeugmaschine und Werkzeug

3.1 V-Biegen

Hydraulische Einständer-Pressen	PYE 160 S
Nennkraft F_{Nenn}	1600 kN
Hub H	500 mm
Stößelgeschwindigkeit	... 9,5 m/min
Anschlussleistung	11,5 kW

Werkzeug: Säulenführungsgestell
Oberteil – Biegestempel
Unterteil – Biegematrize

Einspannung: Oberteil – Einspannzapfen
Unterteil – Spanneisen

3.2 U-Biegen

Einständer-Exzenterpresse	EVS 55
Nennkraft F_{Nenn}	550 kN
Hub H	90 mm
Dauerhubzahl	... 100 (Leerlauf)
Anschlussleistung	3 kW

4 Versuchvorbereitung

4.1 Literaturhinweise:

Awiszus, B.; Bast, J.; Dürr, H.; Matthes, K.-J.: Grundlagen der Fertigungstechnik.
Leipzig: Fachbuchverlag 2007, S. 115-117. ISBN 978-3-446-40745-9

Flimm, J.: Spanlose Formgebung.
München, Wien: Carl Hanser Verlag 1990, S. 287 ff. ISBN 3-446-15595-3

4.2 Kontrollfragen:

Was versteht man unter Biegen?

Welche wichtigen Biegeverfahren gibt es und nach welchem Kriterium werden Sie eingeteilt?

Welche Werkstoffe eignen sich besonders für das Biegeumformen? Begründung der Aussage mit dem Verhalten des Werkstoffes im Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

Was versteht man unter der Rückfederung beim Biegen und wie kommt diese zustande?

5 Versuchsdurchführung

Nach der Erläuterung des Werkzeugaufbaus und der eingesetzten Pressen werden Blechstreifen im V- und U-Gesenk umgeformt. Um die Einflussgrößen und die Verfahrensgrenzen beim Biegen zu demonstrieren, werden verschiedene Werkstoffe verwendet und die Blechdicken sowie Biegeradien variiert. Dabei wird auch der maximal zu realisierende Umformgrad überschritten und das Eintreten des Bruches demonstriert. Des Weiteren wird ebenso der Einfluss der einzelnen Parameter auf die Rückfederung aufgezeigt.

6 Versuchsauswertung

Welche Probleme müssen beim Biegen von Blechen beachtet werden und warum? Welche Größen haben Einfluss auf die Rückfederung? Wie wird das Phänomen der Rückfederung bei der Konzeption von Biegewerkzeugen berücksichtigt?

7 Arbeitsschutz

Die für das Praktikum genutzte offene Werkzeuganordnung in der Presse erfordert von jedem Praktikumsteilnehmer erhöhte Aufmerksamkeit. Während der Versuchsdurchführung sind das Hineinlehnen bzw. Hineinfassen in den Pressenarbeitsraum und die Berührung des Werkzeuges untersagt.

Erhöhte Vorsicht ist geboten bei der Berührung der gebogenen Teile wegen möglichem Grat (Gefahr von Schnittverletzungen).

8 Verantwortlichkeit

Dipl.-Ing. Hubert Rösler

Zimmer 2/E 111 Tel. 531-32683
hubert.roesler@mb.tu-chemnitz.de

Dr.-Ing. Werner Voigt

Zimmer 2/A 326 Tel. 531-32575
werner.voigt@mb.tu-chemnitz.de

9 Quellennachweis

Bilder 2 - 5, Tabellen 1 und 2: Handbuch der Umformtechnik/Schuler GmbH.
Berlin: Springer-Verlag 1996
ISBN 3-540-61099-5

Tabelle 1: Minimaler Biegeradius $r_{i\min}$ für Biegewinkel α unter 120°

		Kleinst zulässiger Biegeradius $r_{i\min}$ für Blechdicken s [mm]							
Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit [N/mm ²]	Biegerichtung zur Walzrichtung	1	> 1 bis 1,5	> 1,5 bis 2,5	> 2,5 bis 3	> 3 bis 4	> 4 bis 5	> 5 bis 6	> 6 bis 7
		bis 390	quer	1	1,6	2,5	3	5	6
	längs	1	1,6	2,5	3	6	8	10	12
über 390 bis 490	quer	1,2	2	3	4	5	8	10	12
	längs	1,2	2	3	4	6	10	12	16
über 400 bis 640	quer	1,6	2,5	4	5	6	8	10	12
	längs	1,6	2,5	4	5	8	10	12	16

		Kleinst zulässiger Biegeradius $r_{i\min}$ für Blechdicken s [mm]							
Stahlsorten mit einer Mindestzugfestigkeit [N/mm ²]	Biegerichtung zur Walzrichtung	> 7 bis 8	> 8 bis 10	> 10 bis 12	> 12 bis 14	> 14 bis 16	> 16 bis 18	> 18 bis 20	
		bis 390	quer	12	16	20	25	28	36
	längs	16	20	25	28	32	40	45	
über 390 bis 490	quer	16	20	25	28	32	40	45	
	längs	20	25	32	36	40	45	50	
über 400 bis 640	quer	16	20	25	32	36	45	50	
	längs	20	25	32	36	40	50	63	

Tabelle 2: Rückfederungsfaktor k_R

Werkstoff	Rückfederungsfaktor k_R	
	$r_{i2}/s = 1$	$r_{i2}/s = 10$
St 0-24, St 1-24	0,99	0,97
St 2-24, St 12	0,99	0,97
St 3-24, St 13	0,985	0,97
St 4-24, St 14	0,985	0,96
rostbeständige austenitische Stähle	0,96	0,92
hitzebeständige ferritische Stähle	0,99	0,97
hitzebeständige austenitische Stähle	0,982	0,955
Nickel w	0,99	0,96
Al 99 5 F 7	0,99	0,98
Al Mg 1 F 13	0,98	0,90
Al Mg Mn F 18	0,985	0,935
Al Cu Mg 2 F 43	0,91	0,65
Al Zn Mg Cu 1,5 F 49	0,935	0,85