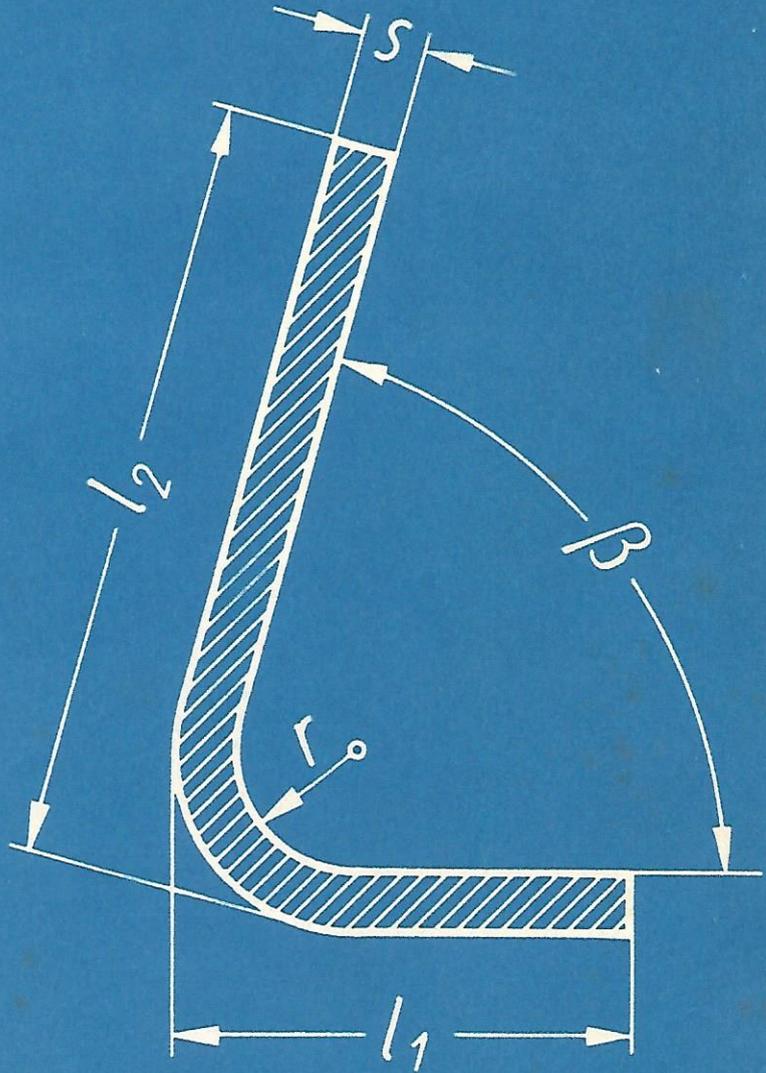


UNTERRICHT

ZITTLAU/LEHMANN

Biegen-Abkanten

LEHRCHRIFTEN FÜR DEN TECHNOLOGISCHEN



Autoren: Ing. Lothar Zittlau, Joachim Lehmann

Bearbeiter: Joachim Lehmann

Gutachter: Brigade Preiß, FWD

Bestell-Nr. 7305

Nachdruck, Reproduktion und Nachbildung
– auch auszugsweise –
nur mit Genehmigung der Verfasser
und der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel
im Forschungszentrum der Luftfahrtindustrie
Dresden N 2, Postschließfach 40

FORSCHUNGSZENTRUM DER LUFTFAHRTINDUSTRIE

Lehrschriften für die Berufsausbildung

Technologischer Unterricht

BIEGEN/ABKANTEN

Mit der Herausgabe beauftragt:

ZENTRALSTELLE FÜR LITERATUR UND LEHRMITTEL

Dresden 1961

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Zweck und Anwendungsbereich	1
2. Biegevorgang	4
2.1. Verhalten des Werkstoffs beim Biegen	4
2.2. Fachbereich-Standard TNL 115 01	6
2.2.1. Begriffe	6
2.2.2. Biegehalbmesser	6
2.2.3. Kleinste Schenkellängen	7
2.2.4. Zulässige Abweichung der Winkelstellungen	7
2.2.5. Berechnung der gestreckten Längen	7
2.2.6. Darstellung der Biegelinien	16
3. Arbeitsverfahren	17
3.1. Biegen mit Umschlagform	17
3.1.1. Anwendung	17
3.1.2. Beschreibung	17
3.1.3. Wartung	18
3.1.4. Arbeitsgänge	18
3.1.5. Arbeitsschutz	19
3.2. Biegen mit Abkantmaschine	19
3.2.1. Anwendung	19
3.2.2. Beschreibung	19
3.2.3. Wartung	22
3.2.4. Arbeitsgänge	22
3.2.5. Arbeitsschutz	23
3.3. Biegen mit Abkantpresse	24
3.3.1. Anwendung	24
3.3.2. Beschreibung	25
3.3.3. Werkzeuge	28
3.3.4. Kraftbedarf	29
3.3.5. Arbeitsgänge	31
3.3.6. Arbeitsschutz	31
3.4. Biegen mit Biegestanze	31
3.4.1. Anwendung	31
3.4.2. Beschreibung	31
3.4.3. Wartung	36
3.4.4. Arbeitsgänge und Arbeitsschutz	36
4. Arbeitsregeln	36
5. Ökonomische Betrachtung	37
Quellennachweis für Bilder und Literatur	38
Veröffentlichungen der ZLL	

Der planmäßige Aufbau des Sozialismus in der Deutschen Demokratischen Republik stellt unserer Volkswirtschaft große Aufgaben. Wir werden als Industriestaat nur dann eine führende Rolle behalten, wenn wir bei geringster Masse die größte Festigkeit unserer Erzeugnisse erreichen. Deshalb muß beim Bau von Land- und Wasserfahrzeugen, von Transport- und Förderanlagen sowie von Behältern die Leichtbauweise weitgehend angewandt werden.

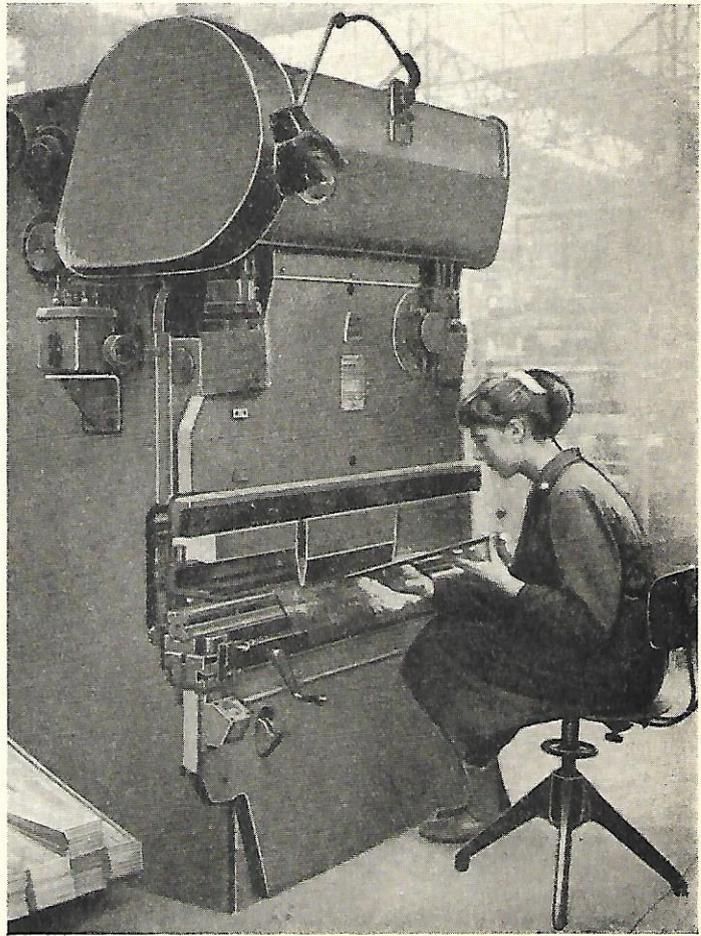
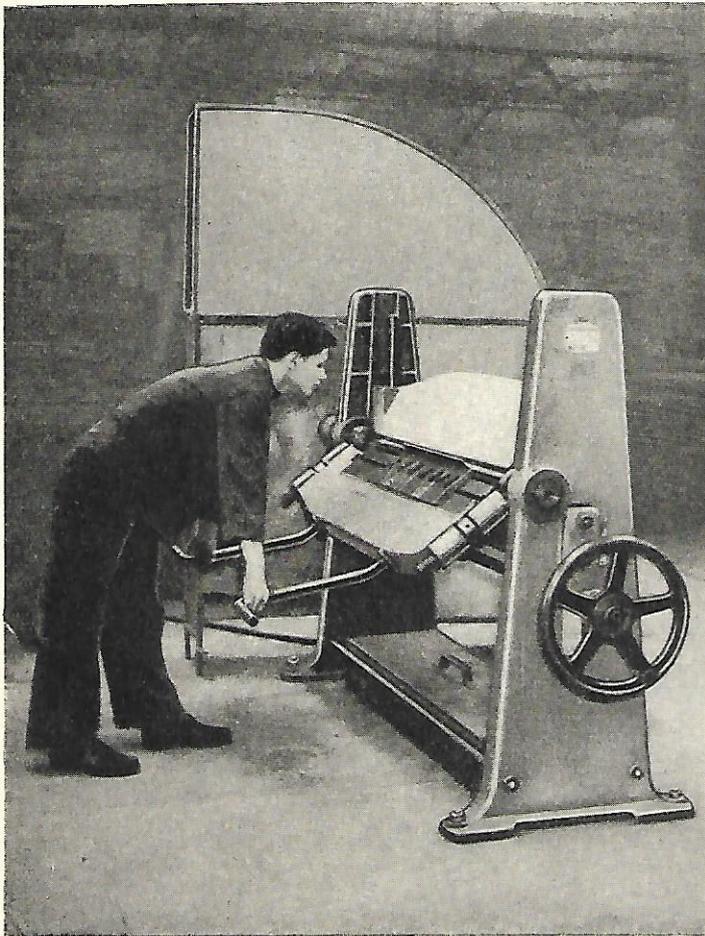
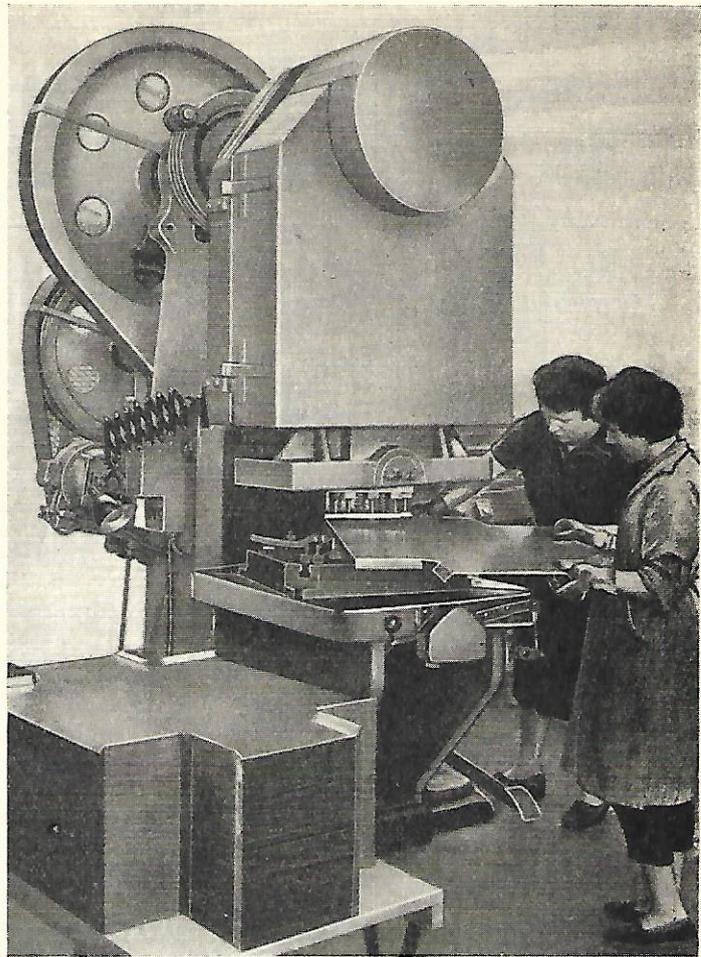
Die Erfüllung dieser Aufgaben ist entscheidend abhängig vom gesellschaftlichen Bewußtsein und der fachlichen Qualifikation der Arbeitskräfte. Die Berufsausbildung hat die Aufgabe, im Rahmen der Volkswirtschaft junge qualifizierte Arbeitskräfte heranzubilden und sie zu allseitig entwickelten Persönlichkeiten zu erziehen, die, vom Sieg des Sozialismus überzeugt, bereit sind, an seinem Aufbau mitzuwirken und die Errungenschaften der Arbeiter-und-Bauern-Macht zu schützen.

Die Lehrlinge sollen durch die Berufsausbildung befähigt werden, in den Betrieben der Industrie die neuesten und rationellsten Arbeitsverfahren anzuwenden, um bei der Mechanisierung und Automatisierung der Produktionsprozesse entscheidend mitwirken zu können. Deshalb sind die Lehrlinge während ihrer Lehrzeit mit der Arbeitsorganisation ihres Betriebs vertraut zu machen und an modernen Maschinen auszubilden, damit sie die neuesten Arbeitstechniken und Arbeitsmethoden kennen und beherrschen lernen.

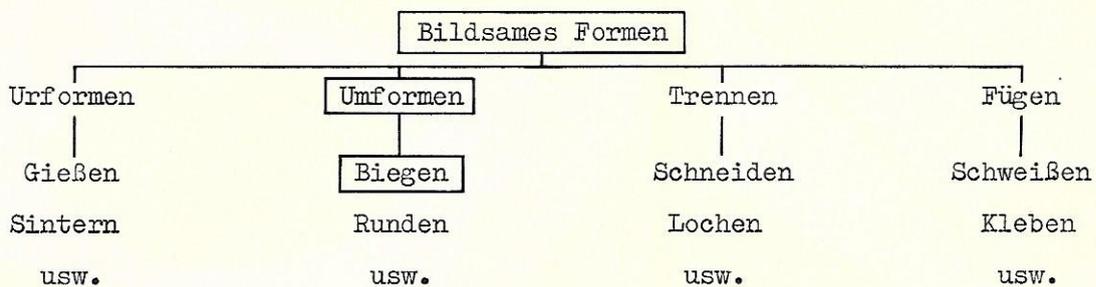
Um die Theorie und Praxis zu einer wirksamen Einheit zu verbinden, werden jetzt fachkundliche Themen, die bisher im theoretischen Unterricht gelehrt wurden, im berufspraktischen Unterricht behandelt. Dabei wird von dem Schüler gefordert, mehr als bisher mit dem Buch zu arbeiten. Um diese Forderung zu erfüllen, ist es notwendig, umgehend die vorhandenen Lücken in der Literatur zu schließen. Es gilt, für die Berufsausbildung im Leichtbau schnellstens spezielle Literatur zu schaffen, die dem neuesten Stand der Technologie entspricht und dem Lehrling als Lehrmittel und Nachschlagemittel dient.

Die Lehrschriften für den technologischen Unterricht werden in enger Zusammenarbeit mit der Produktion entwickelt. Die vorliegende Schrift behandelt das Biegen von Blechteilen und geht dabei vorwiegend auf die Arbeitsweise im Flugzeugbau mit seinen Standards und Werkstoffen ein, da die im Flugzeugbau gesammelten Erfahrungen beispielgebend für den gesamten Leichtbau sind.

Wir bitten Lehrlinge, Lehrmeister, Lehrer und vor allem unsere Fachkräfte in der Produktion um Kritik und Änderungsvorschläge, damit diese Schrift noch weiter verbessert werden kann.



1. Zweck und Anwendungsbereich



Biegen ist U m f o r m e n von Erstformen (Zuschnitten) und Zwischenformen, ist W i n k l i g s t e l l e n von Schenkeln beliebiger Länge um gerade Biegeachsen, wobei alle Mantellinien der Biegung gerade bleiben.

Geradliniges Biegen von Blechteilen wird in der Praxis auch als A b k a n t e n bezeichnet.

Abgekantete Blechprofile kennzeichnen die im Leichtbau angewandte Bauweise und erfüllen die hohen Anforderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit und Formstabilität bei geringstem Aufwand an Werkstoffmasse.

Blechprofile sind in mannigfaltigeren Formen herzustellen als Strangpreßprofile und fester als durch spanendes Formen hergestellte Profile, da die Werkstoffstruktur beim Biegen nicht zerstört wird.

Außer Profilen werden beispielsweise Stringer, Konsole, Versteifungsprofile und Verkleidungen (Bild 1.1, Seite 2) abgekantet, die als Bauteile hauptsächlich im Fahrzeug-, Schiff-, Flugzeug- und Behälterbau notwendig sind.

Viele abgekantete Stahlblechteile (Bild 1.2, Seite 3) werden durch Schweißen zu Baueinheiten miteinander verbunden.

Abgekantet wird von Hand oder mit Maschine, wobei entweder der freie Schenkel oder beide Schenkel gleichzeitig gebogen werden.

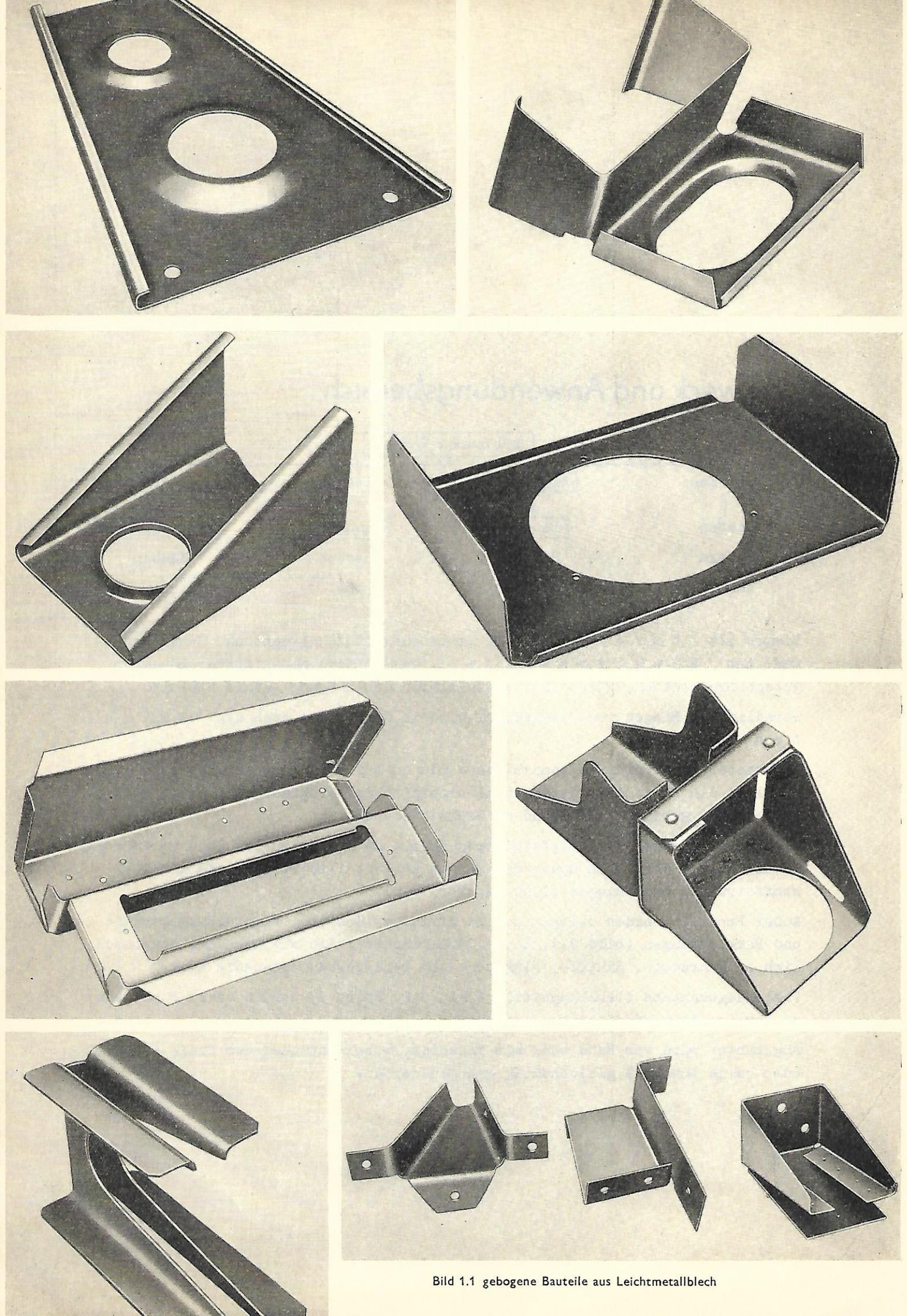


Bild 1.1 gebogene Bauteile aus Leichtmetallblech

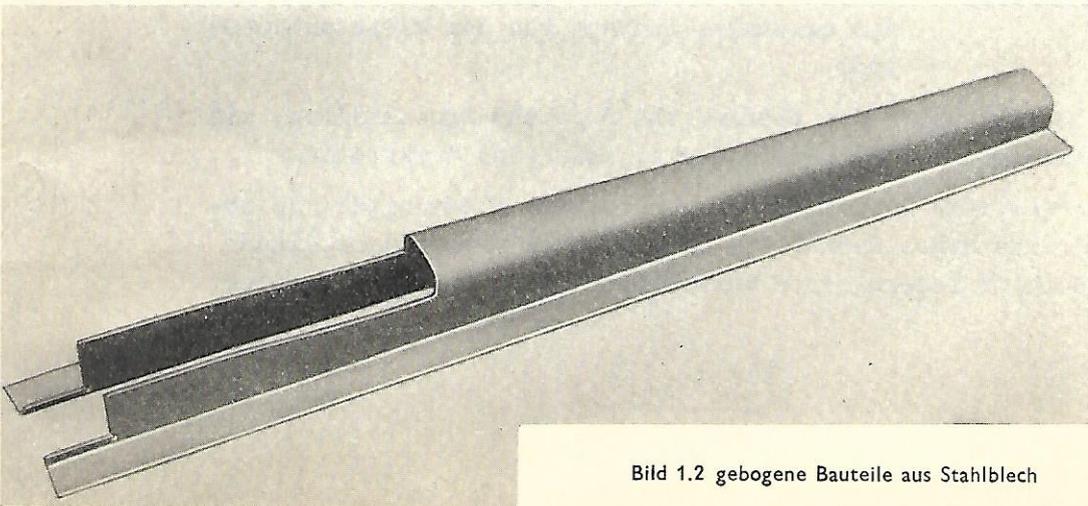
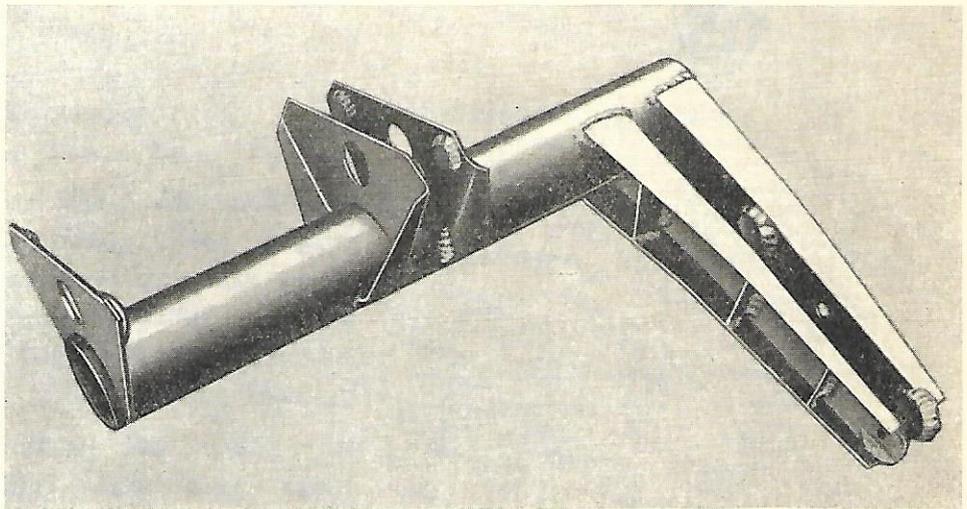
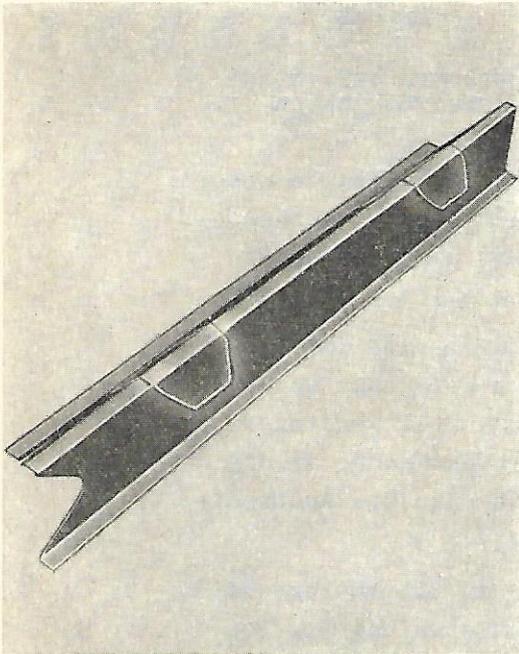
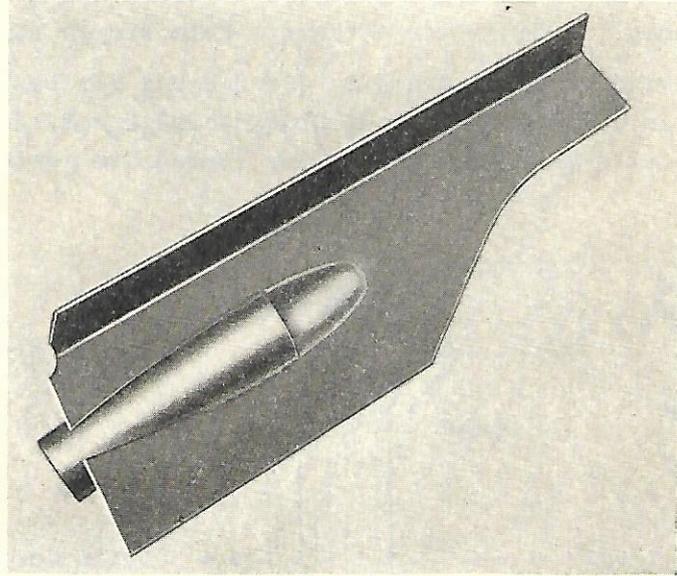
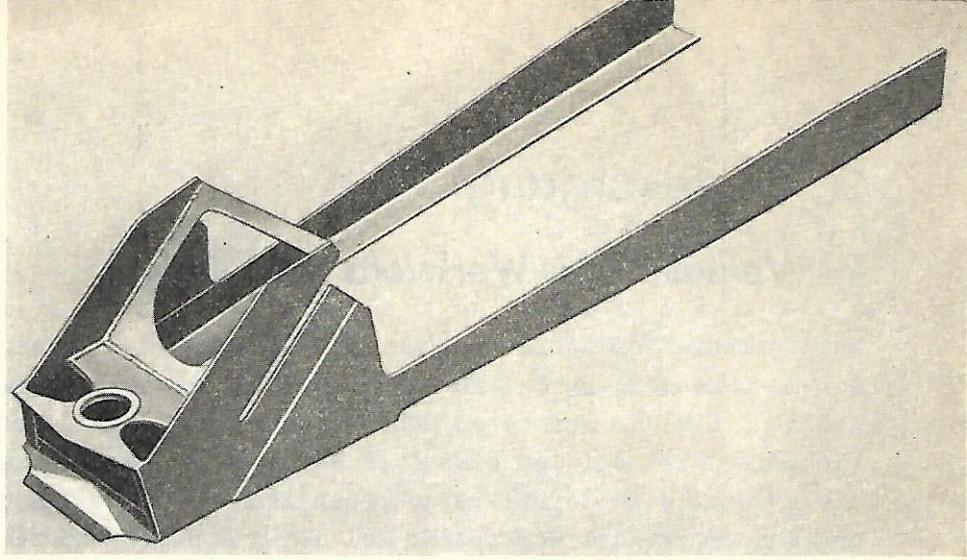
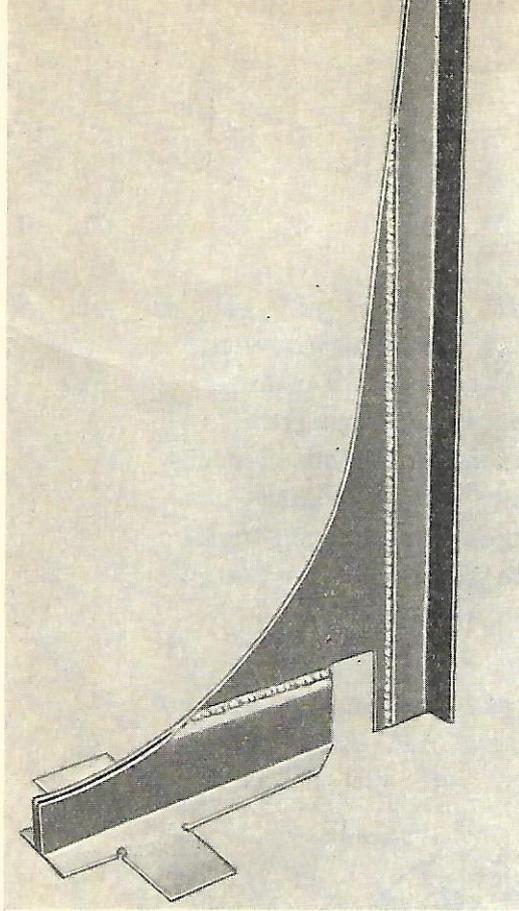


Bild 1.2 gebogene Bauteile aus Stahlblech

2. Biegevorgang

2.1. Verhalten des Werkstoffs beim Biegen

Nur formbare Werkstoffe lassen sich biegen. Die Formbarkeit ist abhängig von der Zusammensetzung des Werkstoffs. Metallische Werkstoffe bestehen aus Kristallen, die das Bestreben haben, zusammenzuhalten. Die Zusammenhangskraft (Kohäsion) ist bei den einzelnen Werkstoffen unterschiedlich. Je leichter sich die Kristalle im Gefüge verschieben lassen, um so dehnbarer bzw. zusammen-drückbarer ist der Werkstoff. Bei den zum Biegen notwendigen dehnfähigen Werkstoffen müssen die Zusammenhangskräfte zwischen den Kristallen auf jeden Fall wirksam bleiben, da sonst der Werkstoff beim Biegen reißen würde.

Beim Biegen wird an der Außenseite der Biegung der Werkstoff des Biegeteils auf Zug und an der Innenseite auf Druck beansprucht. Auf der Außenseite werden die Kristalle gestreckt und an der Innenseite gestaucht (Bild 2.1). Die

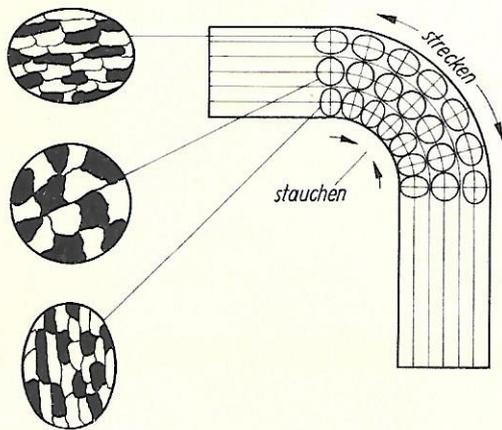


Bild 2.1 Gefügeveränderung

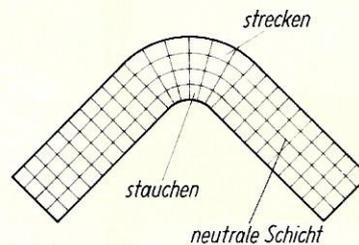


Bild 2.2 Strecken bzw. Stauchen der äußeren Schichten

Schicht in der die Kristalle weder gestreckt noch gestaucht werden, also unverändert bleiben, nennt man **n e u t r a l e** Schicht.

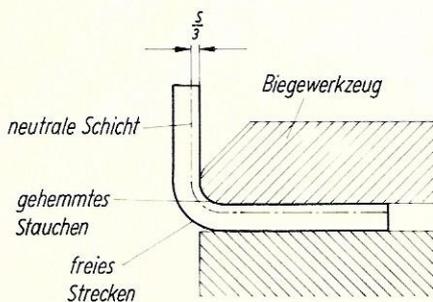


Bild 2.3 Gehemmtetes Stauchen

Beim Abkanten liegt die Innenseite der Biegung an der Biegekante des Werkzeugs an. Dadurch wird das Stauchen zum Teil verhindert und die neutrale Schicht rückt näher an die Innenseite der Biegung, da sich die Außenseite mehr streckt (Bild 2.3).

Beim Biegen mit den üblichen Biegehalbmessern liegt die neutrale Schicht etwa bei $\frac{s}{3}$. Bei Biegehalbmessern über 5 s ist die Abweichung der neutralen Schicht von der Mitte unbedeutend.

Werkstoffe, deren Kristalle unter dem Einfluß von Zug- und Druckkräften, die beim Biegen wirken, zusammenhalten, bezeichnen wir als zähe Werkstoffe.

Die Fähigkeit zäher Werkstoffe zurückzufedern, nennt man Elastizität. Je höher die Elastizitätsgrenze eines Werkstoffs liegt, um so mehr federt dieser beim Biegen zurück. Deshalb federn harte Werkstoffe wie beispielsweise Alumi-

niumlegierungen mehr als weiche wie z.B. Reinaluminium.

Harte Werkstoffe werden durch Lösungsglühen weicher, da beim Wärmebehandeln die Spannungen zwischen den Kristallen gemindert werden. Gleichzeitig wird dabei die Zugfestigkeit herabgesetzt. Deshalb müssen tragende Bauteile nach dem Biegen entsprechend den Vorschriften ausgelagert werden, um den ursprünglichen Werkstoffzustand wiederherzustellen.

Eine Biegung ist erst dann bleibend, wenn beim Biegen die Elastizitätsgrenze des Werkstoffs überschritten wird. Die Biegung ist stets um den Rückfederwinkel kleiner als die Gesamtbiegung. Beim Biegen ist der Rückfederwinkel, (Bild 2.4) der je nach Werkstoff 2° bis 4° beträgt, zu berücksichtigen.

Spröde ist ein Werkstoff, der beim Biegen leicht bricht. Der Werkstoff wird um so eher zerstört,

- je größer die Blechdicke s ,
- je geringer seine Dehnbarkeit,
- je kleiner der Biegeradius r und
- je kleiner der Öffnungswinkel β sind.

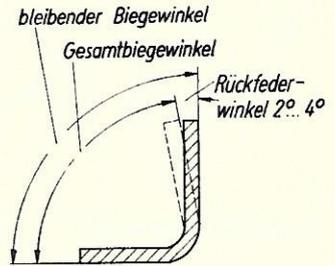


Bild 2.4 Rückfederung

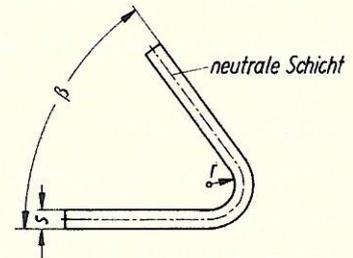


Bild 2.5

Beim Walzen von Blechen werden die Kristallkörner und die zwischen ihnen eingelagerten Verunreinigungen in Walzrichtung gestreckt. Dadurch entsteht eine Struktur, die dem Werkstoff rechtwinklig zur Walzrichtung eine geringere Festigkeit verleiht.

Die Biegekante soll deshalb möglichst nicht in der Walzrichtung verlaufen, da beim Biegen das Blech leicht in der Biegung einreißen kann (Bruchgefahr). Unterstützt wird das Einreißen durch die Kerbwirkung der feinen Walzriefen.

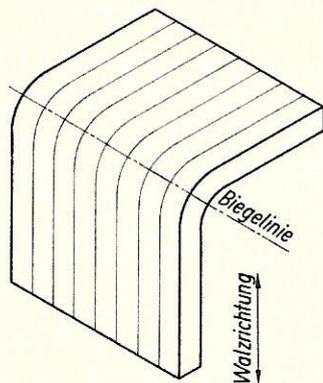


Bild 2.6 Biegelinie rechtwinklig zur Walzrichtung

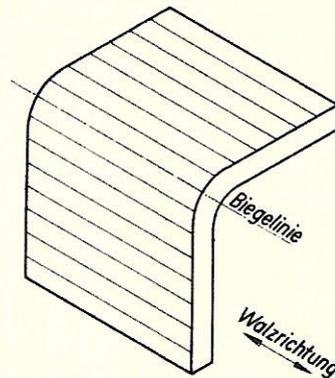


Bild 2.7 Biegelinie in Walzrichtung

2.2. Fachbereich-Standard TNL 11501

2.2.1. Begriffe

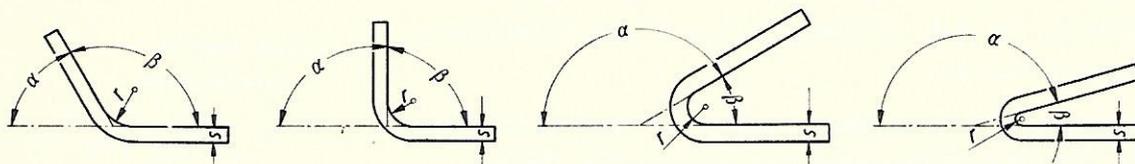


Bild 2.8

Biegehalbmesser r Blechdicke s Biegewinkel α Öffnungswinkel β

Der Biegewinkel α ist der Winkel zwischen Ausgangs- und Endlage des Schenkels.

Der Öffnungswinkel β ist der Winkel zwischen beiden Schenkeln.

Der Biegewinkel α kann zwischen 0° und 180° liegen.

Die Blechdicke s wird in der Rundung bis etwa 20 % geringer.

2.2.2. Biegehalbmesser

Die normgerechte Fertigung verlangt für das Biegen und Abkanten einheitliche Rundungen an den Arbeitsmitteln. Deshalb wurden die Biegehalbmesser (Bild 2.9) in folgender Reihe festgelegt. Die fettgedruckten Werte sind zu bevorzugen.

r	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
zul. Abw.		+0,2			+0,5					+1		

Bild 2.9 Biegehalbmesser

Diese Biegehalbmesser entsprechen den Rundungen nach DIN 250. Größere Biegehalbmesser sind nach DIN 250 Vorzugsreihe zu wählen.

Werkstoff DIN- bzw. SES-Bezeichnung LW-Bezeichn.		Blechdicke s											
		0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3	3,5	4
		Kleinstzulässiger Biegehalbmesser r											
St VII 23	1112.15	0,6	0,6	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	4	6
Ck22	1120.15	1	1	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	6	8
C90W1 (SES)	1180.25	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	4	6	8	8
K10Mn7 (SES)	1302.12	0,6	0,6	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	4	4	6
K60SiMn7 (SES)	1334.25	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	4	6	6	8
K30SiMnCr4 (SES)	1403.25	1	1	1	1,6	2,5	2,5	2,5	2,5	4	4	4	6
Al99,5	3001.75	0,6	0,6	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	4	6	8
AlCuMg1	3116.35	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	6	6	6	8	10	10
AlCuMg2	3126.35	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	6	6	8	10	10	12
AlMg5	3305.25	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	4	6	8	8
AlMgSi1	3355.25	0,6	1	1	1,6	1,6	2,5	2,5	2,5	4	4	6	6
AlZnMgCu1,5	3456.25	1,6	1,6	2,5	2,5	4	4	6	6	6	8	10	10

Bild 2.10 Kleinstzulässige Biegehalbmesser

Der Biegehalbmesser r ist abhängig vom Werkstoff und der Blechdicke s . Die in der Tabelle (Bild 2.10) angegebenen kleinstzulässigen Biegehalbmesser r gelten für Biegewinkel $\alpha \leq 120^\circ$ und für Biegungen rechtwinklig zur Walzrichtung. Für Biegewinkel $\alpha > 120^\circ$ und für Bleche, die längs der Walzrichtung gebogen werden, sind die kleinstzulässigen Biegehalbmesser r der nächstgrößeren Blechdicke s gültig.

Beispiel:

Für Werkstoff LW 3126.25 mit Blechdicke $s = 2 \text{ mm}$ und Biegewinkel $\alpha \leq 120^\circ$ ist der kleinstzulässige Biegehalbmesser $r = 4 \text{ mm}$.

Für den gleichen Werkstoff mit der gleichen Blechdicke, jedoch mit einem Biegewinkel $\alpha > 120^\circ$ ist der Biegehalbmesser $r = 6 \text{ mm}$.

2.2.3. Kleinste Schenkellängen

In der Regel gilt als Richtmaß für die Mindestschenkellänge (Bild 2.11)

$$l_1 \approx 4r$$

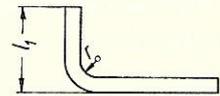
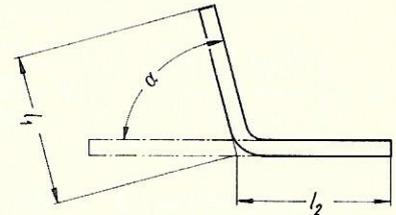


Bild 2.11 Mindestschenkellänge

2.2.4. Zulässige Abweichung der Winkelstellungen

Beim Biegen und Abkanten von Blechen treten Abweichungen der Winkelstellung auf. Diese sind nach der Tabelle (Bild 2.12) in einem bestimmten Bereich zulässig. Werden feinere Toleranzen gefordert oder sind größere möglich, so sind sie als zulässige Abweichung in der Zeichnung eingetragen.



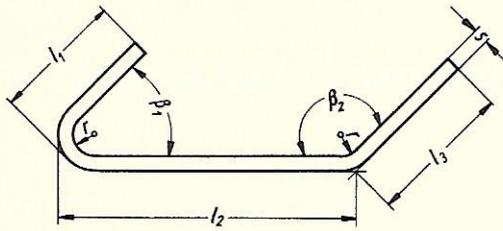
Schenkellänge l_1 und l_2 (Die kürzere Schenkellänge gilt als Nennmaß)	bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 100
Abweichungen des Biegewinkels α	$\pm 3^\circ$	$\pm 2^\circ$	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ$

Bild 2.12 Abweichungen der Winkelstellungen

2.2.5. Berechnung der gestreckten Längen

Blechteile sollen aus wirtschaftlichen Gründen ohne Nacharbeit und somit ohne unnötige Werkstoffverluste maßhaltig gebogen werden. Deshalb wird vor dem Biegen der Zuschnitt ermittelt. Den Zuschnitt nennt man auch Abwicklung oder gestreckte Länge. Die gestreckte Länge L eines gebogenen Werkstücks ist gleich der Länge der neutralen Schicht, die sich beim Biegen weder verlängert noch verkürzt. Sie setzt sich aus Teillängen zusammen und ergibt sich aus der Summe der Schenkellängen l und der Summe der Ausgleichswerte v . Der Ausgleichswert v ist je nach Größe des Biegewinkels verschieden. Bei Öffnungswinkel β von 0° bis 65° kann der Ausgleichswert v negativ oder positiv sein. Bei Öffnungswinkel β über 65° sind die Ausgleichswerte v stets negativ.

Beispiel:



- r Biegehalbmesser
- s Blechdicke
- β Öffnungswinkel
- f Faktoren zum Ermitteln des Ausgleichswerts v
- v Ausgleichswert

Bild 2.19

Gegeben: $l_1 = 20 \text{ mm}$ $l_2 = 25 \text{ mm}$ $l_3 = 16 \text{ mm}$ $r = 4 \text{ mm}$
 $s = 2 \text{ mm}$ $\beta_1 = 45^\circ$ $\beta_2 = 135^\circ$

Gesucht: gestreckte Länge L in mm

Lösung:

$$v = (f_1 \cdot r) + (f_2 \cdot s)$$

$$\begin{aligned} v_1 &= (0,36 \cdot 4 \text{ mm}) + (-1,06 \cdot 2 \text{ mm}) \\ &= 1,44 \text{ mm} - 2,12 \text{ mm} \\ &= -0,68 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\underline{v_1 \approx -0,7 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned} v_2 &= (-0,04 \cdot 4 \text{ mm}) + (-0,56 \cdot 2 \text{ mm}) \\ &= -0,16 \text{ mm} - 1,12 \text{ mm} \\ &= -1,28 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\underline{v_2 \approx -1,3 \text{ mm}}$$

$$\begin{aligned} L &= l_1 + l_2 + l_3 + v_1 + v_2 \\ &= 20 \text{ mm} + 25 \text{ mm} + 16 \text{ mm} + (-0,7 \text{ mm} - 1,3 \text{ mm}) \\ &= 61 \text{ mm} - 2 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{L = 59 \text{ mm}}}$$

Genauere Werte für die Faktoren f_1 und f_2 lassen sich aus der Tabelle (Bild 2.20) entnehmen.

Die Ausgleichswerte v für häufig vorkommende Winkelstellungen sind errechnet worden und können aus nachfolgenden Tabellen (Bild 2.21, Seite 12) entnommen werden.

Öffnungswinkel β	Biegewinkel ($180^\circ - \beta$) α	Faktor f_1	Faktoren f bei r/s				
			$\geq 0,65$ k = 0,6	> 1 k = 0,7	$> 1,5$ k = 0,8	$> 2,4$ k = 0,9	$\geq 3,8$ k = 1
0°	180°	+1,1416	-1,0575	-0,9005	-0,7433	-0,5863	-0,4292
5°	175°	+1,0543	-1,0838	-0,9312	-0,7780	-0,6207	-0,4730
10°	170°	+0,9670	-1,1101	-0,9618	-0,8134	-0,6651	-0,5168
15°	165°	+0,8798	-1,1361	-0,9921	-0,8481	-0,7041	-0,5601
20°	160°	+0,7925	-1,1622	-1,0226	-0,8830	-0,7433	-0,6037
25°	155°	+0,7053	-1,1884	-1,0532	-0,9179	-0,7858	-0,6474
30°	150°	+0,6180	-1,2146	-1,0837	-0,9527	-0,8282	-0,6910
35°	145°	+0,5308	-1,2408	-1,1143	-0,9877	-0,8644	-0,7347
40°	140°	+0,4435	-1,2670	-1,1448	-1,0226	-0,9005	-0,7783
45°	135°	+0,3562	-1,2931	-1,1753	-1,0575	-0,9397	-0,8219
50°	130°	+0,2689	-1,3193	-1,2059	-1,0924	-0,9790	-0,8655
55°	125°	+0,1817	-1,3455	-1,2365	-1,1273	-1,0183	-0,9092
60°	120°	+0,0944	-1,3717	-1,2670	-1,1622	-1,0575	-0,9528
65°	115°	+0,0072	-1,3981	-1,2973	-1,1974	-1,0971	-0,9968
70°	110°	-0,0800	-1,4244	-1,3285	-1,2326	-1,1366	-1,0407
75°	105°	-0,1674	-1,4502	-1,3586	-1,2670	-1,1753	-1,0837
80°	100°	-0,2547	-1,4764	-1,3891	-1,3018	-1,2146	-1,1273
85°	95°	-0,3420	-1,5020	-1,4197	-1,3368	-1,2539	-1,1710
90°	90°	-0,4292	-1,5276	-1,4502	-1,3717	-1,2931	-1,2146
95°	85°	-0,3491	-1,3876	-1,3134	-1,2393	-1,1651	-1,0909
100°	80°	-0,2820	-1,2593	-1,1895	-1,1197	-1,0499	-0,9801
105°	75°	-0,2256	-1,1419	-1,0764	-1,0110	-0,9455	-0,8801
110°	70°	-0,1787	-1,0339	-0,9728	-0,9117	-0,8506	-0,7896
115°	65°	-0,1407	-0,9340	-0,8772	-0,8205	-0,7638	-0,7071
120°	60°	-0,1075	-0,8405	-0,7882	-0,7358	-0,6835	-0,6311
125°	55°	-0,0814	-0,7530	-0,7050	-0,6570	-0,6090	-0,5610
130°	50°	-0,0599	-0,6708	-0,6272	-0,5836	-0,5399	-0,4963
135°	45°	-0,0430	-0,5928	-0,5535	-0,5142	-0,4550	-0,4357
140°	40°	-0,0298	-0,5185	-0,4836	-0,4487	-0,4138	-0,3789
145°	35°	-0,0202	-0,4474	-0,4168	-0,3863	-0,3557	-0,3252
150°	30°	-0,0123	-0,3788	-0,3526	-0,3265	-0,3003	-0,2741
155°	25°	-0,0072	-0,3125	-0,2907	-0,2688	-0,2470	-0,2252
160°	20°	-0,0036	-0,2479	-0,2305	-0,2130	-0,1956	-0,1781
165°	15°	-0,0016	-0,1849	-0,1718	-0,1587	-0,1456	-0,1325
170°	10°	-0,0004	-0,1226	-0,1139	-0,1052	-0,0964	-0,0877
175°	5°	-0,00005	-0,0611	-0,0568	-0,0524	-0,0481	-0,0437
180°	0°	0	0	0	0	0	0

Bild 2.20 Genauwerte

Für das Berechnen der gestreckten Länge von rechtwinkligen Abkantungen mit groben Toleranzen wird in der Praxis häufig der Ausgleichswert v nach der Faustformel

$$v = \frac{r}{2} + s \quad \text{ermittelt.}$$

Beispiel:

- Gegeben: $l_1 = 15 \text{ mm}$
 $l_2 = 30 \text{ mm}$
 $l_3 = 25 \text{ mm}$
 $r = 4 \text{ mm}$
 $s = 1,5 \text{ mm}$

Gesucht: gestreckte Länge L in mm

Lösung: $L = \Sigma l - \Sigma v$
 $= l_1 + l_2 + l_3 - 2 \left(\frac{r}{2} + s \right)$
 $= 20 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 20 \text{ mm} - (2 \cdot 3,5 \text{ mm})$
 $= 70 \text{ mm} - 7 \text{ mm}$
 $L = 63 \text{ mm}$

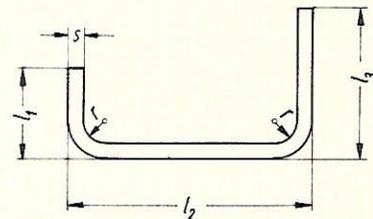
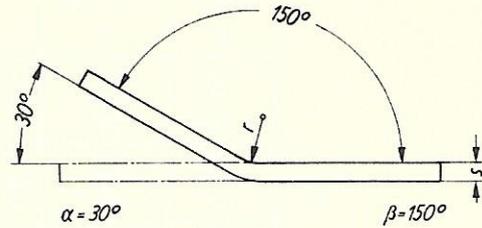
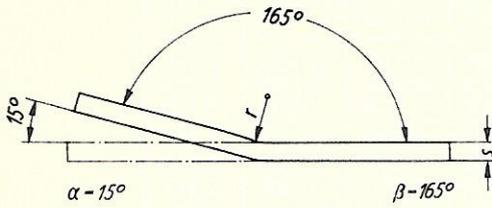
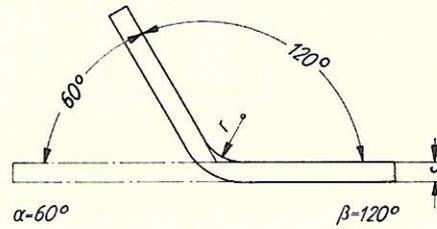
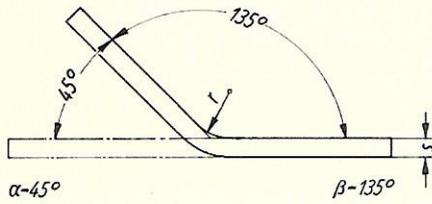


Bild 2.22



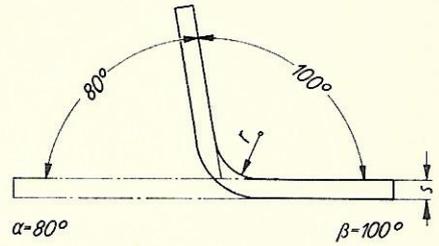
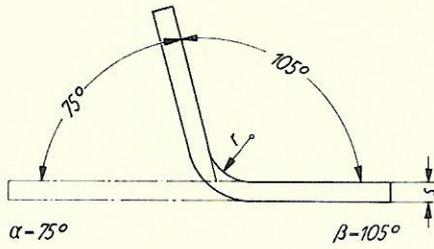
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,1	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,4	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,5		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,6		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,63		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,75		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
0,8		-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
1			-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,2				-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,25				-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,5				-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
1,8				-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3
2				-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
2,5				-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
3					-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
3,5					-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
4					-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
0,4	-0,2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4
0,5		-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4
0,6		-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4
0,63		-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4
0,75		-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4
0,8		-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5
1			-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5
1,2				-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6
1,25				-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6
1,5				-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7
1,8					-0,7	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,7
2					-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8
2,5					-1,0	-0,9	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,9	-0,9
3						-1,1	-1,1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1
3,5						-1,3	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2
4						-1,6	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3	-1,3	-1,3



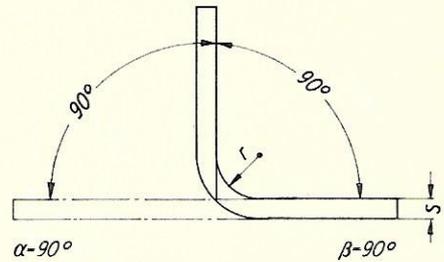
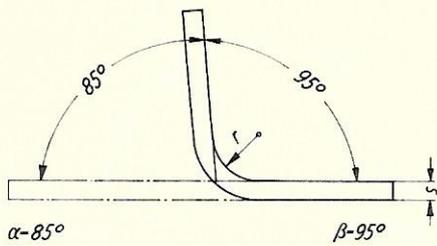
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0
0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,9	-1,0
0,5		-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,9	-1,0
0,6		-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1
0,63		-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,1
0,75		-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-1,2
0,8		-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2
1			-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,3
1,2				-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,0	-1,2	-1,4
1,25				-0,8	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4
1,5				-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4	-1,5
1,8					-1,1	-1,1	-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,6
2					-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,3	-1,4	-1,6	-1,7
2,5					-1,6	-1,5	-1,5	-1,5	-1,5	-1,6	-1,8	-2,0
3						-1,8	-1,8	-1,8	-1,9	-1,8	-2,0	-2,2
3,5						-2,1	-2,1	-2,1	-2,1	-2,2	-2,2	-2,4
4						-2,5	-2,5	-2,4	-2,3	-2,4	-2,4	-2,6

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,3	-1,5	-1,9	-2,4
0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,3	-1,5	-2,0	-2,4
0,5		-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-1,0	-1,2	-1,4	-1,6	-2,0	-2,5
0,6		-0,6	-0,5	-0,6	-0,6	-0,8	-1,0	-1,2	-1,4	-1,7	-2,1	-2,5
0,63		-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-1,0	-1,3	-1,5	-1,7	-2,1	-2,6
0,75		-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,1	-1,3	-1,6	-1,8	-2,2	-2,6
0,8		-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,9	-1,2	-1,4	-1,6	-1,8	-2,2	-2,7
1			-0,9	-0,9	-1,0	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,4	-2,8
1,2				-1,1	-1,2	-1,3	-1,4	-1,6	-1,8	-2,0	-2,5	-2,9
1,25				-1,2	-1,2	-1,3	-1,4	-1,7	-1,9	-2,1	-2,5	-2,9
1,5				-1,4	-1,4	-1,5	-1,6	-1,8	-2,0	-2,2	-2,7	-3,1
1,8					-1,7	-1,8	-1,9	-2,0	-2,2	-2,4	-2,9	-3,3
2					-1,8	-1,9	-2,0	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,4
2,5					-2,4	-2,3	-2,4	-2,6	-2,7	-2,9	-3,3	-3,7
3						-2,8	-2,9	-2,9	-3,1	-3,2	-3,6	-4,0
3,5						-3,2	-3,2	-3,4	-3,5	-3,7	-3,9	-4,4
4						-3,8	-3,8	-3,8	-3,8	-4,0	-4,2	-4,7



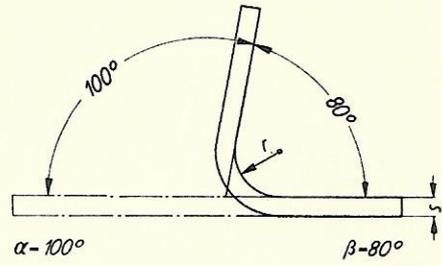
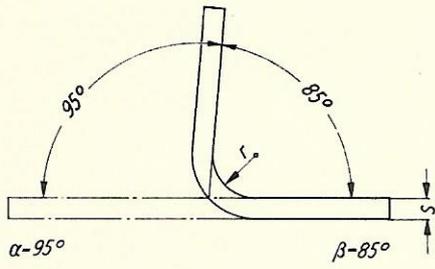
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6	-0,8	-1,2	-1,6	-2,1	-2,5	-3,0	-3,9	-4,8
0,4	-0,5	-0,6	-0,6	-0,7	-0,9	-1,3	-1,7	-2,2	-2,6	-3,1	-4,0	-4,9
0,5		-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,3	-1,8	-2,2	-2,7	-3,1	-4,1	-5,0
0,6		-0,8	-0,8	-0,9	-1,1	-1,4	-1,9	-2,3	-2,8	-3,2	-4,1	-5,0
0,63		-0,9	-0,9	-1,0	-1,1	-1,5	-1,9	-2,4	-2,9	-3,3	-4,2	-5,1
0,75		-1,0	-1,0	-1,1	-1,3	-1,6	-2,0	-2,5	-2,9	-3,4	-4,3	-5,2
0,8		-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,6	-2,1	-2,5	-3,0	-3,4	-4,3	-5,2
1			-1,4	-1,4	-1,5	-1,8	-2,2	-2,7	-3,1	-3,6	-4,5	-5,4
1,2				-1,7	-1,8	-2,0	-2,4	-2,9	-3,3	-3,8	-4,7	-5,6
1,25				-1,7	-1,8	-2,1	-2,5	-2,9	-3,4	-3,8	-4,7	-5,6
1,5				-2,0	-2,1	-2,3	-2,7	-3,1	-3,6	-4,0	-4,9	-5,8
1,8					-2,5	-2,7	-3,1	-3,4	-3,8	-4,3	-5,2	-6,1
2					-2,7	-2,9	-3,3	-3,6	-4,0	-4,5	-5,4	-6,3
2,5					-3,4	-3,4	-3,7	-4,2	-4,5	-4,9	-5,8	-6,7
3						-4,1	-4,4	-4,6	-5,1	-5,4	-6,3	-7,2
3,5						-4,7	-4,9	-5,3	-5,6	-6,0	-6,7	-7,6
4						-5,5	-5,7	-5,9	-6,0	-6,5	-7,1	-8,0

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,5	-0,5	-0,6	-0,8	-1,1	-1,4	-2,0	-2,6	-3,1	-3,7	-4,8	-5,9
0,4	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-1,1	-1,5	-2,1	-2,6	-3,2	-3,8	-4,9	-6,0
0,5		-0,8	-0,8	-1,0	-1,2	-1,6	-2,2	-2,7	-3,3	-3,9	-5,0	-6,1
0,6		-0,9	-0,9	-1,1	-1,3	-1,7	-2,3	-2,8	-3,4	-4,0	-5,1	-6,2
0,63		-1,0	-1,0	-1,1	-1,3	-1,7	-2,3	-2,9	-3,4	-4,0	-5,1	-6,3
0,75		-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,9	-2,4	-3,0	-3,6	-4,1	-5,2	-6,4
0,8		-1,2	-1,2	-1,3	-1,5	-1,9	-2,5	-3,0	-3,6	-4,2	-5,3	-6,4
1				-1,5	-1,6	-1,8	-2,1	-2,7	-3,2	-3,8	-4,4	-5,5
1,2					-1,9	-2,0	-2,4	-2,9	-3,4	-4,0	-4,6	-5,7
1,25					-1,9	-2,1	-2,4	-2,9	-3,5	-4,0	-4,6	-5,7
1,5					-2,2	-2,4	-2,7	-3,1	-3,7	-4,3	-4,8	-6,0
1,8						-2,8	-3,1	-3,6	-4,0	-4,6	-5,1	-6,3
2						-3,1	-3,4	-3,8	-4,2	-4,8	-5,3	-6,5
2,5						-3,8	-3,9	-4,5	-4,9	-5,3	-5,8	-7,0
3							-4,7	-5,0	-5,7	-6,0	-6,3	-7,4
3,5								-5,3	-5,6	-6,5	-6,5	-7,9
4								-6,2	-6,4	-7,3	-7,0	-8,4



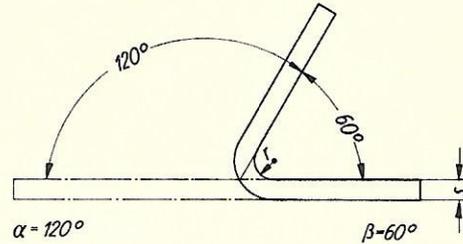
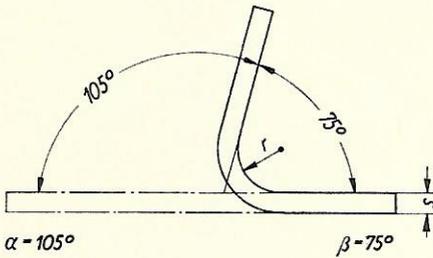
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,6	-0,6	-0,7	-0,9	-1,3	-1,7	-2,4	-3,1	-3,8	-4,5	-5,9	-7,3
0,4	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	-1,3	-1,8	-2,5	-3,2	-3,9	-4,6	-6,0	-7,4
0,5		-0,9	-1,0	-1,1	-1,4	-1,9	-2,6	-3,3	-4,0	-4,7	-6,1	-7,5
0,6		-1,0	-1,1	-1,3	-1,5	-2,0	-2,7	-3,4	-4,1	-4,8	-6,2	-7,6
0,63		-1,1	-1,1	-1,3	-1,6	-2,1	-2,8	-3,5	-4,2	-4,9	-6,3	-7,7
0,75		-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-2,2	-2,9	-3,6	-4,3	-5,0	-6,4	-7,8
0,8		-1,3	-1,4	-1,5	-1,8	-2,3	-3,0	-3,7	-4,4	-5,1	-6,5	-7,9
1			-1,7	-1,8	-2,0	-2,5	-3,2	-3,9	-4,6	-5,3	-6,7	-8,1
1,2				-2,1	-2,4	-2,8	-3,4	-4,1	-4,8	-5,5	-6,9	-8,3
1,25				-2,2	-2,4	-2,8	-3,5	-4,2	-4,9	-5,5	-6,9	-8,3
1,5				-2,5	-2,7	-3,1	-3,7	-4,4	-5,1	-5,8	-7,2	-8,6
1,8					-3,2	-3,6	-4,2	-4,8	-5,5	-6,1	-7,5	-8,9
2					-3,5	-3,9	-4,4	-5,0	-5,7	-6,4	-7,8	-9,2
2,5					-4,3	-4,5	-5,2	-5,7	-6,2	-6,9	-8,3	-9,7
3						-5,3	-5,8	-6,6	-7,0	-7,5	-8,9	-10,3
3,5						-6,0	-6,4	-7,5	-7,6	-8,3	-9,4	-10,8
4						-6,9	-7,3	-8,4	-8,1	-8,8	-9,9	-11,3

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,6	-0,7	-0,8	-1,1	-1,5	-2,1	-3,0	-3,8	-4,7	-5,5	-7,3	-9,0
0,4	-0,8	-0,8	-0,9	-1,2	-1,6	-2,2	-3,1	-3,9	-4,8	-5,6	-7,4	-9,1
0,5		-1,0	-1,1	-1,3	-1,7	-2,3	-3,2	-4,0	-4,9	-5,8	-7,5	-9,2
0,6		-1,2	-1,3	-1,5	-1,8	-2,4	-3,3	-4,2	-5,0	-5,9	-7,6	-9,3
0,63		-1,2	-1,3	-1,5	-1,8	-2,5	-3,3	-4,2	-5,1	-5,9	-7,6	-9,3
0,75		-1,4	-1,5	-1,7	-2,0	-2,6	-3,5	-4,3	-5,2	-6,1	-7,8	-9,5
0,8		-1,5	-1,6	-1,8	-2,1	-2,7	-3,5	-4,4	-5,3	-6,1	-7,8	-9,6
1			-2,0	-2,1	-2,4	-2,9	-3,8	-4,7	-5,5	-6,4	-8,1	-9,8
1,2				-2,4	-2,7	-3,3	-4,0	-4,9	-5,7	-6,6	-8,3	-10,0
1,25				-2,5	-2,8	-3,3	-4,1	-5,0	-5,8	-6,7	-8,4	-10,1
1,5				-2,9	-3,1	-3,7	-4,4	-5,3	-6,1	-7,0	-8,7	-10,4
1,8					-3,7	-4,2	-4,9	-5,6	-6,5	-7,3	-9,1	-10,8
2					-4,0	-4,5	-5,2	-5,9	-6,7	-7,6	-9,3	-11,0
2,5					-4,9	-5,2	-5,8	-6,7	-7,3	-8,2	-9,9	-11,6
3						-6,1	-6,7	-7,3	-8,2	-8,8	-10,5	-12,2
3,5						-6,8	-7,4	-8,2	-8,8	-9,7	-11,1	-12,8
4						-7,8	-8,4	-8,9	-9,5	-10,3	-11,7	-13,4



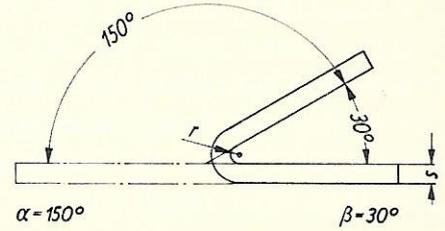
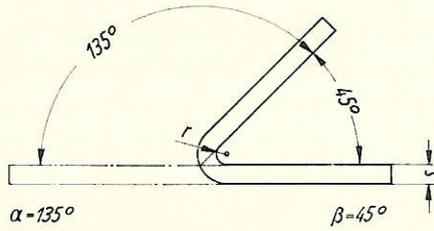
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,6	-0,6	-0,7	-0,9	-1,3	-1,7	-2,4	-3,1	-3,8	-4,5	-5,8	-7,2
0,4	-0,7	-0,8	-0,8	-1,0	-1,3	-1,8	-2,5	-3,2	-3,9	-4,6	-5,9	-7,3
0,5		-0,9	-1,0	-1,2	-1,4	-1,9	-2,6	-3,3	-4,0	-4,7	-6,1	-7,4
0,6		-1,1	-1,1	-1,3	-1,6	-2,1	-2,7	-3,4	-4,1	-4,8	-6,2	-7,5
0,63		-1,2	-1,2	-1,3	-1,6	-2,1	-2,8	-3,5	-4,2	-4,8	-6,2	-7,6
0,75		-1,3	-1,4	-1,5	-1,8	-2,2	-2,9	-3,6	-4,3	-5,0	-6,3	-7,7
0,8		-1,4	-1,5	-1,6	-1,9	-2,3	-3,0	-3,7	-4,4	-5,0	-6,4	-7,8
1			-1,8	-1,9	-2,1	-2,5	-3,2	-3,9	-4,6	-5,3	-6,6	-8,0
1,2				-2,2	-2,5	-2,9	-3,5	-4,1	-4,8	-5,5	-6,9	-8,2
1,25				-2,3	-2,5	-2,9	-3,5	-4,2	-4,9	-5,6	-6,9	-8,3
1,5				-2,7	-2,9	-3,2	-3,8	-4,5	-5,2	-5,9	-7,2	-8,6
1,8					-3,4	-3,8	-4,3	-4,8	-5,5	-6,2	-7,6	-8,9
2					-3,7	-4,0	-4,6	-5,1	-5,8	-6,4	-7,8	-9,2
2,5					-4,6	-4,7	-5,4	-5,9	-6,4	-7,0	-8,4	-9,8
3						-5,6	-6,1	-6,9	-7,2	-7,6	-9,0	-10,3
3,5						-6,3	-6,7	-7,8	-7,8	-8,5	-9,6	-10,9
4						-7,4	-7,7	-8,8	-8,4	-9,1	-10,2	-11,5

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,5	-0,6	-0,6	-0,8	-1,1	-1,4	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-4,4	-5,4
0,4	-0,7	-0,7	-0,7	-0,9	-1,1	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,5	-5,5
0,5		-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,6	-2,1	-2,6	-3,1	-3,6	-4,6	-5,7
0,6		-1,0	-1,0	-1,1	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,2	-3,7	-4,7	-5,8
0,63		-1,1	-1,1	-1,2	-1,3	-1,7	-2,2	-2,7	-3,3	-3,8	-4,8	-5,8
0,75		-1,3	-1,3	-1,4	-1,5	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-3,9	-4,9	-5,9
0,8		-1,3	-1,4	-1,4	-1,6	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-4,0	-5,0	-6,0
1			-1,7	-1,7	-1,8	-2,1	-2,7	-3,2	-3,7	-4,2	-5,2	-6,2
1,2				-2,1	-2,2	-2,5	-2,9	-3,4	-3,9	-4,4	-5,4	-6,4
1,25				-2,1	-2,3	-2,5	-2,9	-3,4	-4,0	-4,5	-5,5	-6,5
1,5					-2,5	-2,6	-2,8	-3,2	-3,7	-4,2	-5,2	-6,2
1,8						-3,1	-3,4	-3,7	-4,1	-4,6	-5,6	-6,6
2						-3,4	-3,6	-4,0	-4,3	-4,8	-5,8	-6,8
2,5						-4,3	-4,3	-4,8	-5,1	-5,4	-6,4	-7,4
3							-5,2	-5,4	-6,1	-6,2	-7,2	-8,2
3,5							-5,9	-6,1	-7,0	-6,8	-7,8	-8,8
4							-6,9	-7,1	-8,0	-7,4	-8,4	-9,4



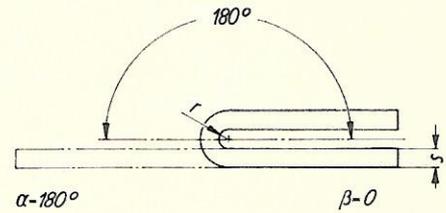
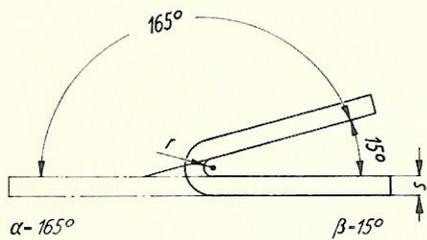
Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,8	-1,0	-1,4	-1,7	-2,0	-2,4	-3,0	-3,7
0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,9	-1,1	-1,4	-1,8	-2,1	-2,4	-3,1	-3,8
0,5		-0,8	-0,8	-0,9	-1,0	-1,2	-1,5	-1,9	-2,2	-2,6	-3,2	-3,9
0,6		-1,0	-0,9	-1,0	-1,1	-1,3	-1,7	-2,0	-2,3	-2,7	-3,3	-4,0
0,63		-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,4	-1,7	-2,0	-2,4	-2,7	-3,4	-4,0
0,75		-1,2	-1,2	-1,2	-1,3	-1,5	-1,8	-2,2	-2,5	-2,8	-3,5	-4,2
0,8		-1,3	-1,3	-1,3	-1,4	-1,5	-1,9	-2,2	-2,5	-2,9	-3,5	-4,2
1			-1,6	-1,5	-1,6	-1,8	-2,1	-2,4	-2,8	-3,1	-3,8	-4,4
1,2				-1,9	-1,9	-2,1	-2,3	-2,6	-3,0	-3,3	-4,0	-4,7
1,25				-2,0	-2,0	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,4	-4,0	-4,7
1,5				-2,3	-2,3	-2,4	-2,6	-3,0	-3,3	-3,6	-4,3	-5,0
1,8					-2,9	-2,9	-3,1	-3,3	-3,6	-4,0	-4,6	-5,3
2					-3,1	-3,2	-3,4	-3,5	-3,8	-4,2	-4,9	-5,5
2,5					-4,0	-3,8	-3,9	-4,3	-4,4	-4,7	-5,4	-6,1
3						-4,8	-4,8	-4,9	-5,2	-5,3	-5,9	-6,6
3,5						-5,4	-5,4	-5,8	-5,8	-6,1	-6,5	-7,1
4						-6,5	-6,4	-6,4	-6,4	-6,7	-7,0	-7,7

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
	Ausgleichswert v											
0,32	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1	+0,1	+0,3	+0,5	+0,6	+0,8	+1,2	+1,6
0,4	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	+0,2	+0,4	+0,6	+0,8	+1,1	+1,5
0,5		-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	-0,1	+0,1	+0,3	+0,5	+0,7	+1,0	+1,4
0,6		-0,8	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,6	+0,9	+1,3
0,63		-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	0,0	+0,2	+0,3	+0,5	+0,9	+1,3
0,75		-1,0	-0,9	-0,7	-0,6	-0,3	-0,1	0,0	+0,2	+0,4	+0,8	+1,2
0,8		-1,0	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	+0,2	+0,4	+0,7	+1,1
1			-1,3	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	+0,2	+0,6	+0,9
1,2				-1,4	-1,2	-0,9	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	+0,4	+0,7
1,25				-1,4	-1,2	-0,9	-0,6	-0,4	-0,2	-0,1	+0,3	+0,7
1,5					-1,8	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	+0,1
1,8						-2,0	-1,7	-1,3	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2
2						-2,3	-1,9	-1,5	-1,2	-1,0	-0,8	0,0
2,5						-3,2	-2,5	-2,1	-1,9	-1,4	-1,3	-0,9
3							-3,4	-2,9	-2,4	-2,2	-1,7	-1,4
3,5							-4,1	-3,5	-3,3	-2,8	-2,6	-1,8
4							-5,1	-4,5	-3,9	-3,3	-3,1	-2,3



Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
0,32	-0,2	-0,1	+0,1	+0,3	+0,6	+1,2	+1,9	+2,6	+3,3	+4,0	+5,4	+6,9
0,4	-0,4	-0,3	0,0	+0,2	+0,6	+1,1	+1,8	+2,5	+3,2	+3,9	+5,4	+6,8
0,5		-0,4	-0,2	+0,1	+0,5	+1,0	+1,7	+2,4	+3,2	+3,9	+5,3	+6,7
0,6		-0,6	-0,3	0,0	+0,4	+0,9	+1,6	+2,4	+3,1	+3,8	+5,2	+6,6
0,63		-0,6	-0,3	0,0	+0,4	+0,9	+1,6	+2,3	+3,0	+3,8	+5,2	+6,6
0,75		-0,8	-0,5	-0,2	+0,2	+0,8	+1,5	+2,2	+2,9	+3,7	+5,1	+6,5
0,8		-0,8	-0,6	-0,3	+0,1	+0,8	+1,5	+2,2	+2,9	+3,6	+5,0	+6,5
1			-0,9	-0,5	0,0	+0,6	+1,3	+2,0	+2,7	+3,4	+4,9	+6,3
1,2				-0,8	-0,4	+0,3	+1,2	+1,9	+2,6	+3,3	+4,7	+6,1
1,25				-0,9	-0,4	+0,2	+1,1	+1,8	+2,5	+3,2	+4,7	+6,1
1,5				-1,2	-0,7	0,0	+0,9	+1,6	+2,3	+3,0	+4,5	+5,9
1,8					-1,2	-0,5	+0,4	+1,4	+2,1	+2,8	+4,2	+5,6
2					-1,5	-0,7	+0,3	+1,2	+1,9	+2,6	+4,1	+5,5
2,5					-2,3	-1,2	-0,2	+0,6	+1,5	+2,2	+3,6	+5,1
3						-2,1	-1,0	0,0	+0,7	+1,8	+3,2	+4,7
3,5						-2,7	-1,6	-0,9	+0,3	+1,0	+2,8	+4,2
4						-3,7	-2,6	-1,4	-0,2	+0,5	+2,4	+3,8

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
0,32	-0,1	+0,1	+0,4	+0,8	+1,3	+2,2	+3,5	+4,7	+6,0	+7,2	+9,7	+12,1
0,4	-0,2	-0,1	+0,3	+0,7	+1,3	+2,2	+3,4	+4,7	+5,9	+7,1	+9,6	+12,1
0,5		-0,2	+0,1	+0,6	+1,2	+2,1	+3,4	+4,6	+5,8	+7,1	+9,5	+12,0
0,6		-0,4	0,0	+0,5	+1,1	+2,1	+3,3	+4,5	+5,8	+7,0	+9,5	+11,9
0,63		-0,4	0,0	+0,5	+1,1	+2,0	+3,3	+4,5	+5,7	+7,0	+9,5	+11,9
0,75		-0,5	-0,2	+0,3	+0,9	+2,0	+3,2	+4,4	+5,7	+6,9	+9,4	+11,8
0,8		-0,6	-0,2	+0,2	+0,9	+1,9	+3,2	+4,4	+5,6	+6,9	+9,3	+11,8
1			-0,6	0,0	+0,7	+1,8	+3,0	+4,3	+5,5	+6,7	+9,2	+11,7
1,2				-0,3	+0,4	+1,5	+2,9	+4,1	+5,3	+6,6	+9,1	+11,5
1,25				-0,4	+0,4	+1,4	+2,8	+4,1	+5,3	+6,6	+9,0	+11,5
1,5				-0,6	+0,1	+1,2	+2,7	+3,9	+5,1	+6,4	+8,9	+11,3
1,8					-0,4	+0,8	+2,2	+3,7	+4,9	+6,1	+8,6	+11,1
2					-0,6	+0,6	+2,1	+3,6	+4,8	+6,0	+8,5	+11,0
2,5					-1,5	+0,1	+1,7	+2,9	+4,5	+5,7	+8,2	+10,6
3						-0,8	+0,9	+2,5	+3,7	+5,3	+7,8	+10,3
3,5						-1,3	+0,4	+1,6	+3,3	+4,5	+7,5	+9,9
4						-2,4	-0,6	+1,1	+2,9	+4,1	+7,1	+9,6



Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
0,32	0,0	+0,3	+0,7	+1,2	+2,0	+3,3	+5,1	+6,9	+8,6	+10,4	+13,9	+17,4
0,4	-0,1	+0,1	+0,6	+1,2	+2,0	+3,3	+5,1	+6,8	+8,6	+10,3	+13,8	+17,4
0,5		0,0	+0,5	+1,1	+1,9	+3,2	+5,0	+6,8	+8,5	+10,3	+13,8	+17,3
0,6		-0,2	+0,4	+1,0	+1,9	+3,2	+4,9	+6,7	+8,5	+10,2	+13,7	+17,3
0,63		-0,2	+0,3	+1,0	+1,8	+3,2	+4,9	+6,6	+8,4	+10,2	+13,7	+17,2
0,75		-0,3	+0,1	+0,8	+1,7	+3,1	+4,9	+6,6	+8,4	+10,1	+13,7	+17,2
0,8		-0,4	+0,1	+0,7	+1,6	+3,1	+4,8	+6,6	+8,3	+10,1	+13,6	+17,1
1			-0,3	+0,6	+1,5	+2,0	+4,7	+6,5	+8,2	+10,0	+13,5	+17,0
1,2				+0,2	+1,2	+2,7	+4,6	+6,4	+8,1	+9,9	+13,4	+16,9
1,25				+0,2	+1,1	+2,6	+4,6	+6,3	+8,1	+9,9	+13,4	+16,9
1,5				-0,1	+0,9	+2,5	+4,4	+6,2	+8,0	+9,7	+13,2	+16,8
1,8					+0,4	+2,0	+4,0	+6,0	+7,8	+9,5	+13,1	+16,6
2					+0,2	+1,8	+3,9	+5,9	+7,7	+9,4	+13,0	+16,5
2,5					-0,6	+1,4	+3,5	+5,3	+7,4	+9,2	+12,7	+16,2
3						+0,5	+2,7	+4,9	+6,7	+8,9	+12,4	+15,9
3,5						0,0	+2,3	+4,1	+6,3	+8,1	+12,1	+15,6
4						-1,0	+1,3	+3,6	+6,0	+7,7	+11,8	+15,4

Dicke s	Biegehalbmesser r											
	0,4	0,6	1	1,6	2,5	4	6	8	10	12	16	20
0,32	+0,2	+0,4	+1,0	+1,7	+2,7	+4,4	+6,7	+9,0	+11,3	+13,6	+18,1	+22,7
0,4	0,0	+0,3	+0,9	+1,7	+2,7	+4,4	+6,7	+9,0	+11,2	+13,5	+18,1	+22,7
0,5		+0,2	+0,8	+1,5	+2,6	+4,4	+6,6	+8,9	+11,2	+13,5	+18,0	+22,6
0,6		+0,1	+0,7	+1,5	+2,6	+4,3	+6,6	+8,9	+11,2	+13,4	+18,0	+22,6
0,63		0,0	+0,7	+1,5	+2,6	+4,3	+6,6	+8,9	+11,1	+13,4	+18,0	+22,6
0,75		-0,1	+0,5	+1,3	+2,4	+4,2	+6,5	+8,8	+11,1	+13,4	+17,9	+22,5
0,8		-0,2	+0,4	+1,2	+2,4	+4,2	+6,5	+8,8	+11,1	+13,4	+17,9	+22,5
1			+0,1	+1,1	+2,3	+4,1	+6,4	+8,7	+11,0	+13,3	+17,8	+22,4
1,2				+0,7	+2,0	+3,9	+6,3	+8,6	+10,9	+13,2	+17,7	+22,3
1,25				+0,7	+1,9	+3,8	+6,3	+8,6	+10,9	+13,2	+17,7	+22,3
1,5				+0,5	+1,7	+3,7	+6,2	+8,5	+10,8	+13,1	+17,6	+22,2
1,8					+1,2	+3,2	+5,8	+8,4	+10,6	+12,9	+17,5	+22,1
2					+1,1	+3,1	+5,7	+8,3	+10,6	+12,8	+17,4	+22,0
2,5					+0,2	+2,7	+5,4	+7,7	+10,4	+12,6	+17,2	+21,8
3						+1,9	+4,6	+7,4	+9,7	+12,4	+17,0	+21,5
3,5						+1,4	+4,2	+6,5	+9,4	+11,6	+16,8	+21,3
4						+0,3	+3,2	+6,2	+9,1	+11,4	+16,6	+21,1

2.2.6. Darstellung der Biegelinien

Die Biegelinie ist auf der Abwicklungszeichnung durch dünne Volllinie dargestellt. Diese Linie ist die Mitte der Biegerundung, d.h., ihre Lage wird bestimmt aus den jeweiligen Schenkellängen l_1 und l_2 zuzüglich bzw. abzüglich der Hälfte des entsprechenden Ausgleichswerts v . Abwicklungen sind nur dann gezeichnet, wenn die Darstellung des Blechzuschnitts am Fertigteil unübersichtlich wird (Bild 2.23).

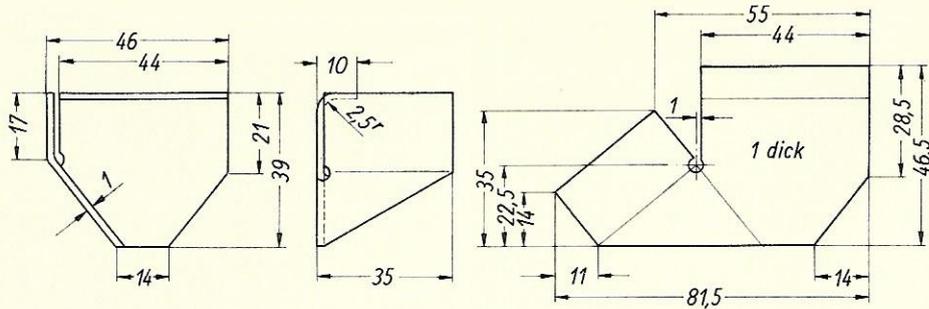


Bild 2.23 Abwicklung getrennt gezeichnet

Bei einfachen Formen wird meist die Abwicklung in die Darstellung des fertigen Blechteils gezeichnet (Bild 2.24). Dabei entfällt das Zeichnen der Biegelinie.

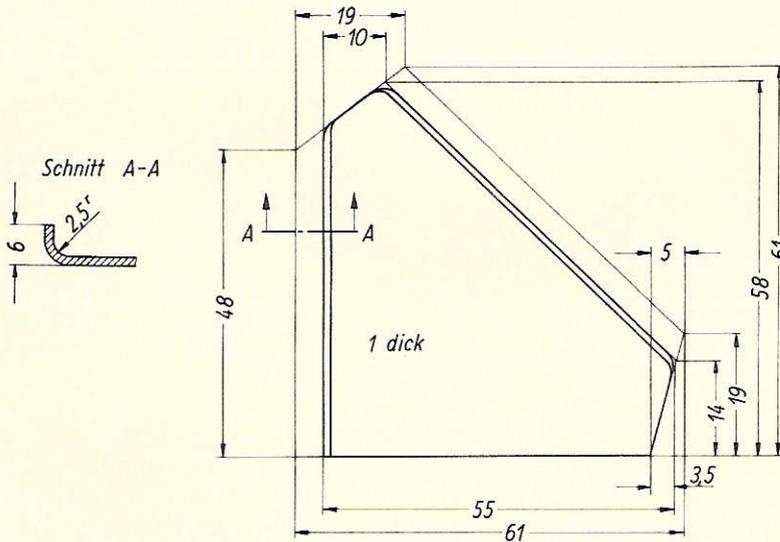


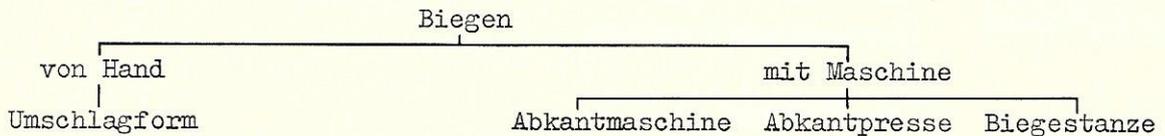
Bild 2.24 Abwicklung in der Darstellung

Aufgaben:

1. Warum soll beim Biegen die Biegelinie rechtwinklig zur Walzrichtung verlaufen?
2. Welche Maßnahme ist beim Biegen in Walzrichtung notwendig?
3. Welcher Biegehalbmesser r ist für Werkstoff LW 3126.35 (AlCuMg2) mit Blechdicke $s = 3 \text{ mm}$ und Biegewinkel $\alpha = 90^\circ$ zu wählen?

4. Es ist ein Winkelprofil mit Biegewinkel $\alpha = 120^\circ$, $s = 2 \text{ mm}$, $r = 4 \text{ mm}$, $l_1 = 30 \text{ mm}$ und $l_2 = 40 \text{ mm}$ zu biegen. Entnehmen Sie aus der Tabelle den Ausgleichswert v und berechnen Sie die gestreckte Länge L .
5. Berechnen Sie nach der Faustformel die gestreckte Länge L eines gleichschenkligen U-Profils, $s = 2,5 \text{ mm}$, Schenkellänge $l_1 = 20 \text{ mm}$, $l_2 = 30 \text{ mm}$.

3. Arbeitsverfahren



3.1. Biegen mit Umschlagform

3.1.1. Anwendung

Das Biegen von Hand ist unwirtschaftlich. Deshalb werden Bleche nur im Zusammenhang mit anderen Arbeitstechniken, wie z.B. Bördeln, um die Umschlagform gebogen (Bild 3.1). In diesen Fällen ist die Bördelform gleichzeitig Umschlagform. Das Blech wird mit einem Kunststoff-, Holz- oder Gummihammer umgeschlagen. Hämmer aus Metall strecken das Blech und sind deshalb nicht zu verwenden.



Bild 3.1 Umschlagen

3.1.2. Beschreibung

Umschlagformen (Bild 3.2) werden in der Regel zum Biegen dünner Bleche bis 3 mm aus nichtmetallischen Werkstoffen (Schichtholz) und für dicke Bleche aus Stahl oder Leichtmetallguß hergestellt. Sie bestehen aus dem Umschlag- und dem Gegenstück.

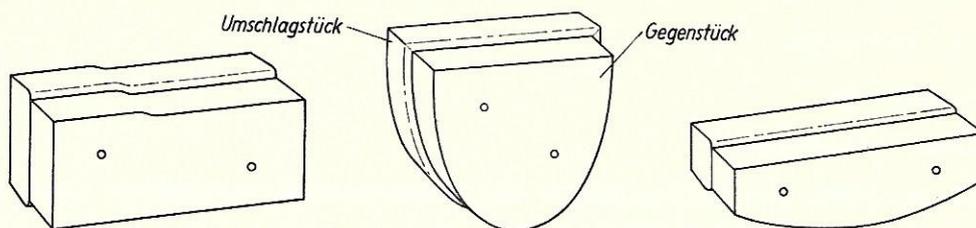


Bild 3.2 Umschlagformen

Beide Teile werden mit zwei oder mehr Stiften gegen Verschieben gesichert und lösbar miteinander verbunden. Die Stifte sitzen in einem Teil fest. Das Gegenstück hat zur Aufnahme der Stifte entsprechende Bohrungen. Die Stifte dienen gleichzeitig zum Halten des Blechs.

Das Umschlagstück ist an der Kante, über die das Blech gebogen wird, abgerundet. Der Halbmesser muß dem für das Blech vorgeschriebenen Biegehalbmesser entsprechen. Weil das Blech

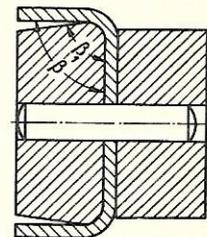
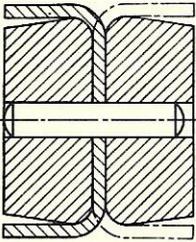


Bild 3.3
Einseitige
Umschlagform

beim Biegen zurückfedert, hat die Umschlagseite der Umschlagform (Bild 3.3) einen kleineren Winkel β_1 als der Schenkel des fertigen Werkstücks.



Das Gegenstück hat die Aufgabe, im Schraubstock oder anderen Spanmitteln das Blech fest und eben an das Umschlagstück zu drücken.

Oft sind an beiden Teilen der Umschlagform die Kanten gerundet und die Flächen abgeschrägt. Mit diesen Umschlagformen (Bild 3.4) können linke und rechte Bauteile gebogen (umgeschlagen) werden.

Bild 3.4
Zweiseitige
Umschlagform

3.1.3. Wartung

Umschlagformen sind stets flach abzulegen. Besonders die Rundungen sind vor Beschädigungen zu schützen, da sonst das Blech zerkratzt bzw. der vorgeschriebene Biegehalbmesser nicht eingehalten wird. Vor Gebrauch sind die Umschlagformen gründlich zu reinigen, damit beim Einspannen die Oberfläche des Blechs nicht verletzt wird.

Umschlagformen dürfen ohne Genehmigung durch die technische Prüfung nicht verändert werden.

Die Hammerbahn muß glatt und frei von Verunreinigungen sein.

3.1.4. Arbeitsgänge

Einzelfertigung:

1. Blech nach Zeichnung oder Schablone mit weichem Bleistift anzeichnen
2. Aufnahme- und Eckenbohrungen bohren
3. Bohrungen entgraten
4. nach Anriß zuschneiden
5. Blechkanten entgraten
6. Blech einrollen
7. lösungsglühen
8. richten (Richtwalze)
9. Blech zwischen die beiden Teile der Umschlagform einspannen (mit Schraubstock oder anderen Spanmitteln)
10. umschlagen (biegen)
11. ausspannen
12. richten
13. prüfen
14. warm auslagern
15. nachrichten
16. Endkontrolle

Serienfertigung:

- | | |
|--|------------------|
| 1. zuschneiden | 7. lösungsglügen |
| 2. entgraten | 8. richtwalzen |
| 3. bohren
(Aufnahmebohrungen für Oberfräse
und Umschlagform) | 9. umschlagen |
| 4. oberfräsen | 10. richten |
| 5. entgraten | 11. auslagern |
| 6. einrollen zum Lösungsglügen | 12. nachrichten |
| | 13. Endkontrolle |

Nach jedem Arbeitsgang prüfen lassen!

3.1.5. Arbeitsschutz

Umschlagform fest einspannen!

Lange Umschlagformen gegen Abgleiten sichern!

Der Hammerkopf muß durch einen Keil schräg zum Stielauge gesichert sein.

3.2. Biegen mit Abkantmaschine

3.2.1. Anwendung

Das Biegen mit der Abkantmaschine ist nur wirtschaftlich bei geringen Stückzahlen. In der Serienfertigung werden kleine Blechteile vorteilhafter mit der Biegestanze und breite Teile (Profile) mit der Abkantpresse gebogen.

3.2.2. Beschreibung

Abkantmaschinen (Bild 3.7, Seite 20) dienen zum Biegen von Blechen bis zu den für die einzelnen Abkantmaschinen zugelassenen Arbeitslängen und Blechdicken.

Das Blech wird dabei zwischen Unter- und Oberwange eingespannt und mit der Biegewange gebogen. Je nach Bauart der Maschine werden die Wangen von Hand oder durch Elektromotor bewegt (Bild 3.6).

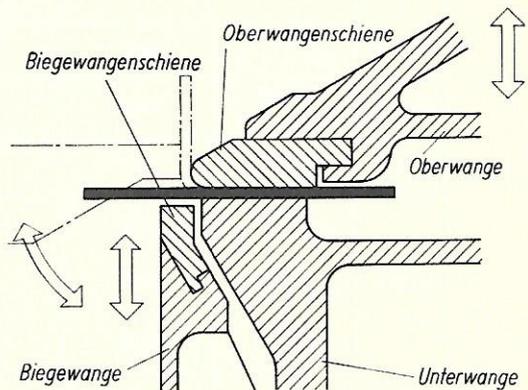
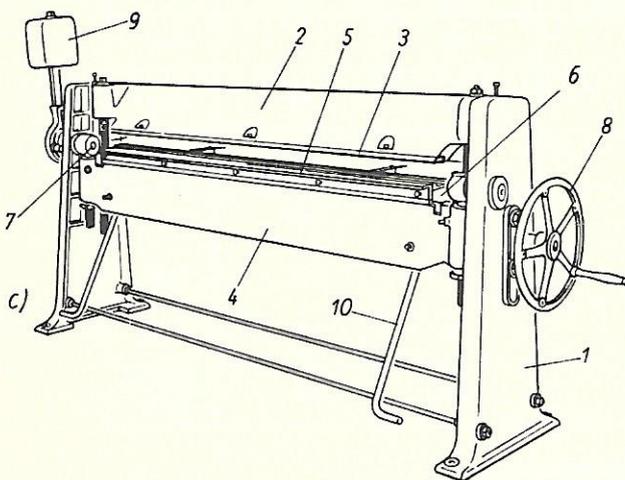
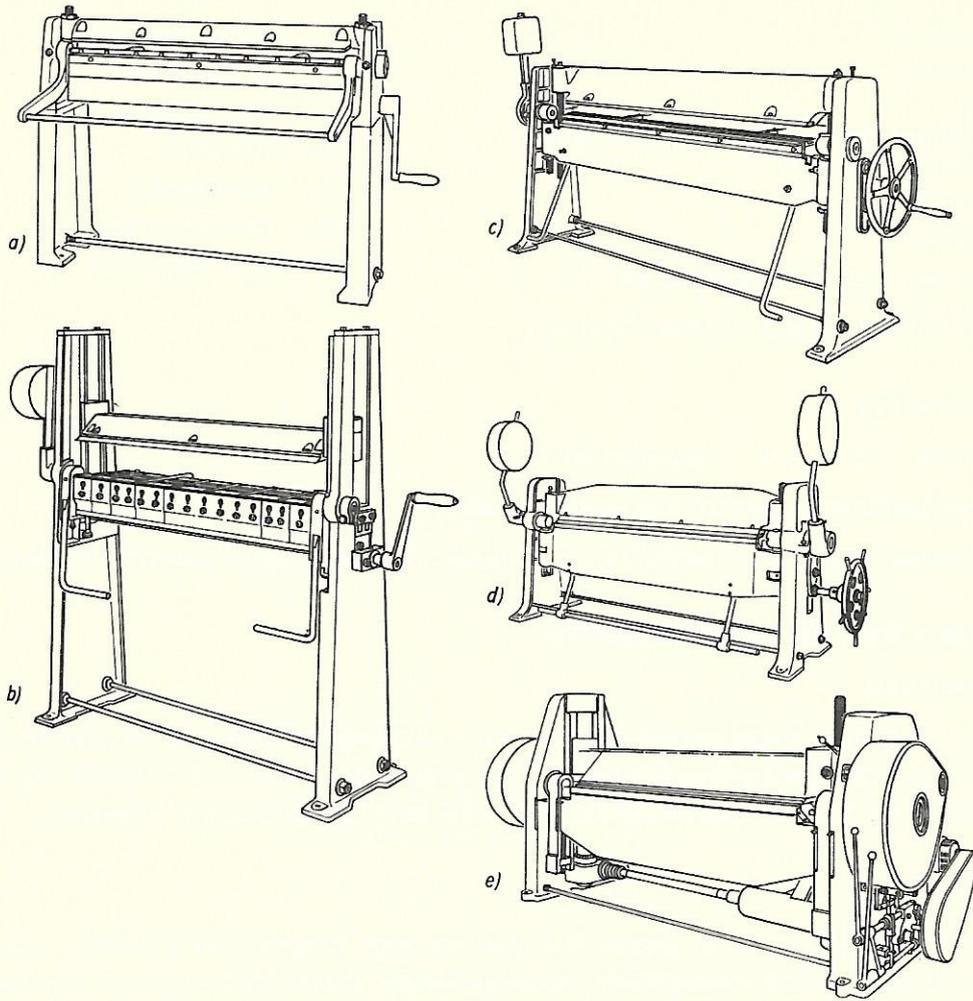


Bild 3.6 Wangenverstellung

- | | |
|----------------------|--|
| 1 Ständer | 6 Unterwange |
| 2 Oberwange | 7 Lagerung der Biegewange |
| 3 Oberwangenschiene | 8 Handrad zum Verstellen der Oberwange |
| 4 Biegewange | 9 Gegengewicht |
| 5 Biegewangenschiene | 10 Griff |

◀ Bild 3.5 Abkantmaschine



	Bezeichnung	Arbeitslänge mm	größte Blechdicke mm ($G_{20} = 50 \frac{kg}{mm^2}$)	Öffnungsweiten		Antrieb
				der Oberwange mm	der Unterwange mm	
Bild a	KBAH 1000 x 1.25	1000	1.25	100	-	Hand
Bild b	KBAHU 1000 x 1.25	1000	1.25	350	40	Hand
Bild c	KBAGBH 1000 x 2	1020	2	150	100	Hand
Bild d	KBAHV 1000 x 3.15	1000	3.15	200	100	Hand
	KBAHV 1600 x 3.15	1600	3.15	250	125	Hand
	KBAHV 2500 x 2	2500	2	250	125	Hand
Bild e	KBAO 2000 x 4	2000	4	200	160	Elektro- motor

Bild 3.7 Abkantmaschinen

Für die verschiedenartigen Formen und Biegeradien der zu biegender Blechteile stehen entsprechende Oberwangenschienen (Bild 3.8) zur Verfügung.

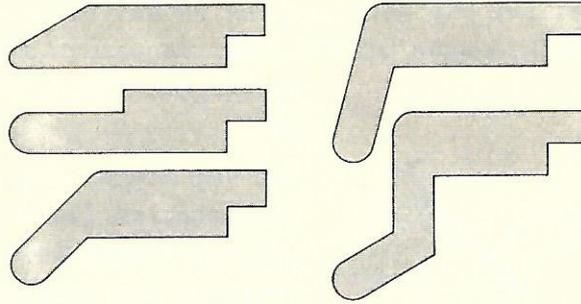


Bild 3.8 Oberwangenschienen

Um Überlastungen zu vermeiden, dürfen auf den Abkantmaschinen nur Bleche gebogen werden, deren Blechdicke s für die Maschinen zugelassen sind. Die angegebenen größten Blechdicken s (Bild 3.7) entsprechen Blechen mit einer Zugfestigkeit von $\sigma_{zB} = 50 \text{ kp/mm}^2$.

Die Oberwangenschiene wird in einer Längsnut und an Schraubenköpfen gehalten und läßt sich deshalb leicht auswechseln. Durch **L i n k s d r e h e n** der Schrauben mit einem Sechskantstiftschlüssel wird die Oberwangenschiene festgespannt (Bild 3.9).

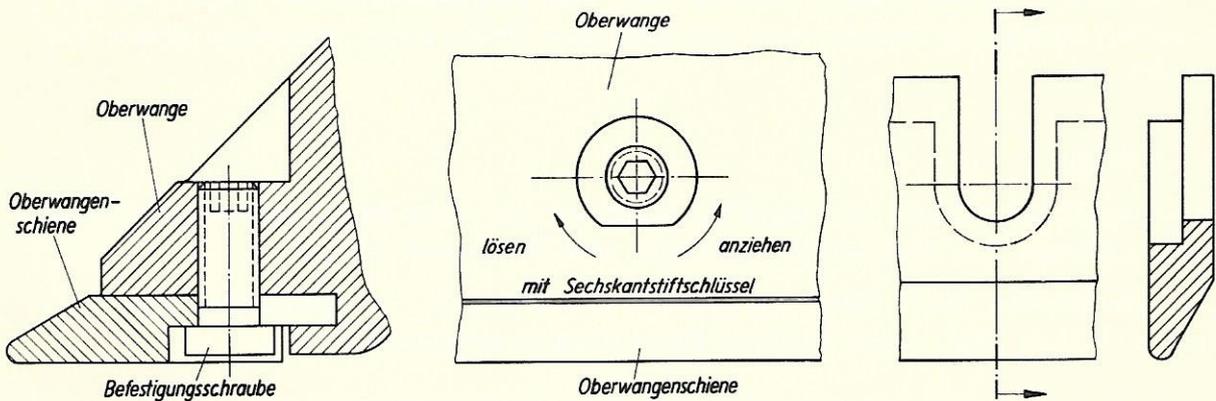


Bild 3.9 Befestigung der Oberwangenschiene

Zum Anlegen von Blechen gleicher Breiten ist auf der Unterwange ein verstellbarer Parallelanschlag (Bild 3.10) angebracht. Dieser Anschlag wird in Nuten geführt und läßt sich schnell entfernen.

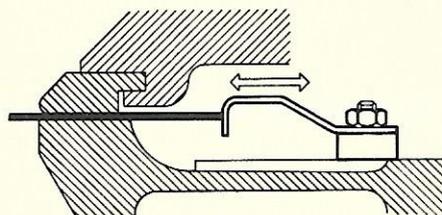
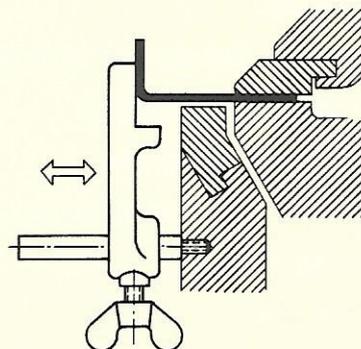


Bild 3.10 Anschlag an der Unterwange

► Bild 3.11 Anschlag an der Biegewange



Zum Anlegen langer Bleche, für die der Anschlag an der Unterwange nicht verwendbar ist, können die Biegewangen vieler Abkantmaschinen mit verstellbaren Anschlägen (Bild 3.11) versehen werden.

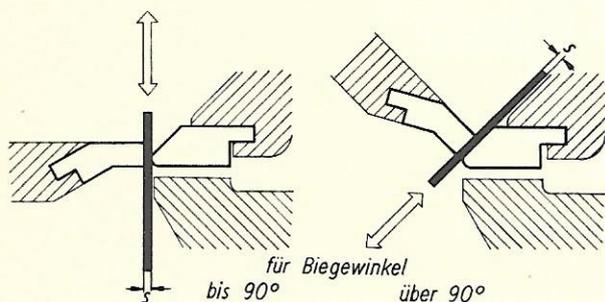


Bild 3.12 Einstellen der Biegewange

Vor dem Biegen ist die Biegewange so einzustellen (Bild 3.12), daß für normale Biegearbeiten der Abstand zwischen der Rundung der Oberwangeschiene und der Biegewangeschiene eine Blechdicke s beträgt.

Damit das Blech beim Biegen nicht verrutscht, wird es mit der an der Oberwange befestigten Oberwangeschiene fest gegen die Unterwange gespannt.

Um ein Verspannen der Oberwange zu vermeiden, müssen schmale Bleche genau Mitte Oberwange eingespannt werden oder sind an den Enden der Wangen zwischen Ober- und Unterwange Blechstreifen mit gleicher Blechdicke einzulegen.

Beim Biegen gleicher Winkel kann der auf dem Biegeachsenbolzen angebrachte Klemmring verwendet werden, auf dem eine mit Gradteilung versehene Skala befestigt ist.

3.2.3. Wartung

Abkantmaschinen sollen störungsfrei arbeiten und eine lange Lebensdauer haben. Deshalb müssen sie regelmäßig gereinigt und überwacht werden.

Alle arbeitenden Teile sind **a u s r e i c h e n d** zu schmieren. Die Schmierstellen sind durch farbige Markierungen gekennzeichnet,

gelbe Dreiecke bedeuten "mit Fett schmieren" und rote Punkte bedeuten "mit Öl schmieren".

Die Schmiermittelmenge richtet sich nach der Beanspruchung der Maschine. In die Getriebe der Abkantmaschinen mit elektromotorischen Antrieb ist laufend ausreichend Öl nachzufüllen.

3.2.4. Arbeitsgänge

Einzelfertigung:

1. Blech nach Zeichnung oder Schablone mit weichem Bleistift anzeichnen
2. nach Anriß zuschneiden
3. Blechkanten entgraten
4. einrollen zum Lösungsglühen
5. Lösungsglühen
6. richtwalzen

7. Abkantmaschine aufrüsten (auf Sauberkeit und Funktion überprüfen und gegebenenfalls entsprechende Oberwangenschiene einsetzen)
8. Biegewange entsprechend der Blechdicke einstellen (Bild 3.12)
9. Reihenfolge der Abkantungen festlegen
10. Einspanntiefen ermitteln (Bild 3.13)
11. Blech mit Tiefenmaß einschieben (Bild 3.14)
12. Blech zwischen Ober- und Unterwange festspannen
13. biegen (Bild 3.15, Seite 24)
14. ausspannen
15. prüfen

Serienfertigung:

- | | |
|---|---|
| 1. zuschneiden | 10. Maschine aufrüsten und Reihenfolge der Arbeitsgänge festlegen |
| 2. entgraten | 11. Einspanntiefen ermitteln |
| 3. bohren (Aufnahmebohrungen für Oberfrässchablone) | 12. Anschlag einstellen |
| 4. entgraten | 13. Muster biegen und Erstkontrolle |
| 5. oberfräsen | 14. biegen |
| 6. entgraten | 15. nachrichten |
| 7. einrollen zum Lösungsglühen | 16. auslagern |
| 8. lösungsglühen | 17. nachrichten |
| 9. richtwalzen | 18. Endkontrolle |

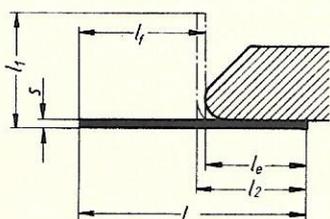


Bild 3.13 Einspanntiefe

Einspanntiefe $l_e = L - l_f$

$l_e = l_2 - s$

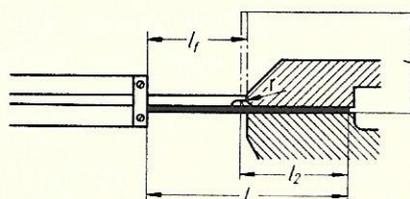


Bild 3.14 Einschieben mit Tiefenmaß

Faustformel:

freie Länge $l_f = \text{Schenkellänge } l_1 - \frac{r}{2}$

3.2.5. Arbeitsschutz

Das zum Entlasten der Biegewange angebrachte Gegengewicht muß so eingestellt sein, daß sich die Biegewange nicht von selbst nach oben bewegen kann.

Das Gegengewicht muß durch ein Schutzgitter gesichert sein.

Vorsicht beim Bewegen der Wangen - Quetschgefahr!

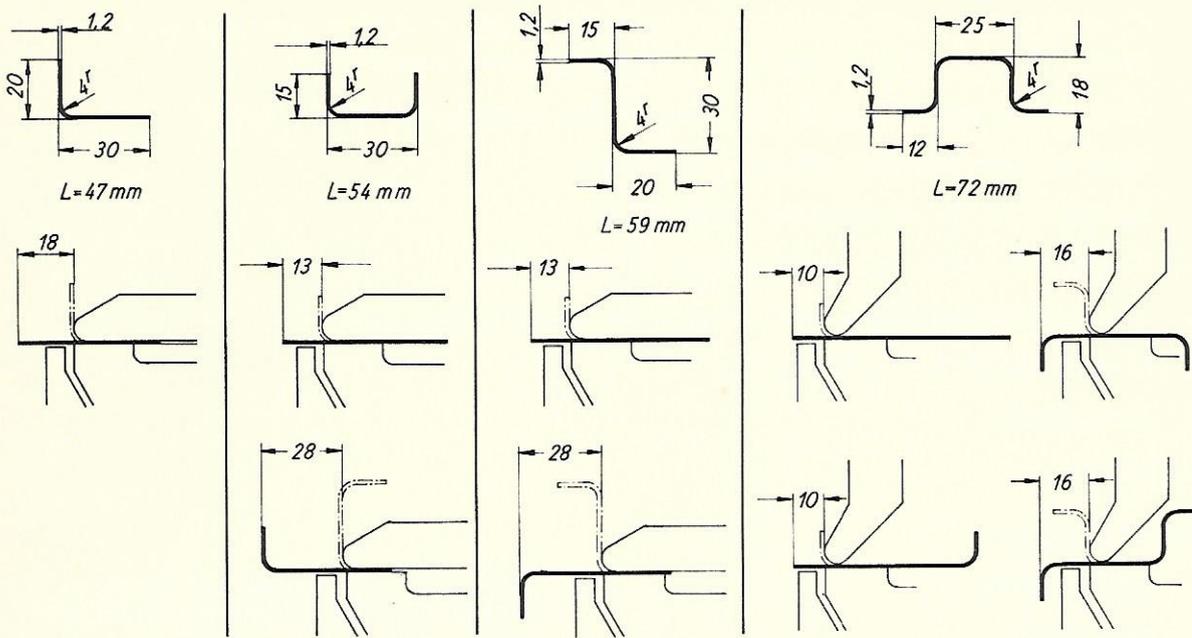


Bild 3.15 Abkanten von Profilen (Beispiele)

3.3. Biegen mit Abkantpresse

3.3.1. Anwendung

Das Biegen mit der Abkantpresse ist nur bei Serienfertigung wirtschaftlich. Da die Arbeitsbreiten der Abkantpressen allgemein größer sind als die der Handabkantmaschinen, müssen oft auch Einzelstücke oder geringe Stückzahlen auf der Abkantpresse gebogen werden. Die Abkantpressen sind so kräftig gebaut, daß sich mit ihnen auch dicke Bleche biegen lassen. Für die verschiedenartigen Formen und Biegeradien der zu biegenden Blechteile stehen entsprechende Werkzeuge zur Verfügung. Die Werkzeuge sind so gestaltet, daß beim Abkanten die beiden Schenkel des Blechteils gleichzeitig gebogen werden (Bild 3.17).

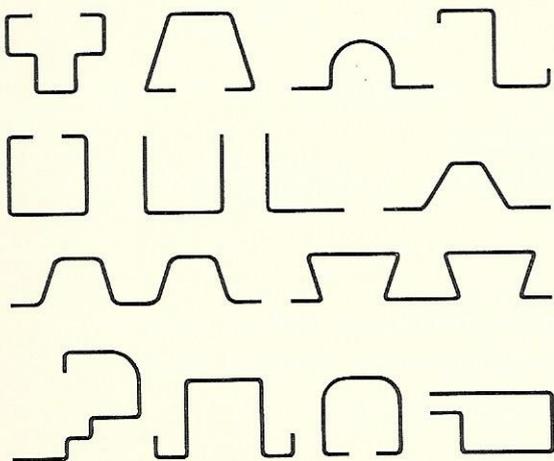


Bild 3.16 Profilquerschnittsformen

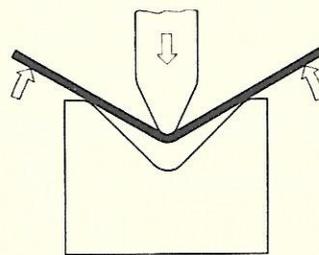
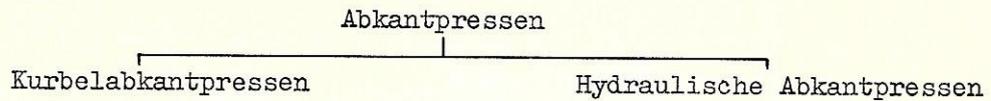


Bild 3.17 Gleichzeitiges Biegen beider Schenkel

3.3.2. Beschreibung



Kurbelabkantpresse

Die Kurbelabkantpresse wird mechanisch angetrieben. Sie ist für Einzel- und Dauerhub ausgelegt. Auf "Ab- und Aufwärtsgang" eingestellt, wird beim Schalten des Hand- oder Fußschalters (10) die Kupplung (Bild 3.19) eingerückt und der Arbeitshub der Oberwange (3) beginnt. Wird der Hand- oder Fußschalter (10) freigegeben, bleibt die Maschine sofort stehen. Bei Einzelhub geht die Oberwange (3) bis zum oberen Totpunkt zurück. Bei Dauerhub bewegt sich die Oberwange so lange auf und ab wie der Schalter eingerückt bleibt.

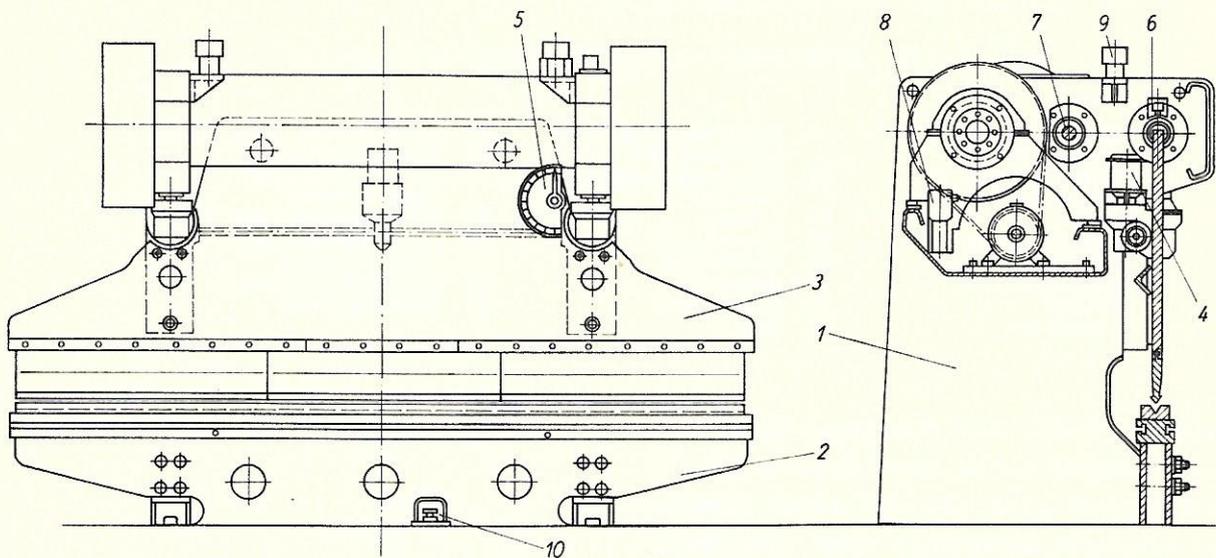


Bild 3.18 Kurbelabkantpresse

- | | |
|-------------------|---------------------|
| 1 Ständer | 6 Exzenterwelle |
| 2 Tisch | 7 Vorgelegewelle |
| 3 Oberwange | 8 Steuerventil |
| 4 Verstellantrieb | 9 Zentralschmierung |
| 5 Anzeige | 10 Fußschalter |

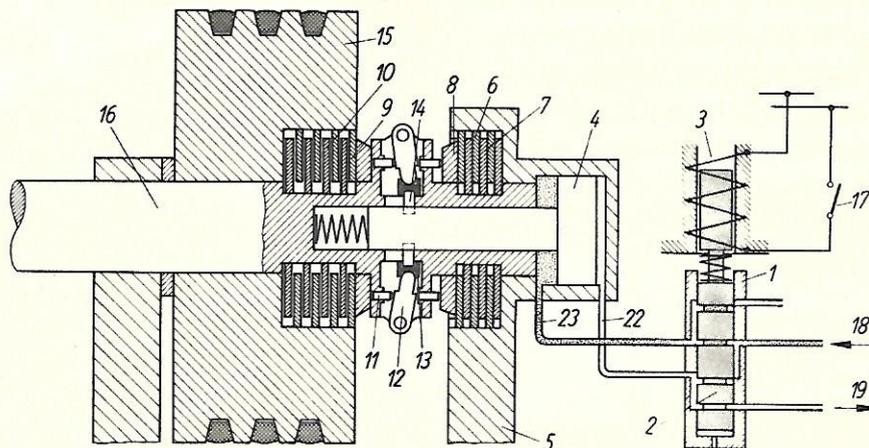


Bild 3.19a Arbeitsweise der Kupplung (gebremst)

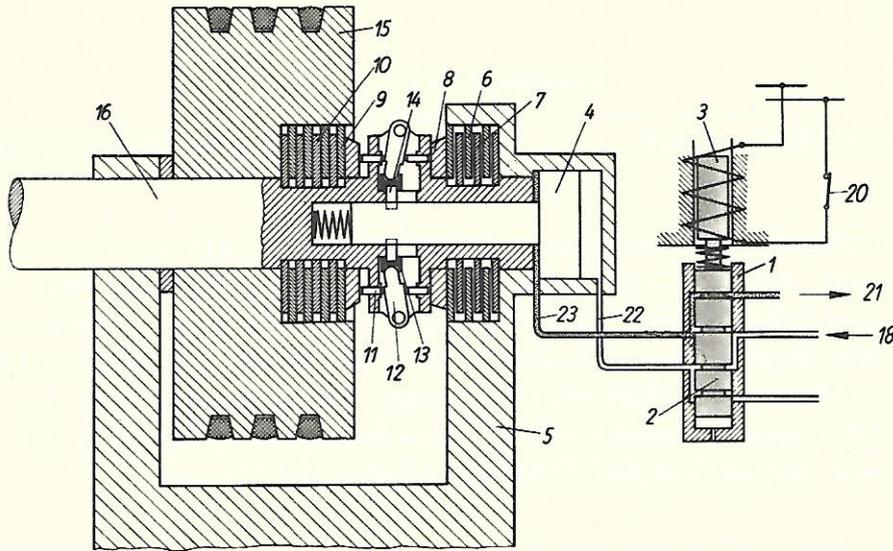


Bild 3.19b Arbeitsweise der Kupplung (gekuppelt)

- | | | |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 Magnetsteuerventil | 9 Kupplungslamellen (Schwungrad) | 17 Schalterstellung "AUS" |
| 2 Steuerkolben | 10 Kupplungslamellen (Welle) | 18 Drucklufteinlaß |
| 3 Elektromagnet | 11 Bolzen | 19 Druckluftauslaß beim Bremsen |
| 4 Arbeitskolben | 12 Druckhebel | 20 Schalterstellung "EIN" |
| 5 Lager | 13 Gleitring | 21 Druckluftauslaß beim Kuppeln |
| 6 Bremslamellen (Gehäuse) | 14 Querkeil | 22 Kupplungsleitung |
| 7 Bremslamellen (Welle) | 15 Schwungrad | 23 Bremsleitung |
| 8 Druckring | 16 Welle | |

Beim Einrücken des Schalters wird eine elektromagnetische Ventilsteuerung (1) wirksam und gibt die von einem Kompressor erzeugte Druckluft frei. Die Druckluft strömt in den Arbeitszylinder und drückt auf den Kolben (4), der das Einrücken der Kupplung bewirkt. Der Arbeitsdruck ist mit dem Druckminderer einstellbar.

Die untere Begrenzung des Oberwerkzeugs wird über ein Verstellgetriebe (Bild 3.20) eingestellt, das ein zusätzlicher Motor (3) antreibt. Dieser Motor ist mit einem Druckknopfschalter (1) ein- und ausschaltbar.

- | | |
|------------------------------------|------------------|
| 1 Schalter | 8 Exzenter |
| 2 Verstellgetriebe - Motor | 9 Antrieb |
| 3 Getriebe (Motor/Welle) | 10 Anzeigetriebe |
| 4 Gelenk | 11 Zeiger |
| 5 Getriebe (Welle - Spindel) | 12 Skala |
| 6 Lager (Spindelhülse - Oberwange) | 13 Führung |
| 7 Spindel | 14 Oberwange |
| | 15 Oberwerkzeug |

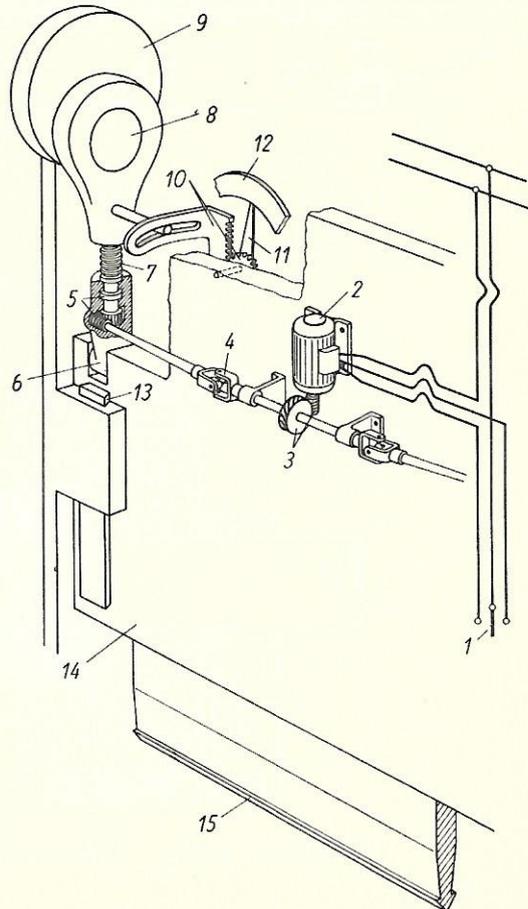


Bild 3.20 Verstellgetriebe

Hydraulische Abkantpresse

Die hydraulische Abkantpresse arbeitet mit einem durch Elektromotor (4) getriebenes Hydrauliksystem. Sie hat gegenüber der mechanisch angetriebenen Abkantpresse zahlreiche Vorteile.

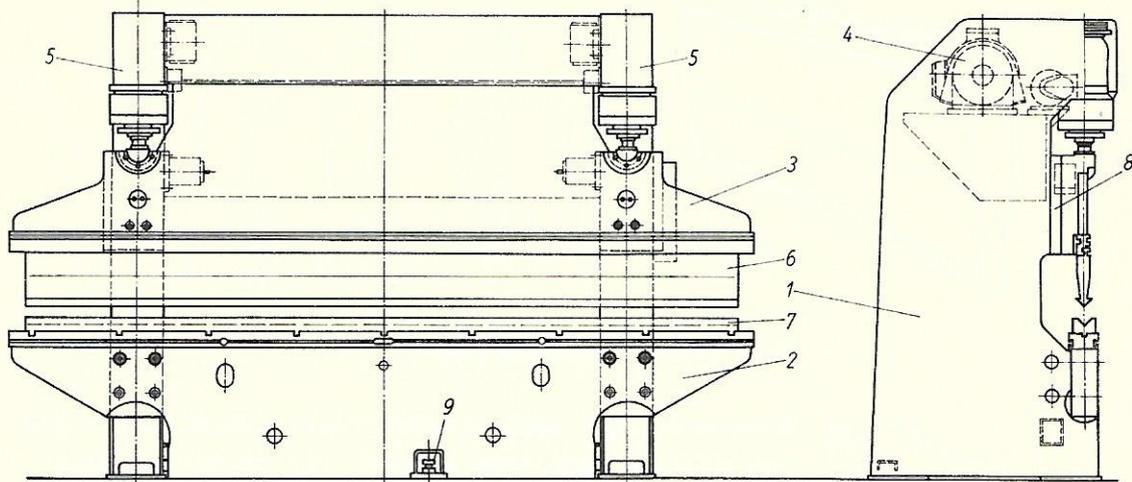


Bild 3.21 Hydraulische Abkantpresse

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1 Ständer | 6 Oberwerkzeug |
| 2 Tisch | 7 Unterwerkzeug |
| 3 Oberwange | 8 Führung |
| 4 Antriebsmotor | 9 Schalter |
| 5 Arbeitszylinder | |

Beim Einrücken des Hand- oder Fußschalters (9) wird Hydrauliköl in den Arbeitszylinder (5) gedrückt. Das Öl überträgt den Druck über den Kolben auf die Oberwange (3).

Die durch den Flüssigkeitsdruck wirkende Preßkraft (Bild 3.22) stellt sich nach dem beim Abkanten auftretenden Widerstand (Formänderungswiderstand) ein, d.h., die Preßkraft wirkt gleichbleibend über den ganzen Hub. Durch das Einstellen der Preßkraft auf den Widerstand wird die Abkantpresse nicht überlastet.

Da die Stößelgeschwindigkeit (Geschwindigkeit der Oberwange) einstellbar ist, kann das plötzliche

Hochschlagen großer Blechtafeln an die Oberwange vermieden werden. Der Hub kann stufenlos verändert und somit auch die jeweils wirtschaftlichste Hubfrequenz eingestellt werden. Beim Biegen einfacher, kleiner Blechteile wird beispielsweise mit hohen Hubzahlen gearbeitet.

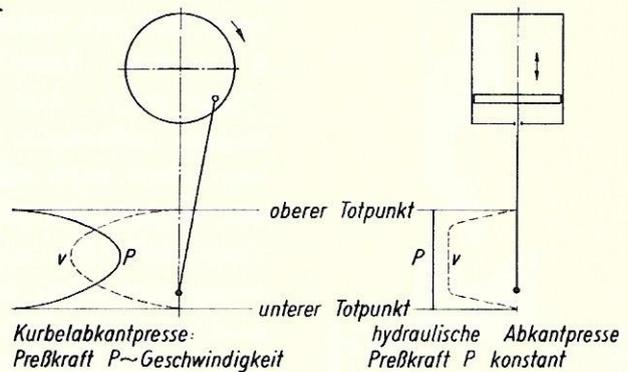


Bild 3.22 Preßkraft

3.3.3. Werkzeuge

Auf den Abkantpressen werden Ober- und Unterwerkzeuge verwendet. Als Oberwerkzeuge stehen Biegewangen (Bild 3.23) von 500 bis 750 mm Länge zur Verfügung.

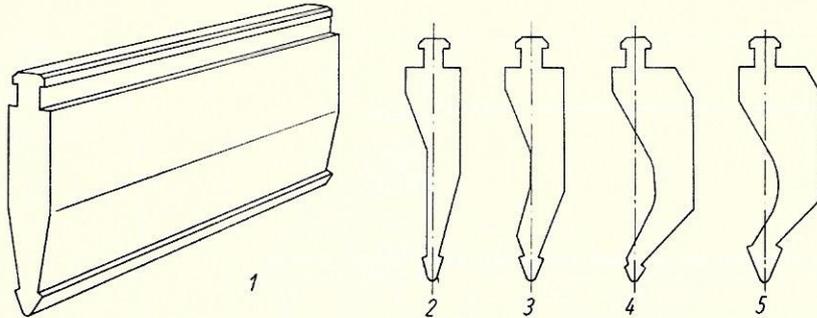


Bild 3.23 Oberwerkzeuge

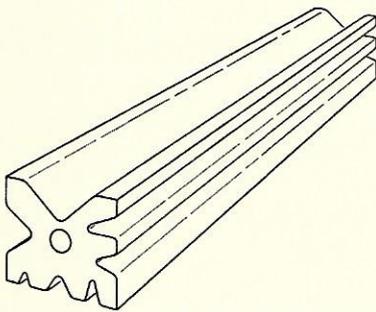


Bild 3.24 Blockmatrize

Unterwerkzeuge sind Blockmatrizen (Bild 3.24), die bis 4000 mm lang sein können. Die Werkzeuge sind aus gehärtetem Stahl, um eine hohe Standzeit zu gewährleisten. Die Biegekanten müssen poliert sein.

Einrichten der Werkzeuge

Die Werkzeuge sind sehr sorgfältig einzubauen und einzurichten, denn davon hängt die Qualität der Arbeit, die Lebensdauer der Maschine und der Werkzeuge und die Sicherheit des Bedienenden und seiner Mitmenschen ab. Die Blockmatrize muß **f e s t** auf den Tisch geschraubt und so eingerichtet werden, daß das Oberwerkzeug **g e n a u** auf **M i t t e** Vertiefung der Blockmatrize wirkt (Bild 3.25), d.h., Oberwerkzeug und Blockmatrize müssen senkrecht übereinstimmen. Unmittiges Einrichten führt beim Abkanten zu Schäden an der Maschine, den Werkzeugen und dem Biegeteil. Mit der "Feineinstellung" läßt sich die untere Hubbegrenzung (unterer Totpunkt) regulieren. Das Oberwerkzeug darf nicht auf dem Blech oder gar auf der Blockmatrize fest aufsitzen, weil dadurch Schäden auftreten (Verbiegen der Druckspindel). Deshalb muß beim Einstellen der unteren Hubbegrenzung stets zwischen Blech und Unterwerkzeug ein Luftspalt (Bild 3.26) bleiben. Der genaue Öffnungswinkel der Blechteile läßt sich am besten an einem Probeblech einstellen.

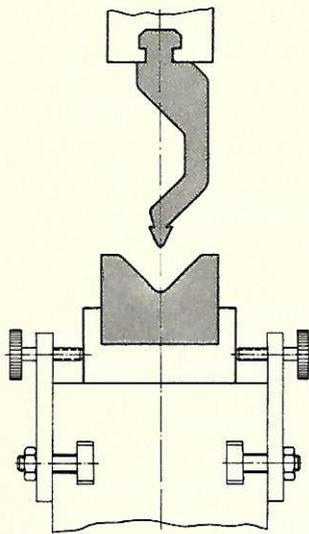


Bild 3.25 Einrichten der Werkzeuge

Anschläge

Hauptsächlich bei der Serienfertigung werden zum Anlegen der Bleche Anschläge verwendet. Der vorhandene hintere Anschlag (Bild 3.27) läßt sich durch eine Spindel mit Handrad parallel oder schräg

zur Biegelinie einstellen. Reicht der vorhandene hintere Anschlag nicht aus, so kann ein vorderer Anschlag (Bild 3.28) angebaut werden. Ebenfalls ist es möglich, je nach Bedarf, vor allem beim Biegen komplizierter Teile, noch zusätzliche Anschläge anzubauen.

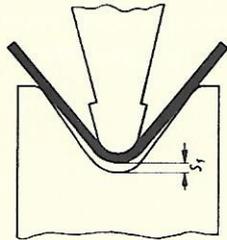


Bild 3.26 Luftspalt

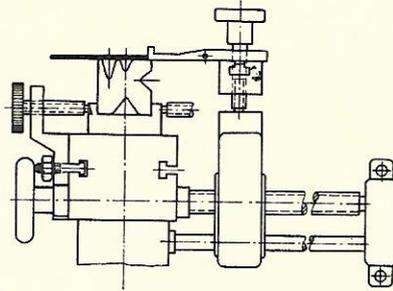


Bild 3.27 Hinterer Anschlag

Wartung

Abkantpressen sind sehr teure Maschinen. Sie sollen eine lange Lebensdauer haben und jederzeit störungsfrei arbeiten. Deshalb müssen sie regelmäßig überwacht und gereinigt werden. Die Abkantpresse ist genau nach den vom Herstellerwerk mitgelieferten Vorschriften zu warten. Sauberkeit muß für Maschine und Werkzeug oberster Grundsatz sein. Alle arbeitenden Teile sind regelmäßig ausreichend zu schmieren. Kupplungs- und Bremsbeläge sind laufend zu kontrollieren und, wenn notwendig, müssen Kupplungen und Bremsen nachgestellt bzw. neu belegt werden. Druckluftleitungen müssen frei von Kondensat sein. Die elektrische Anlage ist vom Betriebselektriker zu überwachen. Besonders die Notschalter sind von ihm laufend zu kontrollieren. Die Werkzeuge müssen regelmäßig überprüft werden, um den Verschleiß rechtzeitig zu erkennen.

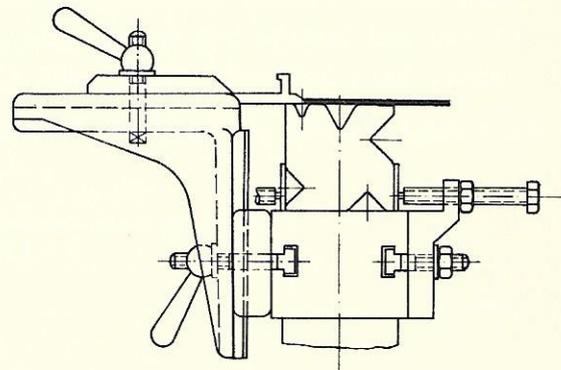
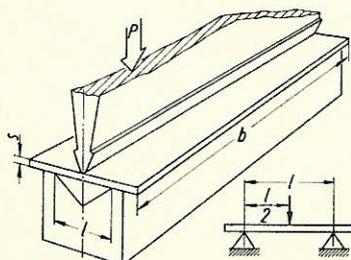


Bild 3.28 Vorderer Anschlag

3.3.4. Kraftbedarf

Zum Biegen muß die wirtschaftlichste Maschine verwendet werden, d.h., die Nennkraft der Abkantpresse darf keinesfalls kleiner und soll möglichst nicht wesentlich größer sein als die Biegekraft P_b . Der erforderliche Kraftbedarf wird nach den bekannten Formeln (Stange, Tabellenbuch Metall, S. 126, Fachrechnen Werkzeugmacher, S. 110) berechnet:



- P_b Biegekraft in kp
- b Breite des Biegeteils an der Biegestelle in mm
- s Blechdicke in mm
- G_b Bruchfestigkeit des Werkstoffs in $\frac{kp}{mm^2}$
- l Stützweite in mm

◀ Bild 3.29

Biegemoment = Widerstandsmoment · Biegespannung

$$M_b = W \cdot \sigma_b$$

$$M_b = \frac{P_b \cdot l}{4}$$

$$W = \frac{b \cdot s^2}{6}$$

Da σ_b zwischen σ_f und σ_B liegt, wird mit Sicherheit in die Formel σ_B eingesetzt.

$$\frac{P_b \cdot l}{4} = \frac{b \cdot s^2}{6} \cdot \sigma_B$$

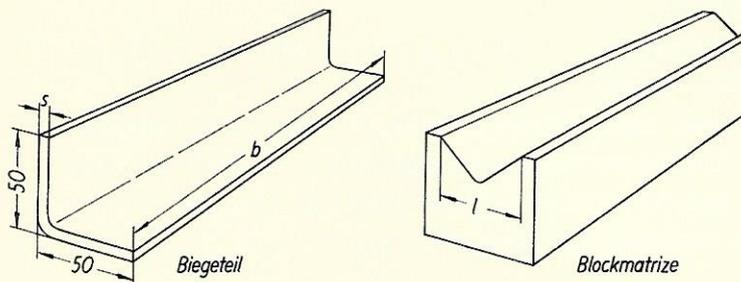
$$P_b = \frac{2b \cdot s^2 \cdot \sigma_B}{3 \cdot l}$$

Die nach dieser Formel errechneten Werte liegen zu niedrig, da Toleranzen der Blechdicke und Breite und das Ausgleichen der Rückfederung nicht berücksichtigt sind. Dazu ist erfahrungsgemäß die 2,5fache Biegekraft notwendig.

Demnach ergibt sich der gesamte Kraftbedarf aus:

$$P_b = \frac{2b \cdot s^2 \cdot \sigma_B}{3 \cdot l} \cdot 2,5 \text{ in kp}$$

Beispiel:



Gegeben: $b = 1000 \text{ mm}$
 $s = 3 \text{ mm}$
 $\sigma_B = 40 \frac{\text{kp}}{\text{mm}^2}$
 $l = 60 \text{ mm}$

Gesucht: Biegekraft P_b
in kp

Bild 3.30

Lösung:

$$P_b = \frac{2b \cdot s^2 \cdot \sigma_B}{3 \cdot l} \cdot 2,5$$

$$P_b = \frac{2 \cdot 1000 \text{ mm} \cdot \text{mm}^2 \cdot 40 \text{ kp}}{3 \cdot 60 \text{ mm} \cdot \text{mm}^2}$$

$$\underline{\underline{P_b = 10\ 000 \text{ kp}}}$$

Zum Biegen ist eine Abkantpresse mit Nennkraft $\geq 10\ 000 \text{ kp} \geq 10 \text{ Mp}$ zu verwenden.

3.3.5. Arbeitsgänge

Serienfertigung

1. zuschneiden
2. entgraten
3. bohren (Aufnahmebohrungen für Oberfrässchablone)
4. entgraten
5. oberfräsen
6. entgraten
7. einrollen zum Lösungsglühen
8. lösungsglühen
9. richtwalzen
10. Abkantpresse aufrüsten und Reihenfolge der Arbeitsgänge festlegen
11. Anschlagstellung ermitteln
12. Anschlag einstellen
13. Muster biegen
14. Muster prüfen
15. biegen
16. nachrichten
17. auslagern
18. Endkontrolle

Werkstücke nach jedem Arbeitsgang prüfen lassen!

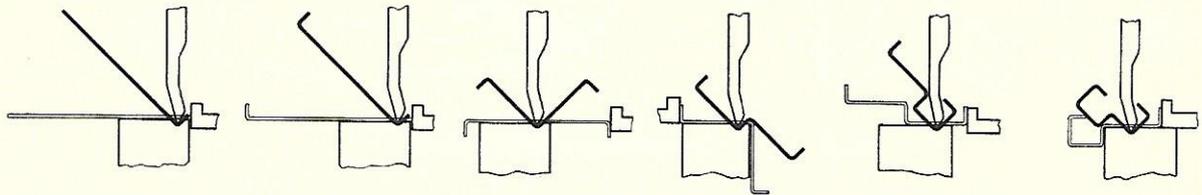


Bild 3.31 Reihenfolge der Arbeitsgänge eines abzukantenden Profils (Beispiel)

Ermitteln der Anschlagstellung

Der Abstand a zwischen Anschlag und Mitte Kimmte des Oberwerkzeugs beträgt Schenkellänge l minus halben Ausgleichswert $\frac{\sqrt{r}}{2}$.

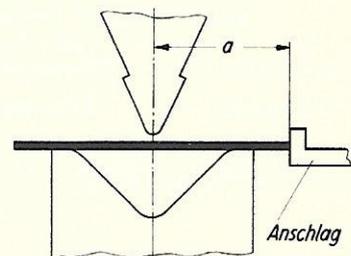


Bild 3.32 Anschlagstellung

$$a = l - \frac{\sqrt{r}}{2}$$

3.3.6. Arbeitsschutz

Nur mit einwandfrei arbeitenden Sicherheitsschaltern ausgestattete Abkantpressen bedienen.

An der Abkantpresse arbeitende Personen nicht von hinten ansprechen oder erschrecken.

Ober- und Unterwerkzeuge fest einspannen.

Sich bewegende Maschinenteile nicht anfassen.

3.4. Biegen mit Biegestanze

3.4.1. Anwendung

Das Biegen mit der Biegestanze ist nur wirtschaftlich, wenn einfache, verhältnismäßig kleine Teile mit einer oder mehreren Biegungen in großen Stückzahlen gefertigt werden.

Zum Biegestanzen werden meist, um mehrere Biegungen in einem Arbeitsgang herstellen zu können, Sonderwerkzeuge verwendet. Diese werden in der Regel auf mechanisch oder hydraulisch angetriebene Pressen angebracht.

Biegewerkzeuge werden in den verschiedenartigsten Ausführungen angefertigt. Ihre Form wird von den zu biegenden Werkstücken bestimmt.

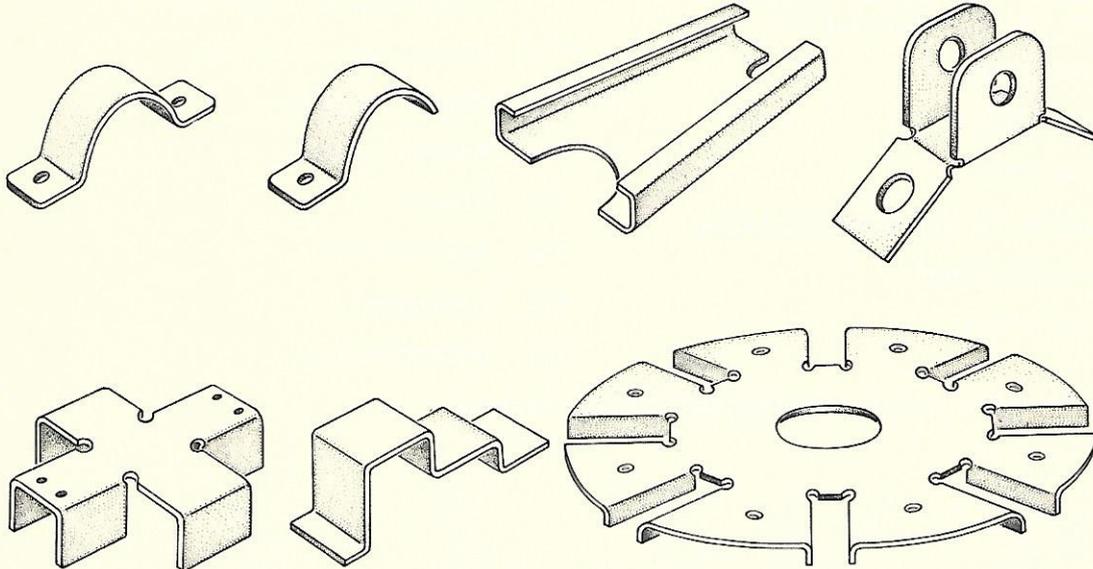
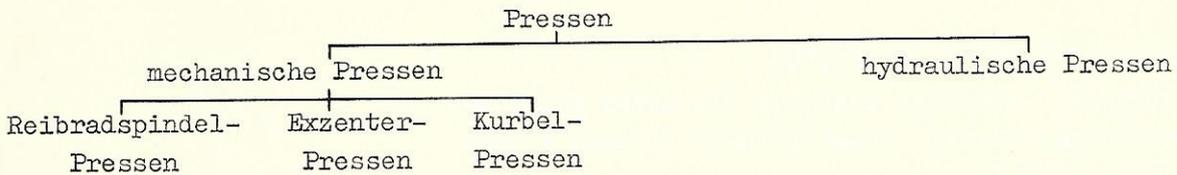
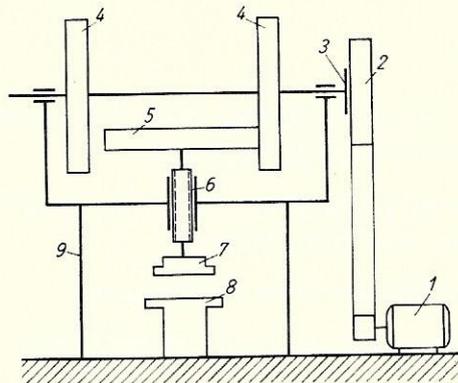
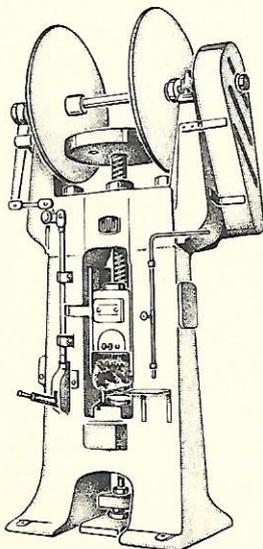


Bild 3.33 Gestanzte Biegeteile

3.4.2. Beschreibung



Reibradspindelpresse



- | | | |
|-------------------|---------------|-----------|
| 1 Antriebsmotor | 4 Reibscheibe | 7 Preßbär |
| 2 Antriebsscheibe | 5 Schwungrad | 8 Tisch |
| 3 Kupplung | 6 Spindel | 9 Ständer |

Bild 3.35 Schema einer Reibradspindelpresse

◀ Bild 3.34 Reibradspindelpresse

Die Preßkraft wird bei Reibradspindelpressen durch die Massenbewegung des Schwungrads (5) erzeugt. Die Reibscheiben (4) sitzen fest auf einer verschiebbaren Welle, die durch ein Hebelgestänge abwechselnd gegen das Schwungrad (6) drücken. Dabei entstehen linksdrehende und rechtsdrehende Bewegungen, die durch die Spindel (6) in geradlinige Auf- und Abbewegungen umgewandelt werden.

Exzenter- und Kurbelpresse

Bei der Exzenter- und Kurbelpresse wird nach dem Prinzip des Kurbeltriebs die drehende Bewegung der Exzenter- bzw. Kurbelwelle (4) in geradlinige umgesetzt. Pleuel (5) verbinden die Exzenter- bzw. Kurbelwelle (4) mit dem Preßbär (6). Im Bären lagern die Pleuelstangen in einem Kugelgelenk. Die Arbeitshöhe des Bären läßt sich durch ein verstellbares Gewinde einstellen.

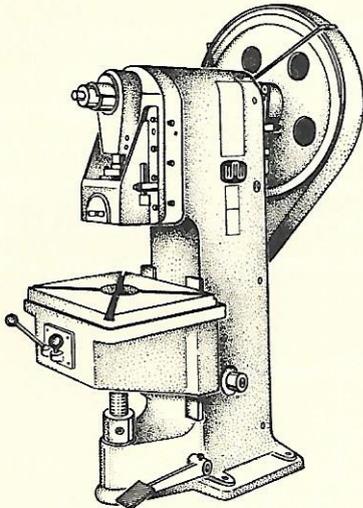


Bild 3.36 Exzenterpresse

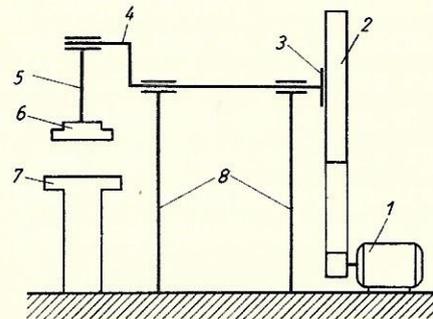


Bild 3.37 Schema einer Exzenterpresse

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1 Antriebsmotor | 5 Pleuel |
| 2 Schwungrad | 6 Preßbär |
| 3 Kupplung | 7 Tisch |
| 4 Exzenterwelle | 8 Ständer |

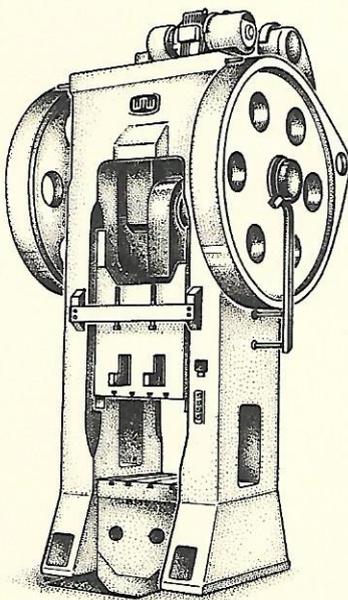


Bild 3.38 Kurbelpresse

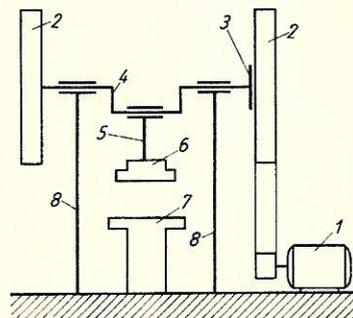


Bild 3.38a Schema einer Kurbelpresse

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1 Antriebsmotor | 5 Pleuel |
| 2 Schwungrad | 6 Preßbär |
| 3 Kupplung | 7 Tisch |
| 4 Kurbelwelle | 8 Ständer |

Einständer-Exzenterpressen						Zweiständer-Kurbelabkantpressen					
Typ PEEV	10	25	-	-	-	Typ PKZ	100	250	400	500	
Typ PEE	-	-	63	100	250	Preßkraft	MP	100	250	400	500
Preßkraft Mp	10	25	63	100	250	Gestellweite	mm	630	800	1000	1000
Ausladung mm	160	200	250	500	400	Hubzahl	$\frac{1}{\text{min}}$	4	4	18	12
Hubzahl $\frac{1}{\text{min}}$	140	125	56	48	40	Kraftbed. (Antrieb) kW		3,7	15	32	37
Kraftbed. kW	1	2	3	3,7	13	Kraftbed. (Verstellg.) kW		-	-	2,5	3,5

Bild 3.39 Gebräuchlichste Pressen

Hydraulische Presse

Bei der hydraulischen Presse drückt die Hydraulikpumpe eine Flüssigkeit durch die Zuführleitung (2) in den Zylinder (4). Nach dem Gesetz des hydrostatischen Drucks pflanzt sich der auf eine eingeschlossene Flüssigkeit wirkende Druck nach allen Seiten gleichmäßig fort, somit auch auf den Kolben, der dadurch bewegt wird. Um den Kolben und den mit ihm verbundenen Bär (7) in die Ausgangsstellung zurückzuführen, wird nach Umschalten eines Steuerventils die Flüssigkeit durch die Rückführleitung (3) in den Zylinderraum unterhalb des Kolbens gedrückt.

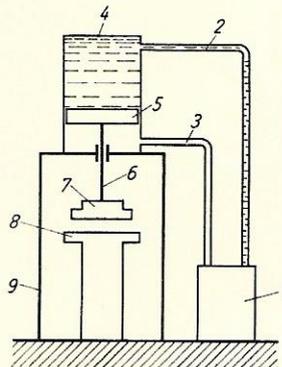
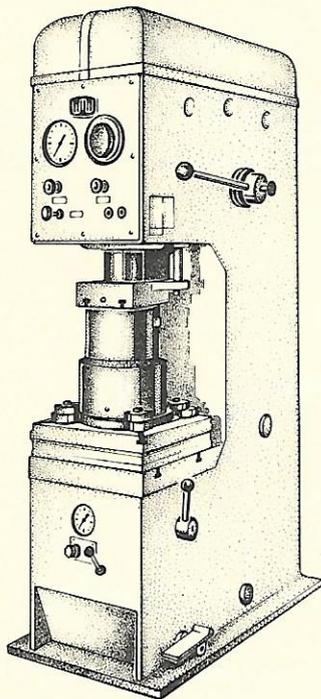


Bild 3.41 Schema einer hydraulischen Presse

- 1 Hydraulikpumpe und Ventilsteuerung
- 2 Zuführleitung
- 3 Rückführleitung
- 4 Zylinder
- 5 Kolben
- 6 Pleuel
- 7 Preßbär
- 8 Tisch
- 9 Ständer

Bild 3.40 Hydraulische Presse

Werkzeuge

Biegestanzen bestehen aus Ober- und Unterstempel. Je nach Art des zu biegender Bauteils können sie mit Aufnahmestiften, Einlagen, Festhaltern, Widerlagern und Auswerfern ausgerüstet sein, die vielfach kombiniert verwendet werden. Auch sind Kombinationen von Biege- und Schneidwerkzeugen möglich.

Die Kanten am Unterstempel, über die das Blech gebogen wird, nennt man Einlaufkanten. Diese müssen, um die Reibung zu verhindern und Blechschäden zu vermeiden, poliert sein. Liegen die Einlaufkanten dicht an der Biegekante, dann werden die Einlaufkanten unter einem Winkel von 45° abgeschragt. Dadurch wird das Biegeteil vor- und fertiggebogen.

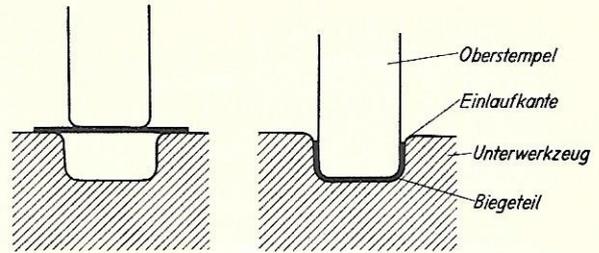


Bild 3.42 Unterstempel mit einfacher Einlaufkante

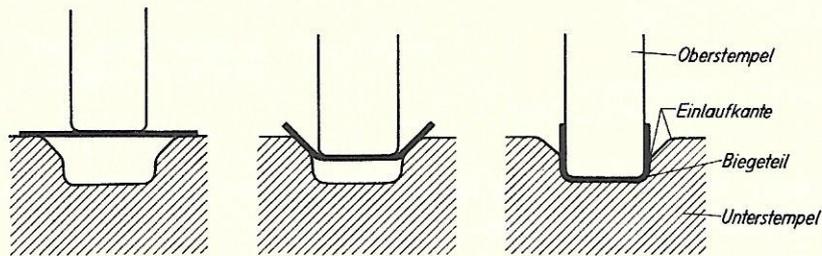


Bild 3.43 Unterstempel mit zweifacher Einlaufkante

Aufnahmestifte sichern das Biegeteil gegen Verrutschen und werden verwendet, wenn das Biegeteil günstig angeordnete Bohrungen hat.

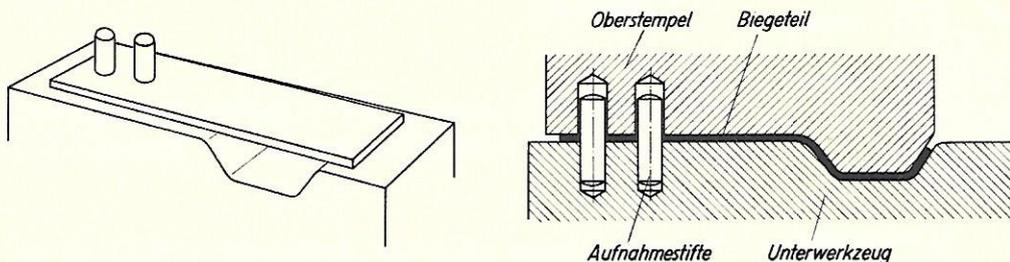


Bild 3.44 Anwendung der Aufnahmestifte

Einlagen dienen als Anschläge und sind mit dem Unterstempel durch Schrauben und Stifte verbunden.

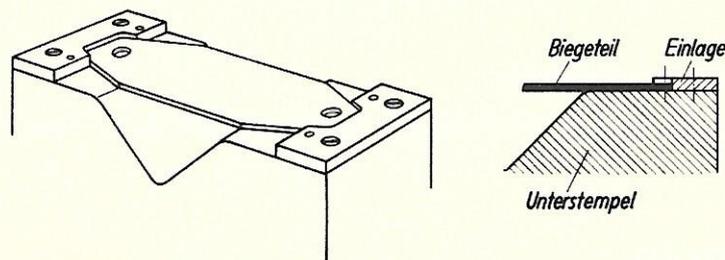


Bild 3.45 Unterstempel mit Einlage

Festhalter sichern das Blech gegen Hochschlagen und werden vor allem dann eingebaut, wenn das Biegeteil einseitig geformt wird.

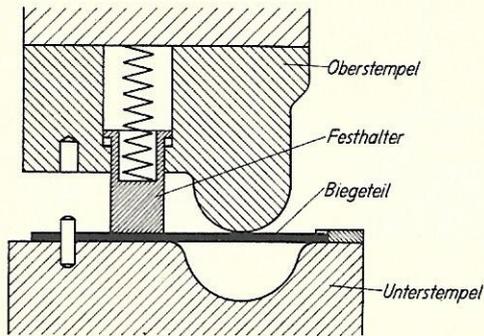


Bild 3.46 Oberstempel mit Festhalter

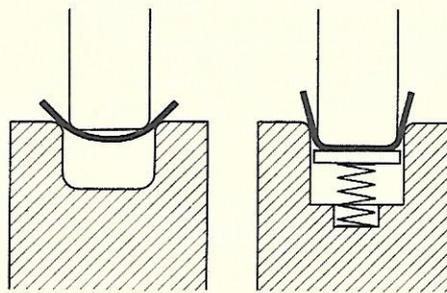


Bild 3.47 Biegen ohne und mit Widerlager

Gefederte Widerlager verhindern beim Biegen das Wölben der Böden von U-förmig oder ähnlich profilierten Biegeteilen.

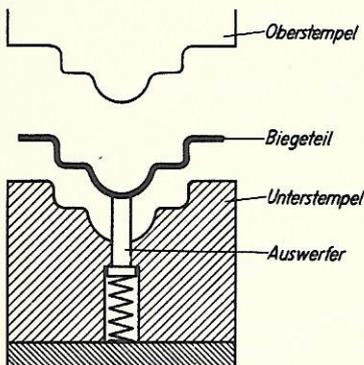


Bild 3.48 Unterstempel mit Auswerfer

Auswerfer entfernen die Biegeteile aus den Werkzeugen und werden in der Regel dann eingebaut, wenn sich die Teile weder von Hand noch durch Hilfsmittel lösen lassen.

3.4.3. Wartung

Pressen

Für die Presse gelten die gleichen Wartungsbedingungen wie für Abkantmaschinen (s. Abschn. 3.3.).

Werkzeuge

Vor dem Biegen sind die Werkzeuge gründlich zu reinigen. Beim Einrichten ist darauf zu achten, daß Ober- und Unterstempel formgerecht passen, da sonst der zu biegende Werkstoff und auch das Werkstück zerstört werden. Die Oberfläche des Werkzeugs, die das Blech berührt, muß frei von Kratzern sein. Besonders sind die polierten Einlaufkanten zu schützen. Unsaubere und beschädigte Werkzeuge verletzen die Oberflächen der Werkstoffe.

3.4.4. Arbeitsgänge und Arbeitsschutz

Vergleiche Arbeitsgänge und Arbeitsschutz im Abschnitt 3.3. Biegen mit Abkantpresse.

4. Arbeitsregeln

Vor dem Biegen Kraftbedarf ermitteln und die wirtschaftlichste Maschine wählen

Reihenfolge der Abkantungen sorgfältig festlegen

Nur die für die Abkantmaschinen zugelassenen Blechdicken verwenden
Oberwangenschienen mit den für das Blechteil vorgeschriebenen Biegeradius einsetzen

Biegewange parallel zur Oberwangenschiene einstellen

Beim Einstellen der Biegewange Blechdicke berücksichtigen

Bleche in die Mitte oder an den Enden Blechstreifen gleicher Dicke einlegen
Blechteil mit der Oberwange so fest spannen, daß es beim Biegen nicht verrutscht

Bei Mengenfertigung Anschläge verwenden

Maschinen nach den Vorschriften des Herstellers warten

Arbeitende Maschinenteile ausreichend schmieren

5. Ökonomische Betrachtung

Von den im Leichtbau verwendeten Formteilen nehmen die Profile einen breiten Raum ein. Profile lassen sich durch spanendes Formen (Fräsen), durch Abkanten aus Blech und durch Strangpressen herstellen. Abgesehen von den enorm hohen Werkstoffverlusten und Fertigungskosten wird beim spanenden Formen die Werkstoffstruktur zerstört und damit die Festigkeit des Bauteils gemindert. Spanlos geformte, abgekantete Blechprofile weisen diese Nachteile nicht auf, sie sind aber infolge der verschiedenen, notwendigen Arbeitsgänge teurer als Strangpreßprofile.

Leider kann die halbzeugherstellende Industrie wegen ihrer noch zu geringen Produktionskapazität den vielfältigen Bedarf an Strangpreßprofilen nicht decken. Deshalb werden vorerst hauptsächlich abgekantete Blechprofile verwendet. Da im Leichtbau die gebogenen Blechteile vorherrschend sind, fällt ein nicht unwesentlicher Betrag der Gesamtfertigungskosten auf diese Teile.

Gehen wir davon aus, daß unsere Erzeugnisse so billig wie möglich hergestellt werden müssen, um unserer Volkswirtschaft genügend Mittel für den weiteren sozialistischen Aufbau, für ein besseres Leben aller Schaffenden zuzuführen, müssen wir feststellen, daß die Kosten für gebogene Blechteile allgemein noch zu hoch sind. Wollen wir unsere Verpflichtungen dem Staat gegenüber erfüllen, müssen wir auch diese Kosten erheblich senken. Von den vielen Möglichkeiten dazu sollen an dieser Stelle nur die wichtigsten genannt werden:

Weitestgehende Standardisierung der Profile und Biegeteile sowie der notwendigen Werkzeuge.

Rationelle Ausnutzung der Werkstoffe.

Verbesserung des Produktionsablaufs durch Mechanisieren des Produktionsprozesses, vollkommenes Auslasten der Maschinen und Vermeiden von Verlustzeiten.

Vermeiden von Ausschuß durch geeignete Meß- und Prüfmittel, richtige Behandlung der Werkstoffe und fachgerechtes Bedienen von Maschinen und Werkzeugen.

Aufgaben:

1. Was ist beim Anfertigen einer Umschlagform bezüglich der Rückfederung des Werkstoffs zu berücksichtigen?
2. Warum dürfen Umschlagformen nicht eigenmächtig verändert werden?
3. Mit welchem Arbeitsmittel würden Sie 300 Stück Blechwinkel $s = 4$ mm, $l_1 = 50$ mm, $l_2 = 40$ mm, $b = 800$ mm aus LW 3455.55 (AlZnMgCu1,5) biegen?
4. Woran sind an der Abkantmaschine Fett-Schmierstellen zu erkennen?
5. Warum muß die Kurbelabkantpresse selbsttätig zum Stillstand gebracht werden, wenn die Druckluft ausfällt?
6. Welche Aufgaben hat die Kupplung?
7. Was muß beim Einrichten der Ober- und Unterwerkzeuge beachtet werden?
8. Wie können Sie beitragen, um die Lebensdauer der Abkantpresse zu erhöhen?
9. Welche Möglichkeiten bestehen, um beim Biegen wirtschaftlich zu arbeiten?
10. Es sind aus Blech mehrere Winkelprofile zu biegen:
 $b = 1800$ mm, $s = 4$ mm, $l = 100$ mm,
Werkstoff = LW 3455.55 (AlZnMgCu1,5).
Berechnen Sie die Biegekraft P_b und bestimmen Sie die zu verwendende Kurbelabkantpresse.
11. Ermitteln Sie in Ihrem Arbeitsbereich die Ausschußmenge, die beim Biegen entsteht, suchen Sie die Gründe dafür und nennen Sie Möglichkeiten zur Beseitigung.
12. Überprüfen Sie den Produktionsablauf und machen Sie Vorschläge, wie dieser zu verbessern ist.

Quellennachweis für Bilder und Literatur

Fachbereichstandard TNL

Werkfotos FWD

WMW - Werkzeugmaschinenkatalog

Werkstattstechnik und Maschinenbau

Juni 1957

Technisches Hilfsbuch

Springer Verlag 1953

Maschinenpaß PA 80/3150

VEB Pressen- und Scherenbau Erfurt

Vorträge und Abhandlungen

- | | | |
|---|---|---------|
| 1. Obering. Strobel: | Neuzeitliche Konstruktionen und Bauweisen
Bestell-Nr. 7001 | DM 1,25 |
| 2. Prof. Dr. phil. Cordes: | Das Strahltriebwerk als Flugzeugantrieb
Bestell-Nr. 7002 | DM 1,30 |
| 3. Prof. Dr.-Ing. Backhaus: | Einführung in Probleme der aerodynamischen Flugzeuggestaltung
Bestell-Nr. 7003 | DM 1,30 |
| 4. Dipl.-Ing. Schmitt: | Schwingungsprobleme im Flugzeugbau
Bestell-Nr. 7006 | DM 1,25 |
| 5. Dr.-Ing. Strauss: | Windkanäle als Arbeitsmittel für die Flugzeugentwicklung
Bestell-Nr. 7007 | DM 1,75 |
| 6. Obering. Griebisch: | Die Perspektiven der Flugzeugfertigung
Bestell-Nr. 7008 | DM 1,50 |
| 7. Dipl.-Ing. Günther: | Festigkeitsprobleme des modernen Flugzeugbaus
Bestell-Nr. 7009 | DM 1,50 |
| 8. Dr.-Ing. Lehmann: | Einige aerodynamische und flugmechanische Probleme des Verkehrsflugzeugbaus
Bestell-Nr. 7010 | DM 1,25 |
| 9. Dr. rer. nat. Grochalski: | Ausnutzungsmöglichkeiten der Atomenergie für den Antrieb von Flugzeugen
Bestell-Nr. 7011 | DM 1,50 |
| 10. Dipl.-Ing. Jürgens: | Diesseits und jenseits der Schallmauer - Aerodynamische Vorgänge bei Unter- und Überschallgeschwindigkeit
Bestell-Nr. 7012 | DM 1,00 |
| 11. Ing. Hauthal: | Die technische Gamma-Durchstrahlung und die Perspektiven ihrer Anwendung in der Luftfahrtindustrie
Bestell-Nr. 7013 | DM 1,00 |
| 12. Prof. Dr.-Ing. Claussnitzer: | Flugzeuggeräte und elektrische Ausrüstung von Flugzeugen (ein Überblick)
Bestell-Nr. 7015 | DM 1,50 |
| 13. Obering. Haseloff,
Ing. Kokoschke: | Druckkabinen und Klimaanlage
Bestell-Nr. 7016 | DM 1,25 |
| 14. Ing. Paasch: | Einführung in das Gebiet Festigkeitsvorschriften für Flugzeuge
Bestell-Nr. 7017 | DM 1,00 |
| 15. Dr.-Ing. Mansfeld: | Organisation und Technik der Flugsicherung
Bestell-Nr. 7019 | DM 1,50 |
| 16. Dipl.-Ing. Sternkopf: | Aluminium-Sinterwerkstoffe
Bestell-Nr. 7050 | |

Bestellungen, möglichst Sammelbestellungen, nehmen für die Mitarbeiter der Luftfahrtindustrie die Technischen Kabinette in den Werken oder andere dafür bestimmte Abteilungen entgegen. Alle anderen Interessenten geben ihre Bestellung bei der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel, Abteilung Bestell- und Lieferwesen, Dresden N 2, Postfach 40, auf.

Lehrschriften für die Berufsausbildung,
die zur Pflichtliteratur für den Fachunterricht
in den Betriebsberufs- und Betriebsschulen erklärt wurden

- | | | |
|--|---|---------|
| 1. Ing. Hückel,
Dipl.-Gwl. Förster: | Stahl und Eisen unter besonderer Berücksichtigung des Flugzeugbaus
Bestell-Nr. 7202 | DM 2,50 |
| 2. Dipl.-Ing. Hoffmann: | Aufbau des Tragflügels
Bestell-Nr. 7208 | DM 1,50 |
| 3. Dipl.-Ing. Hoffmann: | Aufbau des Rumpfes, Aufbau des Leitwerks, Aufbau der Steuerung
Bestell-Nr. 7245 | DM 2,25 |
| 4. Dipl.-Ing. Hoffmann: | Aufbau des Fahrwerks, Innenausstattung des Flugzeugs
Bestell-Nr. 7246 | DM 2,00 |
| 5. Ing. Römer: | Korrosion und Korrosionsschutz unter besonderer Berücksichtigung des Flugzeugbaus
Bestell-Nr. 7213 | DM 2,00 |
| 6. J. Lehmann: | Normalnieten
Bestell-Nr. 7304 | DM 1,00 |
| 7. A. Haak: | Bördeln
Bestell-Nr. 7306 | DM 1,00 |

Weitere Veröffentlichungen
der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel

Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung

- | | | |
|---|---|---------|
| 1. Dipl.-Ing. oec. Hehl,
Dipl.-Ing. oec. Wintruff: | Bedeutung des Flugzeugs und Flugzeugbaus in unserer Zeit
Bestell-Nr. 7201 | DM 1,50 |
| 2. Dipl.-Gwl. Günther: | Einteilung und vergleichende Übersicht der Flugtriebwerke
Bestell-Nr. 7212 | DM 1,00 |
| 3. Dipl.-Ing. Berthold,
Dipl.-Gwl. Günther: | Physikalische Grundlagen der Flugzeugantriebe
Bestell-Nr. 7219 | DM 1,00 |
| 4. Dipl.-Ing. Kleiber: | Elektrische Ausrüstung im Flugzeug
Bestell-Nr. 7229 | DM 2,50 |
| 5. Dipl.-Ing. Richter: | Grundlagen der elektrischen Bordgeräte
Bestell-Nr. 7227 | DM 2,25 |
| 6. Ing. George: | Metallschweißen im Flugzeugbau
Bestell-Nr. 7226 | DM 2,50 |
| 7. Dipl.-Ing. Weller: | Aluminium und seine Legierungen
Bestell-Nr. 7206 | |