

WERKSTATTBÜCHER

HERAUSGEBER H. HAAKE

HEFT 25

W. SELLIN

ZIEHTECHNIK

DRITTE AUFLAGE



SPRINGER-VERLAG BERLIN

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE U. FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON DR.-ING. H. HAAKE VDI

Jedes Heft 50—70 Seiten stark, mit zahlreichen Textabbildungen
Preis: RM 2.— oder, wenn vor dem 1. Juli 1931 erschienen, RM 1.80 (10% Notnachlaß)
Bei Bezug von wenigstens 25 beliebigen Heften je RM 1.50

Die Werkstattbücher behandeln das Gesamtgebiet der Werkstattstechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen. Die Werkstattbücher stehen wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe, sind dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich, so daß alle im Betrieb und auch im Büro Tätigen, vom vorwärtsstrebenden Facharbeiter bis zum leitenden Ingenieur, Nutzen aus ihnen ziehen können. Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten

I. Werkstoffe, Hilfsstoffe, Hilfsverfahren

	Heft
Das Gußeisen. 2. Aufl. Von Chr. Gilles	19
Einwandfreier Formguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	30
Stahl- und Temperguß. 2. Aufl. Von E. Kothny	24
Die Baustähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau. Von K. Krekeler	75
Die Werkzeugstähle. Von H. Herbers	50
Nichteisenmetalle I (Kupfer, Messing, Bronze, Rotguß). 2. Aufl. Von R. Hinzmann	45
Nichteisenmetalle II (Leichtmetalle). 2. Aufl. Von R. Hinzmann	53
Härten und Vergüten des Stahles. 4. Aufl. Von H. Herbers	7
Die Praxis der Warmbehandlung des Stahles. 5. Aufl. Von P. Klostermann. (Im Druck)	8
Elektrowärme in der Eisen- und Metallindustrie. Von O. Wundram	69
Brennhärten. Von H. W. Grönegreß	89
Die Brennstoffe. Von E. Kothny	32
Öl im Betrieb. 2. Aufl. Von K. Krekeler. (Im Druck)	48
Farbspritzen. Von R. Klöse	49
Rezepte für die Werkstatt. 4. Aufl. Von F. Spitzer	9
Furniere — Sperrholz — Schichtholz I. Von J. Bittner	76
Furniere — Sperrholz — Schichtholz II. Von L. Klotz	77

II. Spangebende Formung

Die Zerspanbarkeit der Werkstoffe. 2. Aufl. Von K. Krekeler. (Im Druck)	61
Hartmetalle in der Werkstatt. Von F. W. Leier	62
Gewindeschneiden. 3. Aufl. Von O. M. Müller	1
Wechselrädereberechnung für Drehbänke. 5. Aufl. Von E. Mayer. (Im Druck)	4
Bohren. 3. Aufl. Von J. Dinnebier. (Im Druck)	15
Senken und Reiben. 3. Aufl. Von J. Dinnebier. (Im Druck)	16
Innenräumen. 2. Aufl. Von L. Knoll	26
Außenräumen. Von A. Schatz	80
Das Sägen der Metalle. Von H. Hollaender	40
Die Fräser. 3. Aufl. Von E. Brödner	22
Das Fräsen. Von Dipl.-Ing. H. H. Klein	88
Das Einrichten von Automaten I (Die Automaten System Spencer und Brown & Sharpe). Von K. Sachse. (Vergriffen)	21
Das Einrichten von Automaten II (Die Automaten System Gridley [Einspindel] und Cleveland und die Offenbacher Automaten). Von Ph. Kelle, E. Gothe, A. Kreil	23
Das Einrichten von Automaten III (Die Mehrspindel-Automaten, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe). Von E. Gothe, Ph. Kelle, A. Kreil	27
Das Einrichten von Halbautomaten. Von J. v. Himbergen, A. Bleckmann, A. Wassmuth	36
Die wirtschaftliche Verwendung von Einspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	81
Die wirtschaftliche Verwendung von Mehrspindelautomaten. Von H. H. Finkelnburg	71
Werkzeugeinrichtungen auf Einspindelautomaten. Von F. Petzoldt	83
Maschinen und Werkzeuge für die spangebende Holzbearbeitung. Von H. Wichmann	78

III. Spanlose Formung

Freiformschmiede I (Grundlagen, Werkstoff der Schmiede, Technologie des Schmiedens). 2. Aufl. Von F. W. Duesing und A. Stödt	11
Freiformschmiede II (Schmiedebeispiele). 2. Aufl. Von B. Preuss und A. Stödt	12
Freiformschmiede III (Einrichtung und Werkzeuge der Schmiede). 2. Aufl. Von A. Stödt	56

(Fortsetzung 3. Umschlagseite)

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, KONSTRUKTEURE UND FACH-
ARBEITER. HERAUSGEBER DR.-ING. H. HAAKE VDI

HEFT 25

Die Ziehetechnik in der Blechbearbeitung

Von

Dr.-Ing. Walter Sellin

Magdeburg

Dritte, verbesserte Auflage

(14. bis 19. Tausend)

Mit 96 Abbildungen im Text



Berlin

Springer-Verlag

1943

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	3
I. Spanlose Blechformung	3
A. Der Begriff „Ziehen“	3
B. Treiben, Drücken, Stanzen, Ziehen	3
1. Treiben S. 3. — 2. Drücken S. 4. — 3. Stanzen S. 5. — 4. Ziehen S. 6.	
II. Ziehpressen und Ziehwerkzeuge	6
A. Ziehpressen	6
5. Einfache Pressen ohne Niederhalter S. 6. — 6. Einfache Ziehpressen mit Niederhalter S. 8. — 7. Doppeltwirkende Pressen (Ziehpressen) S. 11. — 8. Pressen mit selbsttätiger Zuführung S. 13.	
B. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen ohne Niederhalter	14
9. Anschlagwerkzeug ohne Niederhalter S. 14. — 10. Weiterschlagwerkzeug ohne Niederhalter S. 15. — 11. Anschlagwerkzeug mit Niederhalter S. 15.	
C. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen mit Niederhalter	15
12. Niederhalterbewegung durch Federdruckapparat S. 15. — 13. Niederhalterbewegung durch Luftpolster S. 16. — 14. Ziehwerkzeuge für doppeltwirkende Pressen S. 16.	
D. Werkzeugverbindung	17
15. Werkzeugreihe S. 17. — 16. Folgewerkzeuge S. 19. — 17. Verbundwerkzeuge S. 19.	
E. Sonderwerkzeuge	20
18. Ausbauchen S. 20. — 19. Verstärkung der Gefäßwand S. 21. — 20. Halbkugelform S. 22.	
F. Einstellung und Beschickung der Ziehwerkzeuge	22
21. Arbeitskräfte S. 22. — 22. Mitten des Ziehriings zum Ziehhorn S. 23. — 23. Mitten des Niederhalters S. 23. — 24. Einstellung des Niederhalterdrucks S. 23. — 25. Einstellung der Ziehtiefe S. 24. — 26. Beschickung der Ziehwerkzeuge und Unfallgefahr S. 24.	
III. Ziehen und Ziehbleche	25
A. Ziehen	25
27. Die Beanspruchung des Ziehblechs S. 25. — 28. Werkstoffwanderung S. 27. — 29. Gefügeänderung S. 27. — 30. Ziehgeschwindigkeit S. 27.	
B. Ziehbleche und Behandlung	28
31. Bleichung S. 28. — 32. Schmierung S. 30. — 33. Blechprüfung S. 31. — 34. Erhaltung der Blechgüte, Entspannung S. 33.	
IV. Der Entwurf von Ziehwerkzeugen	34
A. Die Werkzeugeigenschaften	34
35. Werkstoff und Bearbeitung S. 34. — 36. Weite der Ziehöffnung S. 35. — 37. Die Ziehkantenrundung S. 37.	
B. Ermittlung des Zuschnitts	40
38. Ermittlung des Zuschnitts bei einfachen zylindrischen Hohlgefäßen S. 40. — 39. Zuschnittsermittlung bei ungleicher Wanddicke S. 43. — 40. Zuschnittsermittlung bei verjüngten Gefäßen S. 44. — 41. Zuschnittsermittlung bei Umdrehungshohlkörpern mit unregelmäßig geformten Oberflächen S. 44. — 42. Ermittlung des Zuschnitts beliebig geformter Hohlkörper mit zwei Symmetrieachsen S. 47.	
C. Die Abstufung der Züge	50
43. Die Abstufung bei zylindrischen Hohlkörpern S. 50. — 44. Abstufung beim Ziehen mit Blechschwächung S. 53. — 45. Abstufung bei kegelförmigen Gefäßen S. 54. — 46. Die Abstufung unregelmäßig geformter Umdrehungskörper S. 54. — 47. Die Abstufung beliebig geformter Hohlkörper mit zwei Symmetrieachsen S. 56.	
D. Normung und Verwaltung der Ziehwerkzeuge	56
48. Normung der Ausführung S. 56. — 49. Normung des Einbaus S. 56. — 50. Verwaltung der Ziehwerkzeuge S. 57.	

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

Vorwort.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage¹ hat die Technik der spanlosen Formgebung, besonders von Blechen, in einem früher kaum geahnten Maß an Bedeutung gewonnen. Dazu trug vor allem die Entwicklung der Kraftfahrzeuge bei, für deren Umkleidung und Ausstattung die spanlose Formung die wirtschaftlichste Fertigung ermöglicht.

Es ist natürlich, daß die großen Aufgaben, die bei dieser Entwicklung der spanlosen Fertigung gestellt worden sind, sowohl für die Technik als auch für das Schrifttum stark befruchtend gewirkt haben. Es war deshalb notwendig, den Inhalt der letzten Auflage eingehend zu überprüfen und in wichtigen Teilen neu zu gestalten. Dabei bleibt der Zweck des Heftes bestehen: die Beschränkung auf das Grundsätzliche und Wesentliche.

I. Spanlose Blechformung.

A. Der Begriff „Ziehen“.

Beim „Ziehen“ handelt es sich um die Umformung ebener Scheiben in Hohlgefäße. Die Umformung ist bei metallischen Werkstoffen, besonders dünnen Scheiben, nicht einfach. Die auftretenden Schwierigkeiten zeigt ganz klar der Versuch, eine dünne Scheibe, z. B. eine Papierscheibe, in eine Öffnung, z. B. ein Trinkglas, zu drücken. Die Papierscheibe läßt sich nicht glatt an die Innenform des Trinkglases anlegen, sondern erhält Falten am äußeren Umfang.

Die Ursache der Faltenbildung erklärt Abb. 1: Um die Scheibe vom Durchmesser D in ein Hohlgefäß vom Durchmesser d umzuformen, würde es genügen, die Lappen a, b, c, \dots hoch zu stellen. Die Ausschnitte a', b', c', \dots sind für die Formung des Hohlgefäßes überflüssig, ja geradezu erschwerend. Sie müssen bei der Umformung weggedrückt werden und bilden Falten, wenn man nicht durch besondere Vorkehrungen deren Entstehung verhütet.

Der Kampf gegen die Faltenbildung ist die Hauptaufgabe der Ziehtechnik. Er ist nicht immer gleich schwer. Schon Abb. 1 lehrt, daß die Neigung zur Faltenbildung um so größer sein muß, je größer die Ausschnitte a', b', c', \dots sind, je mehr Werkstoff beiseite gedrückt werden muß, je größer also der Unterschied zwischen D und d ist.

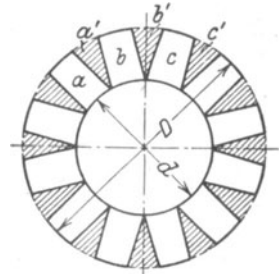


Abb. 1. Ziehscheibe, unterteilt in Abschnitte a, b, c, \dots , die bei der Umformung in einen Hohlzylinder nur gebogen werden und Abschnitte a', b', c', \dots , die verdrängt werden müssen, also wandern.

B. Treiben, Drücken, Stanzen, Ziehen.

1. Treiben. Ist der Unterschied von D und d (Abb. 1) sehr klein, dann ist auch die überschüssige Werkstoffmenge klein. Auf dieser Erkenntnis beruht die Kunst des „Treibens“, mit der schon in alten Zeiten Blechscheiben in Hohlgefäße geformt worden sind. Die Technik des Treibens ist eine örtlich so eng begrenzte

¹ Die erste Auflage erschien 1926, die zweite 1936.

Tiefformung eines Bleches durch Hammerschläge, daß sich Falten nicht bilden können¹.

2. Drücken. Die beim Treiben geradezu punktförmig begrenzte Formung wurde vor etwa 100 Jahren durch Übernahme der Töpferscheibe und der Technik bei der Tongefäßbildung auf die Linie übertragen. Dadurch ist ein neues Handwerk entstanden: das Drücken.

Die Töpferscheibe, waagrecht gestellt, gibt die Drückbank, Abb. 2. Sie wird heute wie alle Arbeitsmaschinen entweder über ein Vorgelege durch einen Riemen oder unmittelbar durch einen Elektromotor angetrieben.

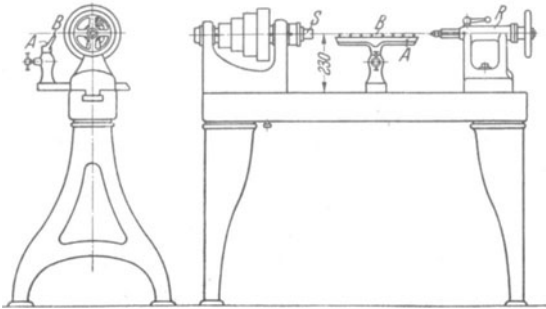


Abb. 2. Einfache Drückbank mit mechanischem Antrieb der Spindel *S* über Vorgelege, mit Reitstock *R* und Stahlauflage *A*.

Der Arbeitsvorgang bei der Hohlgefäßbildung durch Drücken ist folgender:

Auf die Spindel *S* der Drückbank wird eine Form aufgeschraubt, die dem zu erzeugenden Hohlgefäß entspricht. Sie wird, je nach der zu fertigenden Werkstückmenge, aus Holz hergestellt — bevorzugt aus Buchen- oder Buchsbaumholz, das zur Erhöhung der Haltbarkeit quer verleimt und an den besonders bean-

spruchten Stellen mit Stahl bewehrt werden kann — oder ganz aus Metall: Aluminium, Messing, Gußeisen, Stahl (oder aus Kunststoff). Je kleiner die Fertigungsmengen, desto einfacher kann das Futter sein, ob Innenfutter, Abb. 3, oder Außenfutter, Abb. 4; je größer die Fertigungsmenge, desto festerer Stoff muß gewählt werden.

Zwischen die Form, auch Drückform und Drückfutter genannt, und den Reitstock *R* mit dem Druckstock (Ansetzer) *D* (Abb. 4) wird die zu formende Blechscheibe gespannt, und nun wird bei laufender Spindel mit dem Druckwerkzeug (Drückstahl) der über die Form herausstehende Rand der Scheibe gegen die Form gebogen. Dabei stützt sich der Drückstahl einerseits gegen den Körper des

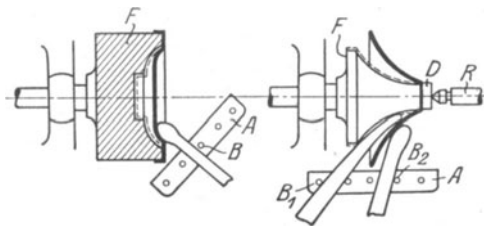


Abb. 3. Innendrückform.

Abb. 4. Außendrückform.

„Drückers“ und andererseits gegen die Auflage *A*. Zur Verringerung der Muskelarbeit wird der Drückstahl mit Hilfe der Stifte *B* (*B*₁, *B*₂) als Hebel angesetzt. Damit die Formung einer Hebelbewegung des Drückstahls, der den Treibhammer ersetzt, möglichst punktförmig bleibt, muß die Drehzahl der Spindel und also die Umfangsgeschwindigkeit der Scheibe möglichst

groß, die Formung je Hebelbewegung möglichst klein oder die Zahl der Schwenkbewegungen des Drückstahls bis zur Ausbildung der Endform möglichst groß sein.

Die hohe Spindelgeschwindigkeit stellt an die Lagerung große Anforderungen. Man bevorzugt daher Kugel- oder Rollenlager, auch für die Reitstockspitze. Hohe Drehzahl ergibt auch große Schwungmomente; es ist deshalb notwendig, zu deren rascher Vernichtung am Ende der Formgebung besondere Bremsen vorzusehen, entweder nur mechanische oder, bei Einzelantrieb, auch elektrische, damit der Arbeitsverlauf nicht unnötig verzögert wird. Hohe Drehzahl verursacht weiter

¹ MAASS, ERWIN, VDI: Bördelarbeiten und Umbördelungen. Ill. Ztg. f. Blechind. u. Install. 71. Jg. (1942) S. 90.

große Reibungsarbeit zwischen Drückstahl und Blechscheibe. Es ist deshalb der guten Härtung, der Politur, der Schmierung und Kühlung der Drückstähle besondere Beachtung zu schenken. Hohe Drehzahl, große Arbeitsleistung erhöhen gleichzeitig auch die Muskelarbeit, die besonders bei Blechen hoher Festigkeit rasch ins Unerträgliche steigen kann. Zur Entlastung hat man besondere Drückvorrichtungen geschaffen, die die ganze Abstützung übernehmen, so daß den Muskeln nur noch die Leistung der Biegearbeit durch Hebel- oder Schraubbewegung (Kreuzschlitten) verbleibt. Besonders durch Schlittenbewegung an „Planierbänken“, bei denen der Drückstahl durch die Drück- oder Planierrolle ersetzt ist, sind schwere und schwerste Formarbeiten ohne allzu große Beanspruchung des menschlichen Körpers auszuführen.

Die Mechanisierung wurde für einzelne Formarbeiten weitgehend ausgebaut, vor allem zur Endbearbeitung tiefgezogener Gefäße, dem Drücken von Wülsten (Sicken) und Gewinden, dem Rollen der Ränder (Bördeln), dem Verbinden zweier Werkstücke und dem Beschneiden der Mündung. Bei den hierfür entwickelten Sondermaschinen bleibt dem Menschen nur noch die Schaltung, Beschickung und Wartung.

Auf diese Weise sind die Schwierigkeiten, die hinsichtlich der Muskelarbeit die Formung durch Drücken begrenzen, zu beheben. Andere Schwierigkeiten liegen in der zu drückenden Gefäßform, und zwar sowohl in der Ausbildung der notwendigen Futter-, Vorzieh-, Fertigzieh-, Einzieh-, Hohl-, Treib- und Formfutter, als ganz besonders in der Größe des zu formenden Blechrings, d. h. dem Durchmesserunterschied ($D-d$).

Ist dieser klein, so ist die Drückarbeit leicht auszuführen, da gar keine Falten entstehen. Ist er größer, dann bringt die Anwendung eines Hilfswerkzeugs aus Holz oder Metall, das nach Abb. 4 hinter der Blechscheibe, dem Drückstahl gegenüber, angesetzt wird, eine gewisse Hilfe bei der Faltenverhütung, die bisher allein der geringen Höhe des Formungsgrades je Drückstahlschwenkung, in Verbindung mit der hohen Umfangsgeschwindigkeit der Blechscheibe zu danken war.

Die Grenze der möglichen Formung wird durch den Hilfsstahl nur unbedeutend erweitert, und rasch treten die Fragen der Werkstoffeignung und der Stufenarbeit in den Vordergrund, deren Bedeutung der Ähnlichkeit wegen beim Tiefziehen erörtert werden soll.

3. Stanzen. Die Formarbeit, die beim Treiben nur punktförmig ist, beim Drücken durch die hohe Umfangsgeschwindigkeit rasch auf eine Linie, den Kreis, übertragen wird, soll zur Beschleunigung der Arbeit beim Stanzen auf dem ganzen Kreis gleichzeitig erfolgen. Das Drückfutter (Abb. 4) wird damit zum Formstempel, dem „Stanz“- und „Zieh“-Dorn (2 Abb. 5), der Drückstahl zum Formring, dem „Ziehring“ (1) oder der „Stanzform“ (Abb. 6), wenn der Ziehring unten geschlossen ist. Das Hohlgefäß wird dadurch gebildet, daß die zu formende Blechscheibe (3) zwischen Ziehstempel und Ziehring gelegt, der Ziehstempel (2) gegen den Ziehring (1) bewegt und so die Scheibe mit dem Durchmesser D durch den Ziehring mit dem Durchmesser d gestoßen wird. Wie mit Abb. 1 gezeigt worden ist, ist dieser Vorgang möglich, so-

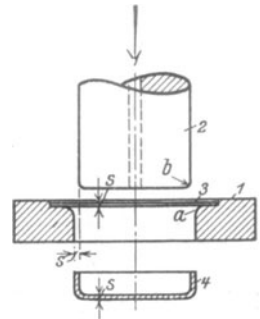


Abb. 5. Einfachstes Werkzeug zum Napfzug (durch Stanzen). 1 Ziehring, 2 Stempel, 3 Blechscheibe, a und b Ziehanten.

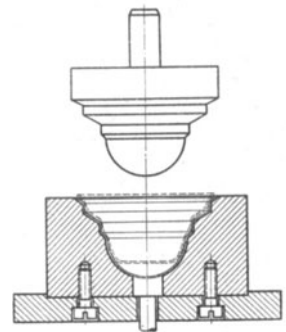


Abb. 6. Formschlag- oder Stanzwerkzeug (hier Fertigform).

lange D nicht wesentlich größer ist als d , also $D/d =$ etwa $21/20$ ist. Ist der Unterschied größer, dann ist der einfache Ziehvorgang „Stanzan“ nicht mehr möglich, sondern es werden besondere Vorkehrungen zur Faltenverhütung notwendig.

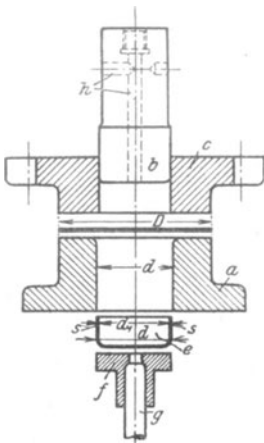


Abb. 7. Ziehwerkzeug mit Niederhalter für doppelwirkende (mechanische) Ziehpresse. *a* Ziehring, *b* Stempel, *c* Niederhalter, *d* Bohrung des Zieh rings, *D* Durchmesser der Scheibe, *e* geformter Napf, *f* Ausstoßer, *g* Ausstoßstange, *h* Luftloch, *s* Blechdicke.

4. Ziehen. Die Falten werden am einfachsten im Entstehen verhütet, was man dadurch erreicht, daß man dem zu formenden Blechrand von der Breite ($D-d$) die freie Bewegung nimmt und ihn während der Umformung führt. Zu diesem Zweck wird im Abstand s , der Blechdicke, vom Zieh ring ein zweiter Ring angeordnet (Abb. 7), der zusammen mit dem Zieh ring das Blech während der Umformung führt. Da dieser Ring die Falten verhütet, wird er Faltenhalter oder Niederhalter genannt.

Wird nun die Blechscheibe durch den Zieh ring gestoßen, so kann der überflüssige Werkstoff nicht mehr rechtwinklig zur Blechfläche ausweichen und Falten bilden, sondern wird gezwungen, in radialer Richtung zu wandern. Diese Werkstoffwanderung, Fließen genannt, ist mit jedem Tiefziehvorgang verbunden.

Grundsätzlich kann der Niederhalter starr mit dem Zieh ring verbunden sein, da er nur verhüten muß, daß während des ganzen Ziehvorgangs eine Verdickung des Blechs möglich ist. Diese Anordnung vereinfacht zwar den Bau des Werkzeugs, erschwert aber die Zuführung der Blechscheiben. Aus diesem Grund wird der Niederhalter meist beweglich angeordnet. Der Ziehvorgang ist damit nach dem Auflegen der Ziehscheibe auf den Zieh ring folgender (s. a. Abb. 8A...C und 9):

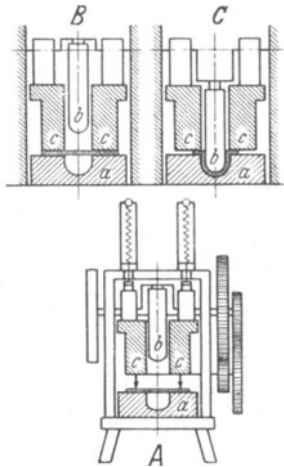


Abb. 8. Schematische Darstellung der Niederhalterbewegung einer doppelwirkenden (mechanischen) Zieh presse mit Federn zum Massen ausgleich des Niederhalterstößels. *A* Ziehscheibe ist aufgelegt, Maschine in Einrückstellung. *B* Niederhalterstößel ist niedergegangen in Arbeitsstellung. *C* Zieh dorn ist nachgefolgt, in tiefster Stellung.

1. der Niederhalter setzt sich auf die Scheibe (Abb. 8 B),
2. der Zieh dorn geht tief und stößt die Scheibe durch den Ring (Abb. 8 C),
3. der Zieh dorn geht hoch, streift das erzeugte Hohlgefäß ab und erreicht seine oberste Stellung,
4. der Niederhalter geht zurück.

Zur Erleichterung der Zieharbeit sind besondere Arbeitsmaschinen entwickelt. Sie erreichen die für den Ziehvorgang notwendigen Bewegungen auf verschiedene Weise und werden dadurch gekennzeichnet

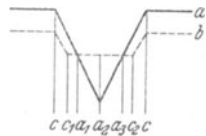


Abb. 9. Zeitwegschaubild *a* des Ziehstößels, *b* des Niederhalters für doppelwirkende (mechanische) Zieh presse. c_1-a_1 Vor-eilung des Niederhalters, c_1-c_2 Niederhaltung, a_1-a_2 Zieharbeit.

II. Ziehpressen und Ziehwerkzeuge.

A. Ziehpressen.

5. Einfache Pressen ohne Niederhalter. Bei den einfachen Pressen wird nur ein Stößel mechanisch bewegt. Sie eignen sich daher beson-

ders zu Arbeiten, die ohne Niederhalter ausgeführt werden können, also zu Stanzarbeiten aller Art, bei denen kein Werkstofffluß erzwungen werden muß. Zu den einfachen Pressen gehören die Fallhämmer, Friktionsspindelpressen, Ex-

zenterpressen, Kurbelpressen, Spindelpressen, Zahnstangenpressen und die hydraulischen Ziehpressen.

Sind starke Formdrücke erforderlich, so wird man aus der Gruppe der einfachen Pressen die Fallhämmer und die Friktionsspindelpressen aussuchen, die ihre ganze Bewegungsenergie in Formänderungsarbeit verwandeln, bei leichteren Formdrücken Exzenterpressen oder Kurbelpressen, je nach der Größe des erforderlichen Hubes. Exzenterpressen (Abb. 21) und Kurbelpressen (Abb. 16) arbeiten rascher als Fallhämmer und Friktionsspindelpressen, der tiefste Punkt des Stößels ist aber nicht wie bei diesen durch die Formänderungsarbeit bedingt, sondern durch die Einstellung der Presse gegeben.

Ohne Niederhalter können außer den eigentlichen Stanzarbeiten auch Tiefzüge bei geringer Durchmesseränderung oder Streckzüge ausgeführt werden, d. h. Züge, die nur zur Verlängerung von Hohlgefäßen durch Verringerung der Wanddicke dienen.

Sind die Gefäße nicht zu tief, dann genügen im allgemeinen Kurbelpressen, vorteilhaft mit gleichbleibender Stößelgeschwindigkeit. Sind die Gefäße aber sehr tief, dann wird man Spindelpressen, Zahnstangenziehpressen oder auch hydraulischen Ziehpressen den Vorzug geben. Bei Kurbelpressen und Räderziehpressen wird die Beanspruchung der Pressenkörper mit zunehmender Ziehtiefe immer ungünstiger; die genaue Stößelführung wird immer mehr in Frage gestellt. Diesen Nachteil sucht man dadurch zu beheben, daß man den Ziehstempel ausschwenkbar macht (Abb. 10); oder man sucht ihn, und zwar ohne Nachteil für die Arbeitsgeschwindigkeit, also besser, durch den Bau von Zahnstangenziehpressen zu umgehen, da die Zahnradübersetzung den Ziehdruck in die Achse des Ziehstößels legt und so die Stößelführung schont. Die Zahnstangenziehpresse (Abb. 11) ist mit dem umkehrbaren Antriebsmotor unmittelbar gekuppelt; die Bewegung des Ziehstößels wird elektrisch auf Vorlauf und Rücklauf gesteuert; sie verläuft mit hoher, aber gleichförmiger Geschwindigkeit. Diese Eigenschaft macht sie den Räderziehpressen und ihre hohe Arbeitsgeschwindigkeit den Spindelpressen überlegen¹.

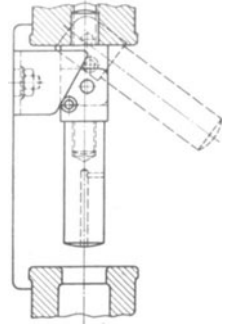


Abb. 10. Ausschwenkbar angebauter Ziehstempel zur Erhöhung der Ziehtiefe bei bestimmtem Stößelweg für Züge ohne Niederhalter, besonders Streckzüge.

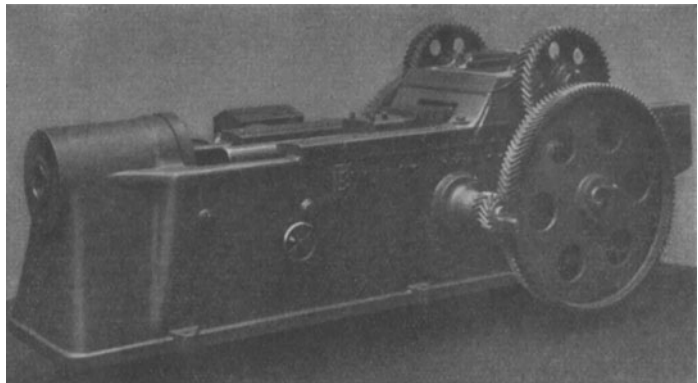


Abb. 11. Einfachwirkende waagerechte Ziehpresse mit Stößelantrieb durch Umkehrmotor mit Zahnradvorgelege und Zahnstange. Besonders für lange Züge (Streckzüge) ohne Niederhalter.

¹ Dr.-Ing. habil. SCHÖPKE: Triebwerke an Maschinen für spanlose Formung. Masch.-Bau. — Betrieb Bd. 21 (1942), S. 191.

In noch unentschiedenem Wettbewerb mit den Zahnstangenziehpressen stehen die hydraulischen Ziehpressen (Abb. 12). Bei diesen ist die gleichbleibende Ziehgeschwindigkeit nicht nur selbstverständlich, sondern man kann über sie hinausgehen und die Ziehgeschwindigkeit der Leistung anpassen, d. h. bei großer Verformungsarbeit die Ziehgeschwindigkeit herabmindern und bei den Leerwegen die Stößelgeschwindigkeit nahezu unbegrenzt steigern. Die Anpassung der Ziehgeschwindigkeit an die Verformungsarbeit ist von großer Bedeutung, da bei zu großer Ziehgeschwindigkeit die Beanspruchung der Gefäßwand nicht über den ganzen Querschnitt gleich, sondern in den äußeren Zonen am größten ist und nach innen abnimmt. Ungleiche Beanspruchung im Querschnitt verursacht aber unerwünschte Spannungen.

Der Ziehdruck ist vollkommen achsrecht — unmittelbar, ohne ausgeklügelte Zwischenglieder. Das ergibt einen einfachen Pressenbau. Ob dabei für jede Presse eine besondere Pumpe gewählt wird oder eine zentrale Pumpenanlage in Ver-

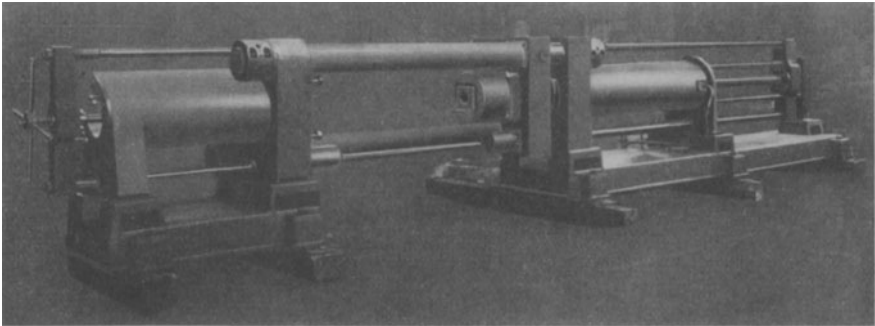


Abb. 12. Einfachwirkende waagerechte Ziehpresse mit hydraulischem Stößelantrieb.

bindung mit einer Speicheranlage für eine Gruppe von Pressen, ist eine Frage der Wirtschaftlichkeit, die von den Betriebserfordernissen bestimmt wird.

Die Zahl der Stößelspiele je Minute, die vor kurzer Zeit bei hydraulischen Ziehpressen im Vergleich zu der bei mechanischen Pressen gering war, ist wesentlich erhöht worden und erreicht bis zu 10 je Minute. Sie hat damit die der mechanischen Pressen praktisch erreicht. Zugunsten der hydraulischen Presse ist dabei anzuführen, daß die Zahl der Stößelspiele sich mit dem Hub ändert, so daß also eine langhubige Presse ohne Nachteil für die Wettbewerbsfähigkeit auch für geringe Ziehtiefen verwendet werden kann. Aus diesem Grund ist der Verwendungsbereich der hydraulischen Pressen breiter, denn mechanische Pressen mit langem Hub haben immer eine bestimmte unveränderliche Zahl von Stößelspielen je Minute und diese ist notwendigerweise kleiner als die der mechanischen Pressen gleicher Leistung, aber kleinen Hubes.

Die mechanischen Ziehpressen werden immer starrer, die Stößelführungen länger und damit genauer. Der Übergang auf Reibungs- (Lamellen-) Kupplungen, bei denen der Reibungsdruck durch Preßluft oder elektromagnetisch hervorgerufen wird, erleichtert in Verbindung mit Druckknopfsteuerung die Bedienung der Pressen in hervorragender Weise und ermöglicht dabei eine äußerst genaue und feinfühligste Steuerung der Stößelbewegung, nicht zuletzt die Ausrückung in jedem Augenblick des Bewegungsablaufs.

6. Einfache Ziehpressen mit Niederhalter. Eine besondere mechanische Bewegung des Niederhalters durch die Presse, wie früher nach Abb. 8 und 9 be-

schrieben, kommt hier nicht in Frage. Um den Niederhalter überhaupt zu bewegen und, zur Erleichterung der Scheibenzuführung, von dem Ziehring wegzubringen, muß er mit dem Stößel elastisch verbunden werden. Das kann mit Hilfe von Federn (Abb. 13) oder mit Gummipolstern geschehen. Ist der zwischen Stößel und Tisch verfügbare Platz gering, so tauscht man zweckmäßig den Platz von Ziehring und Ziehorn, setzt den Ziehring in den bewegten Stößel, den Ziehorn in den Pressentisch. Dadurch gewinnt man den Platz unter der Presse zur Anbringung eines Federdruckapparats für die Betätigung des Niederhalters. Wie Abb. 23 zeigt, sind die Federn zwischen Tisch und Niederhalter je nach Größe des erforderlichen Niederhalterdrucks zu spannen.

Für seichte Züge ist diese einfache Anordnung gut zu gebrauchen. Werden aber die Züge tief und also der Federweg

groß, dann steigt der Niederhalterdruck mit tiefergehendem Stößel, d. i. zunehmendem Federweg, und wird schließlich so groß, daß das Blech reißt. Sobald dieser Nachteil erkannt war, wurde versucht, durch besondere Anordnung gleichmäßigen Federdruck und damit gleichmäßigen Niederhalterdruck auf dem ganzen Ziehweg zu erreichen. Solche Anordnungen wurden beim Festhalten an Federn verwickelt, und deshalb hat der Ersatz der Federapparate durch Druckluftapparate (Abb. 14 und 39) im Pressenbau sehr rasch Eingang gefunden. Der Luftdruck ist leicht einzustellen und bleibt bei reichlich bemessenem Druckluftbehälter auch bei langen Ziehwegen praktisch gleich. Druckluftapparate können an jede einfache Presse angebaut werden. Man findet sie vornehmlich in Verbindung mit Reibspindel-, Exzenter- und Kurbelpressen. Wenn sehr starke Formarbeit oder Schnitтарbeit geleistet werden muß, so geht man aus Gründen der Raumersparnis vom reinen Luftpolster über zum lufthydraulischen (Abb. 15).

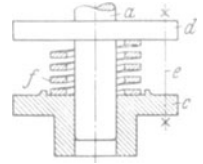


Abb. 13. Oberteil von Anschlagwerkzeug für einfachwirkende Ziehpresse. Der Niederhalter ist mit dem Ziehstößel gekuppelt; Niederhalterdruck durch eine kräftige, mäßig geführte Spiralfeder regelbar. *a* Ziehstempel, *c* Niederhalter, *d* Platte, *e* Schrauben, *f* Spiralfeder.

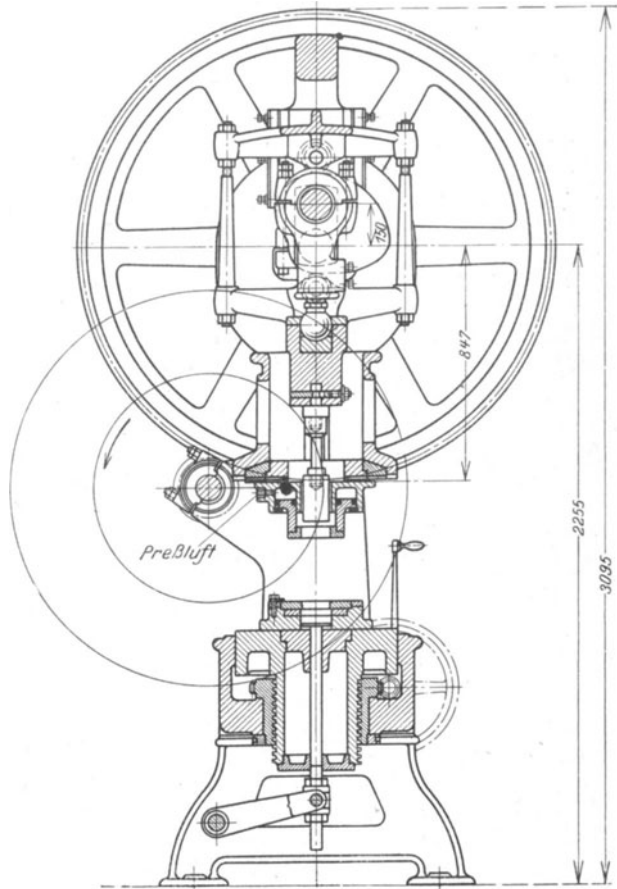


Abb. 14. Senkrechte Ziehpresse mit Preßluft-Niederhalter im Niederhalterstößel.

geleistet werden muß, so geht man aus Gründen der Raumersparnis vom reinen Luftpolster über zum lufthydraulischen (Abb. 15).

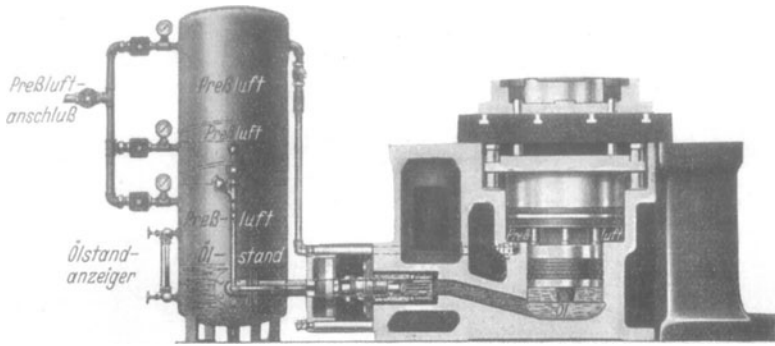


Abb. 15. Preßluft-Flüssigkeit-Niederhalter für größten Einstellbereich des Niederhalterdrucks (WEINGARTEN).

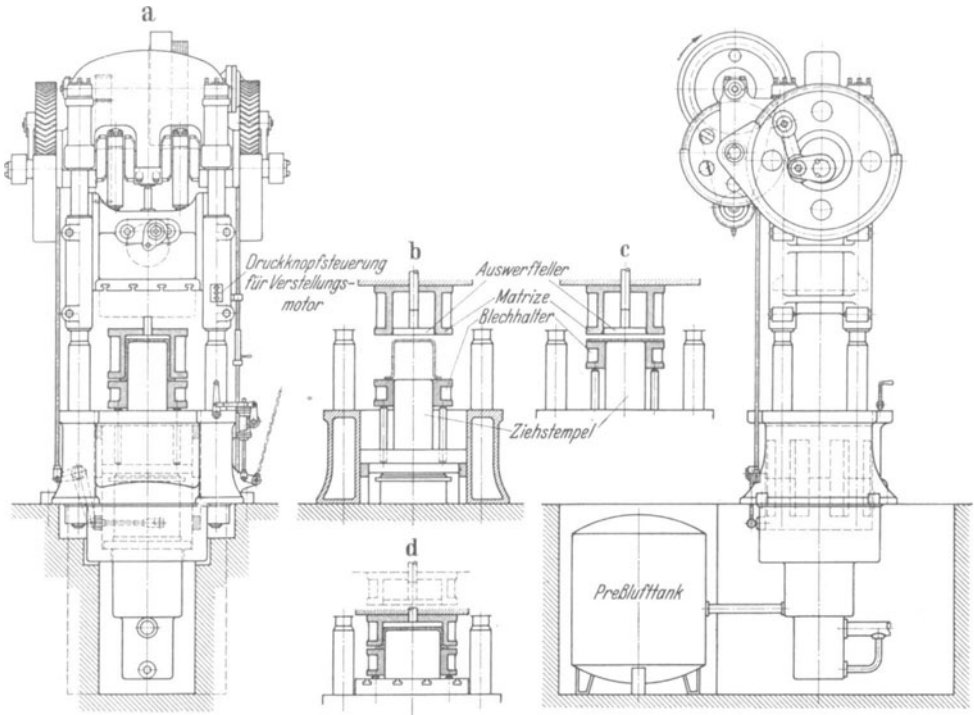
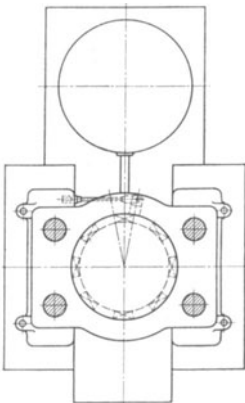


Abb. 16. Einfachwirkende Kurbelpresse mit Preßluftniederhalter im Tisch und annähernd gleichförmiger Ziehgeschwindigkeit. Der Viersäulenkörper bezweckt freien Zutritt zum Werkzeug von allen Seiten, bessere Ausnützung der Stößel- und Tischflächen bzw. Erhöhung der Beanspruchungsmöglichkeit bei bestimmter Werkzeuggröße. Zur Ausnützung des Stößelwegs für große Ziehtiefe (bis etwa 90 % des Stößelwegs) ist der im Tisch geführte Ziehstößel absenkbar angeordnet (WEINGARTEN). *a*: der Topf ist fertiggezogen, der Ziehring in seiner tiefsten, der Ziehstempel in seiner höchsten Stellung. *b*: der Ziehring ist hochgegangen, der Ziehstempel ist abgesenkt; der Topf, aus dem Ziehring ausgestoßen, ist zur Wegnahme bereit. *c*: Ziehstempel, Niederhalter und Ziehring in höchster Stellung; die Ziehstempel- und Ziehring-Fläche ist aufgelegt, die Maschine arbeitsbereit. *d*: Arbeitsweise ohne Ausnützung der Absenkmöglichkeit.



Ein großer Nachteil ist den nicht mechanisch-starr bewegten Niederhaltern, sowohl den Federdruckapparaten als auch den Luftpolstern, eigen: sie verringern die mit einer gegebenen Kurbellänge e erreichbare Ziehtiefe h , da bei der Art des Ziehvorgangs das Werkstück zwischen

Tisch und Stößel weggenommen werden muß. Der Stößel muß in seiner oberen Stellung immer einen Abstand gleich der Ziehtiefe h vom Pressentisch haben. Ist der ganze Stößelweg $2e$, so ist die größte erreichbare

Ziehtiefe $h = e$. Diesem Mangel hat man auf verschiedene Weise zu steuern gesucht, einmal dadurch, daß man (Abb. 16) den Tisch absenkbar und zum andern (Abb. 17) dadurch, daß man den am Stößel angebrachten Ziehring ausziehbar gemacht hat. Dadurch wird die Ziehtiefe h erheblich größer und nahezu: $h = 2e$. Die besonders zu steuernden Bewegungen verzögern aber den Ziehprozeß erheblich und bringen bei nicht gut gesicherter Bewegung die große Gefahr einer falschen Bedienung, die schwere Folgen für Werkzeug, Presse und Arbeiter haben kann.

7. Doppeltwirkende Pressen (Ziehpressen). Die doppeltwirkenden Pressen (Abbildungen 18 und 19) sind die eigentlichen Ziehpressen.

Sie führen zwei mechanische Bewegungen aus:

1. die des Ziehorns (wie die Kurbelpressen),
2. die des Niederhalters oder des Ziehtrings.

Der Niederhalter wird bei den Kniehebelziehpressen (Abb. 18) derart bewegt, daß er dem Ziehstößel vorausseilt, bis er auf der Ziehscheibe aufsitzt. Hier bleibt er starr ruhen, während der Stößel seinen Ziehweg vollendet, und eilt diesem beim Hochgang nach (Abb. 9).

Durch diese besondere Anordnung wird mit $h = (1 + \cos \varphi) e$ — wobei h die Ziehtiefe, e die Kurbellänge, φ der Voreilwinkel des Niederhalters ist — die Ziehtiefe verhältnismäßig groß, so daß also die Kröpfung der Kurbelwelle gut ausgenützt ist. — Voraussetzung ist allerdings, daß die Werkstücke durch den Tisch hindurchfallen können.

Trifft diese Voraussetzung nicht zu oder ist, wie bei Weiterschlägen, ein wesentlicher Teil des Stößelwegs für die Zuführung des vorgezogenen Werkstücks nötig, so verringert sich die Ziehtiefe auf $h = (1 + \cos \varphi) e/2$. Aus

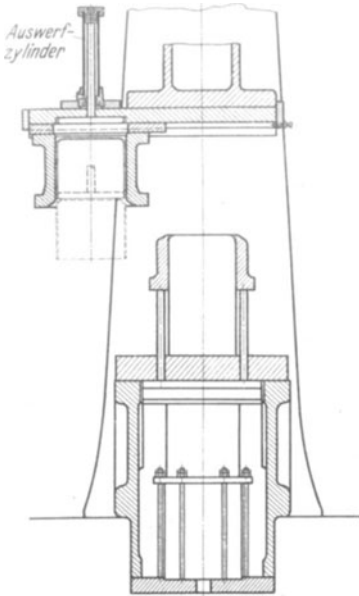


Abb. 17. Ziehring im Pressenstößel ausziehbar zur besseren Ausnützung des Stößelwegs für die Ziehtiefe; die Ausziehbewegung kann von der Presse gesteuert werden, also selbsttätig erfolgen. Die Ausziehstellung erleichtert die Wegnahme der Ziehstücke. Vorteilhaft wird erst am Ende des Ausziehwegs ausgestoßen. Notwendig ist eine Sicherung zwischen Stellung des Ziehtrings und Einrückgestänges, die eine Fehlbedienung der Presse verhindert (WEINGARTEN)

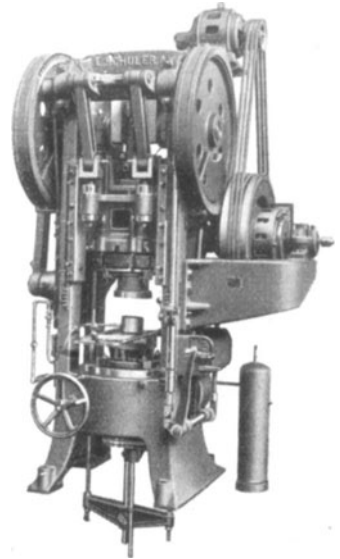


Abb. 18. Doppeltwirkende Ziehpresse mit Bewegung des Niederhalters durch Kniegelenk. Kniehebelzieh-
presse. Preßluft-Niederhaltung
(SCHULER).

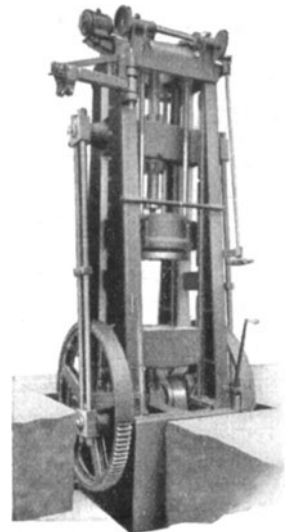
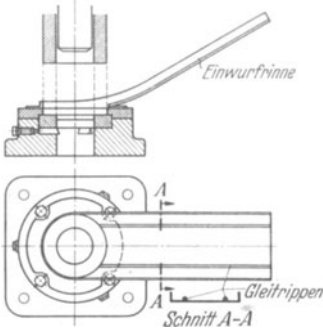


Abb. 19. Doppeltwirkende, rein mechanische Ziehpresse, Tischbewegung durch Kurvenscheiben (Kurvenscheibenzieh-
presse) in gedrängter Bauweise (SCHULER).

diesem Grund werden Kniehebelpressen vorwiegend für den ersten Zug, den Anschlag, benutzt.

Für Weiterschläge sind die Kurvenscheibenziehpressen (Abb. 19) günstiger. Bei diesen steht zu-



meist der Niederhalter fest, während der Tisch durch Kurven bewegt wird. Diese Bewegungsart ermöglicht größere Geschwindigkeiten und dadurch eine wesentliche Verkleinerung

des Voreilwinkels. Die Ziehtiefe von $h = (1 + \cos \varphi) e$ wird mit kleinerem Voreilwinkel φ größer als bei Kniehebelpressen. Da ferner die Bewegungen von Tisch und Stößel immer in entgegengesetzter Richtung verlaufen, wird das Werkzeug viel schneller geschlossen und geöffnet als bei Kniehebelziehpressen und entsprechend der Zeitanteil der Beschickung am Kurbelumlauf größer. Dieser Gewinn kann entweder, bei Weiterschlägen, zur Erleichterung der Pressenbeschickung oder aber, bei

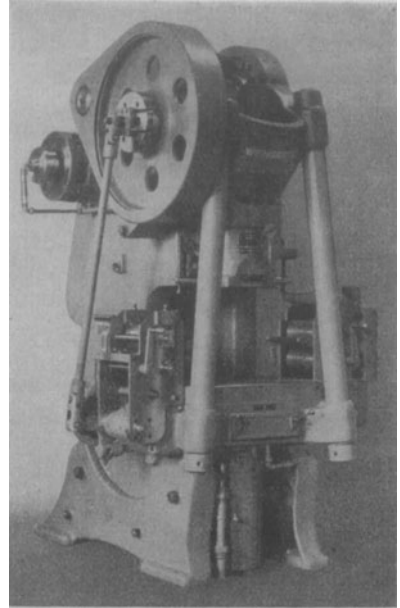


Abb. 21. Selbsttätige Zuführung von „end-loosen“ Bändern durch Walzen (oder Rollen) an einer Exzenterpresse mit Federdruckapparat (WEINGARTEN).

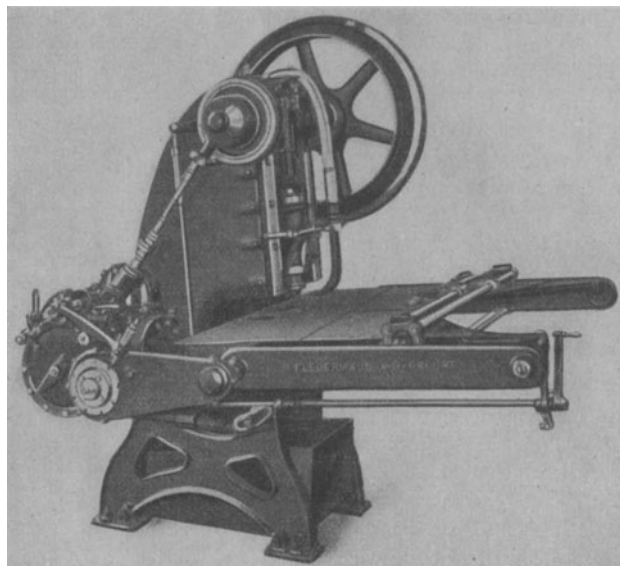


Abb. 22. Kurbelpresse zum Schneiden und Ziehen mit Zickzackzuführung, d. h. selbsttätigem Vorschub zur günstigen Aufteilung von Blechtafeln.

seichten Zügen, zur Leistungssteigerung verwendet werden.

Wie bei den einfachen Pressen ohne Niederhalter (Abschnitt 5) ist auch bei den doppeltwirkenden Pressen die Entwicklung der hydraulischen Pressen mit Niederhalter sehr zu beachten, vor allen Dingen für die Bearbeitung ganz großer Werkstücke mit ungleichmäßigen Formen an den verschiedenen Seiten oder Ecken, die eine entsprechende Anpassung des Niederhalterdrucks erforderlich machen. Die Hydraulik ermöglicht nämlich eine Bauart, die

die Bewegung des Niederhalters durch 4 Zylinder lenkt, deren Druck einzeln gesteuert und geregelt werden kann.

Daneben ist die Bewegung des Stößels unabhängig von der des Niederhalters, so daß nahezu der ganze Stößelweg als Arbeitsweg ausgenützt, also im Vergleich mit Kurbelpressen $h = 2e$ werden kann.

8. Pressen mit selbsttätiger Zuführung.

Selbsttätige Zuführungen steigern die Leistungsfähigkeit der Pressen gegenüber Handbeschickung auf das Mehrfache, schon dann, wenn nur die Scheiben selbsttätig zugeführt werden, noch mehr, wenn die Schneidarbeit mit dem Tiefzug verbunden wird. In diesem Fall ist es möglich, Streifen, Bänder oder Tafeln zu verarbeiten.

Scheiben können entweder einzeln zugeführt werden durch Rutschen (Abb. 20) oder Ladescheiben (Revolverteller) oder aber in Paketen, von denen dann die Maschine ganz selbsttätig mit (Saug-) Greifern oder Schiebern, Scheibe um Scheibe zum Werkzeug bringt.

Zur Zuführung von Streifen und Bändern dienen Walzen oder Zangen (Abb. 21) und zur Zuführung von Tafeln besondere Zuführeinrichtungen, sog. Zickzackzuführungen (Abbildung 22).

Die gute Bewährung selbsttätiger Zuführungen bei vorgezogenen Werkstücken hat dazu geführt, mehrere Werkzeuge zur Verrichtung aufeinanderfolgender Arbeiten an einem Stößel anzubringen und durch geeignete Zuführung zu verbinden.

So entstanden erst mit Ladescheibenzuführung die Revolvertellenpressen mit beschränkter Stufenzahl (Abbildung 23), denen mit Greiferzuführung in jüngster Zeit, jene mehr

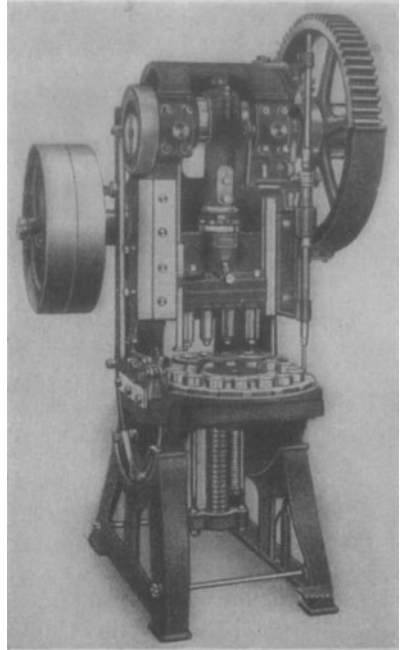


Abb. 23. Exzentripresse mit mehreren Ziehwerkzeugen und Revolverzuführung; der Niederhalterdruck wird durch Federn erzeugt, die unter dem Pressentisch angeordnet sind (Federeckapparat) (SCHULER).

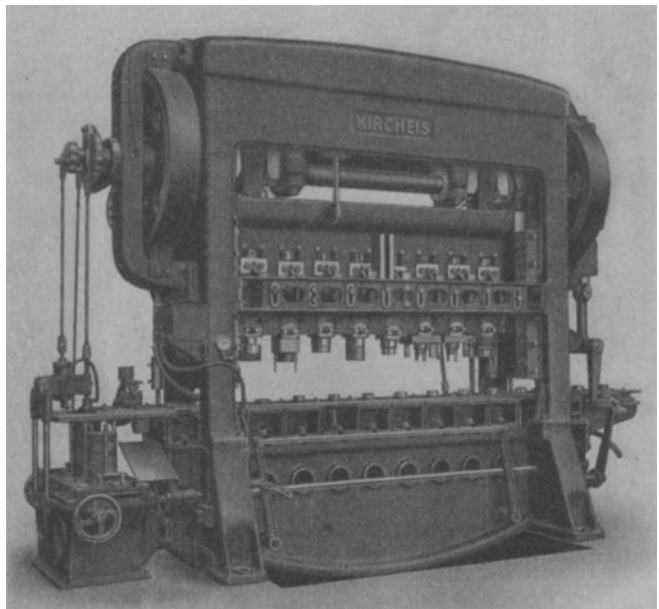


Abb. 24. Kurbelpresse mit mehreren nacheinander arbeitenden Werkzeugen: Stufenpresse. Die Zihscheibe bzw. das vorgearbeitete Werkstück wird dem ersten Werkzeug selbsttätig durch Ladescheibe zugeführt und von Werkzeug zu Werkzeug (Stufe zu Stufe) durch Greifer weiterbefördert (KIRCHHEIS).

und mehr verdrängend, die Stufenpressen mit großer Stufenzahl gefolgt sind (Abb. 24). Solche Pressen bringen die größten Mengen auf kleinstem Raum, mit kleinstem Aufwand an Menschenkraft. Für Stufenpressen gibt es weder in der Zahl der Stufen eine Grenze noch in der Größe der Arbeitsstücke, noch endlich in der Werkzeugbewegung einschließlich der Niederhalterwirkung. Durch Anwendung von Preßluftpolstern wird die Stufenpresse, zientechnisch gesehen, der günstigsten Ziehpresse zur Seite gestellt; ihr Arbeitsgebiet wird nach wirtschaftlichen Erwägungen bestimmt¹.

B. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen ohne Niederhalter.

9. Anschlagwerkzeug ohne Niederhalter. Das Werkzeug ohne Niederhalter ist das einfachste Ziehwerkzeug überhaupt, es besteht nur aus dem Ziehstempel 2 und dem Ziehring 1 (Abb. 5). Wichtig ist die Form der Ziehkanten *a* und *b* (Abb. 5): sie muß für dünne Bleche durch kleinen Rundungshalbmesser gebildet werden, für dicke Bleche, $s > 2 \cdots 3$ mm, stetig verlaufen, entweder nach Abb. 5 mit entsprechend großem Rundungshalbmesser, oder nach Abb. 25, welche Ausführung die Flächenreibung verringert. Wesentlich ist, daß die Umformung von außen her eingeleitet wird.

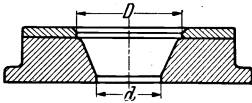


Abb. 25. Ziehring zum Umformen einer Scheibe in einen Napf ohne Niederhalter mit kegelförmiger Ziehfläche.

Der Ziehstempel muß, wie alle Ziehstempel, durchbohrt sein, damit bei seinem Rückgang, wenn das gezogene, luftdicht an den Ziehstempel anliegende Gefäß abgestreift werden soll, die Luft in den zwischen dem Gefäßboden und dem Ziehstempel entstehenden Hohlraum treten kann. Dadurch wird das Abstreifen erleichtert, in manchen Fällen ohne Beschädigung von Werkstück oder Maschine überhaupt erst ermöglicht.

Da mit den Werkzeugen ohne Niederhalter nur seichte Züge möglich sind, braucht man zum Abstreifen keine besondere Einrichtung. Es genügt, wenn man das Ende der Ziehfläche scharf hält, so daß der Gefäßrand, dessen Durchmesser nach dem Ziehen durch Rückfederung etwas größer wird als der Durchmesser der Ziehöffnung, beim Hochgehen sicher aufgehalten wird.

Zur Verbindung der Werkzeugteile mit den entsprechenden Maschinenteilen gibt es verschiedene Möglichkeiten: Der Ziehstempel kann Außen- oder Innengewinde haben und mit dem Stößel verschraubt sein, oder er kann kegelförmig verjüngt und mit dem Stößel verkeilt sein, oder aber, mit einem zylindrischen Zapfen versehen, im Stößel aufgenommen werden, wobei für besondere achsrechte Sicherung gesorgt werden muß.

Die erste Ausführung ist am einfachsten. Die Gewindebefestigung gewährleistet aber nur bedingt einen achsrechten Sitz; die Kegelbefestigung ist in dieser Hinsicht besser, wenn sorgfältig ausgeführt; aber die regelmäßige Benützung des Hammers zur Durchführung einer einwandfreien Befestigung verträgt sich schlecht mit einer pfleglichen Maschinenbehandlung. Aus diesen Gründen verdient die technisch einwandfreie dritte Befestigungsart den Vorzug, auch wenn sie etwas zeitraubender ist.

Der Ziehring, der Werkzeugunterteil, wird entweder mit Schrauben, die einerseits in Rillen des Pressentisches, andererseits in besonderen Aussparungen am

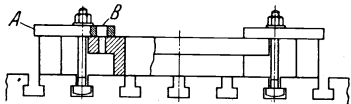


Abb. 26. Werkzeugbefestigung an der Maschine. A Klaue, B Loch für Stift zur Sicherung gegen Verdrehen.

¹ Obering, E. VERGEN: Automatisierung in der Stanzerei. Maschinen-Bau — Betrieb Bd. 21 (1942) S. 185.

Ziehring geführt werden, unmittelbar oder — zur Vermeidung der Aussparungen im Ziehring — mittelbar mit dem Pressentisch verschraubt (Abb. 26).

Bei liegenden Ziehpressen genügt als Befestigung für viele Zwecke die Aufnahme in einem nach oben offenen Schuh, d. h. einer Art Gabel, die eine rasche Auswechslung der Ziehringe ermöglicht. In diesem Fall wird die zentrische Lage des Ziehtrings durch genaue Bearbeitung des Umfangs, die achsrechte durch eine Schulter bestimmt und gesichert.

10. Weiterschlagwerkzeug ohne Niederhalter.

Dieses (Abb. 27 a und b) ist ebenso einfach wie das Anschlagwerkzeug und unterscheidet sich von diesem nur durch die besondere Form der Werkstückführung vor dem Ziehen.

Werden die zu ziehenden Gefäße sehr tief und die Wanddicken im Verhältnis zur Tiefe gering, wie z. B. bei Streckzügen, dann wird die Haftung der Gefäße am Stempel nach dem Zug groß, und es empfiehlt sich, den Ziehstempel etwas zu verjüngen (ungefähr 1°) und durch besonderen Abstreifer (Abb. 28) dafür zu sorgen, daß der Abstreiferdruck von der ganzen Wanddicke aufgenommen wird. Je größer die beanspruchte Fläche des Gefäßbrands, desto kleiner der spezifische Flächendruck und desto größer die Sicherheit, daß der Gefäßbrand beim Abstreifen nicht beschädigt wird.

11. Anschlagwerkzeug mit Niederhalter. Der einfachste Niederhalter ist eine schwenkbare Platte nach Abb. 29. Durch deren Anwendung wird der Verwendungsbereich des einfachen Anschlagwerkzeugs etwas erweitert, der Arbeitsablauf aber verlängert durch die Zeit, die zum Ausschwenken, Einschwenken und Verriegeln der Platte bei jedem Ziehgang nötig ist.

Dieser Nachteil ist bei einem gefederten Niederhalter nicht vorhanden. Die Federung wird entweder von einem Gummizylinder oder aber einer Zylinderfeder aufgenommen dadurch, daß der Federungskörper zwischen Werkzeugunterteil und Niederhalter gespannt wird (Abb. 31 und 38). Der Druck des Federungskörpers ist einstellbar durch Veränderung des Abstands der beiden Druckplatten, von denen die untere gegen die Stellmutter der Führungsstange, die obere über Druckbolzen gegen den Niederhalter schultert.

C. Ziehwerkzeuge für einfache Pressen mit Niederhalter.

12. Niederhalterbewegung durch Federdruckapparat. Der Federkörper, der nach Abb. 38 am Werkzeugunterteil befestigt sein kann, wird zweckmäßig mit dem Werkzeuggestisch verbunden, sobald mit der Presse Zieharbeiten häufiger ausgeführt werden sollen. Diese Ausführung wird bevorzugt verwendet sowohl an liegenden Kurbelpressen (Stößwerken) (Abb. 30), wie an stehenden Pressen (Abb. 23),

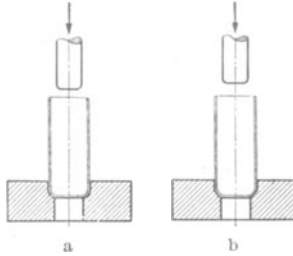


Abb. 27. Weiterschlagwerkzeuge ohne Niederhalter mit verschiedenen Übergängen zur Ziehkante: a Ecke gerundet, b Ecke kegelförmig.

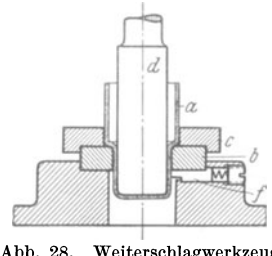


Abb. 28. Weiterschlagwerkzeug ohne Niederhalter mit zusammengesetztem Werkzeugunterteil. a Gefäß, b Ziehring, c Werkstückaufnahme, d Stempel, f Abstreifer. Die Bauart ermöglicht eine zweckmäßige, die Beanspruchung berücksichtigende Werkstoffauswahl.

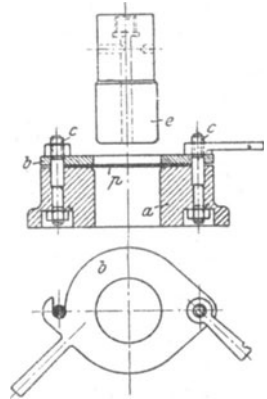


Abb. 29. Ziehwerkzeug mit schwenkbaren Platte als Niederhalter. a Ziehring, b Niederhalter, c Spannschraube und Bolzenschraube für b, e Stempel, p Blechscheibe.

besonders bei seichten Zügen; sie ist mechanisch einfach, haltbar und so die beste Grundlage für rasche, störungsfreie Arbeitsweise.

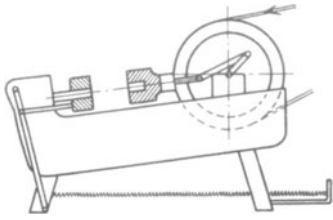


Abb. 30. Schema für Kurbelpresse in liegender Anordnung mit Feder zur Erzeugung des Niederhalterdrucks: Stoßwerk.

Die Lagerung der Feder erfordert eine Umkehrung des Ziehwerkzeugs zur Presse (Abb. 31 und 38): Niederhalter und Ziehstempel müssen mit dem Pressentisch, der Ziehring mit dem Pressenstößel verbunden werden.

13. Niederhalterbewegung durch Luftpolster. Wo tiefe Züge gemacht werden müssen, ist der Federdruckapparat nicht mehr anwendbar, wie bereits für die Pressen (Abschn. 6, zweiter Absatz) ausgeführt. Die zusätzliche Spannung im Blech bzw. dem Ziehstück kann vorzeitig zum Bruch führen, vielleicht schon ausgelöst durch die zulässigen

handelsüblichen Abweichungen der Blechdicke. Will man die Bruchgefahr durch Verringerung des Niederhalterdrucks zu Beginn des Ziehwegs mildern, so tritt die Gefahr der Faltenbildung in den Vordergrund (Abb. 46 und 68), die ebenso schädlich ist wie die Überspannung des Niederhalterdrucks. Die Grenze, die der Verwendung des Federdruckapparats gezogen ist, ist also durch die Ausschubgefahr bedingt; je näher sie rückt, desto größer wird der Anteil der Ausschubstücke bei der Fertigungsmenge.

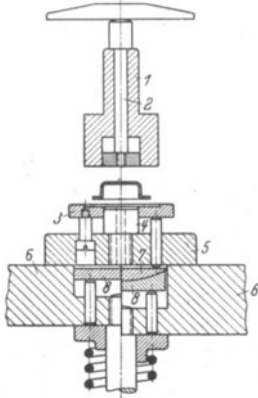
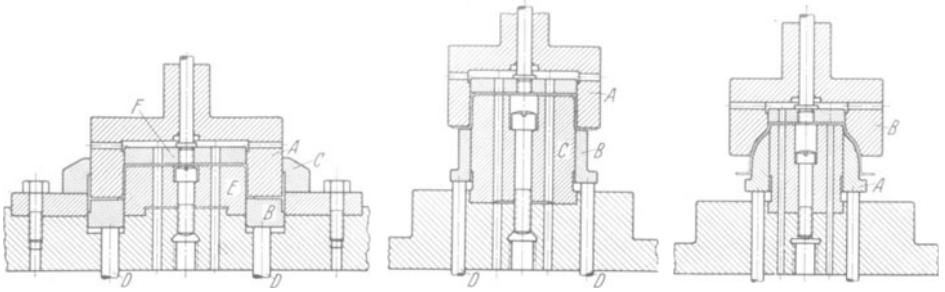


Abb. 31. Ziehwerkzeug mit Niederhalterfedern im Unterteil (Federdruckapparat.) (AWF.)
1 Ziehring, 2 Ausstoßer, 3 Niederhalter, 4 Ziehstempel, 5 Stempelaufnahme, 6 Grundplatte, 7 Ausgleichplatte, 8 Druckplatte. Ausführung links ohne Ausgleichplatte.

Abhilfe bringt die Gleichhaltung des Niederhalterdrucks auf dem ganzen Ziehweg durch Ersatz des Federdruckapparats durch ein Luftpolster (Abb. 15 und 39). Das Luftpolster erfordert allerdings eine besondere Anlage zur Preßluftherzeugung, ist daher teurer im Betrieb, erfordert eine sorgfältigere Überwachung und ist größerem Verschleiß unterworfen. Dafür ist der Niederhalterdruck in weiten Grenzen auf einfache und empfindliche Weise einstellbar. Dieser Vorteil wirkt sich besonders günstig aus bei der Verarbeitung von dünnem Blech und bei unterschiedlicher Blechdicke, der Dickentoleranz.

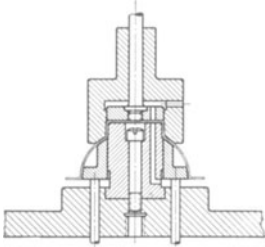
14. Ziehwerkzeuge für doppelwirkende Pressen. Die Vorzüge der Luftpolster wurden bei ihrer Einführung stark übertrieben, man hat ihnen nicht nur die oben beschriebenen Vorzüge zugemessen, sondern behauptet, daß sie größere Erfolge auch in der erreichbaren Ziehtiefe bringen. Wenn man die Angaben über die erreichbare größte Ziehtiefe für Luftpolsterpressen vergleicht mit denen, die für doppelwirkende Pressen gemacht werden, bei denen der Niederhalter nur mechanisch bewegt wird, dann zeigt sich klar, daß ziehtechnisch die Luftpolsterpresse gegenüber der doppelwirkenden Ziehpresse keinen Vorsprung gewonnen hat. Von viel größerer Bedeutung ist der mechanische Vorteil, den die Aufnahme der Niederhalterbewegung durch das Luftpolster bringt: die bewegten Massen sind durch den Fortfall des Niederhalterstößels kleiner geworden, der Schwerpunkt der Presse wird tiefer gelegt. Der mechanische Vorteil wiegt um so schwerer, je größer die Ziehstücke sind. Bei kleineren und mittelgroßen Ziehstücken behauptet die doppelwirkende Ziehpresse auch heute noch ihren Platz. Die rein mechanische Arbeitsweise ist einfach, entsprechend auch der Werkzeugaufbau: Abb. 7 für Anschlag und Abb. 32 für Weiterschlag.



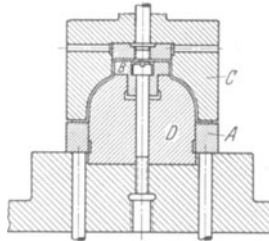
Stufe 1: Schnitt der Ziehscheibe und Anschlag. *A* Schnittstempel, gleichzeitig Ziehring, *B* Niederhalter, *C* Schnittring, *D* Druckbolzen zwischen Niederhalter u. Druckfeder, *E* Ziehstempel, *F* Auswerferplatte.

Stufe 2: Weiterschlag. *A* Ziehring, *B* Niederhalter, *C* Ziehstempel, *D* Druckbolzen zwischen Niederhalter und Druckfeder

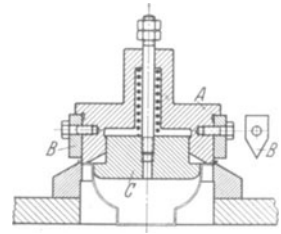
Stufe 3: Erster Formzug. *A* Niederhalter, *B* Ziehring = Ziehform.



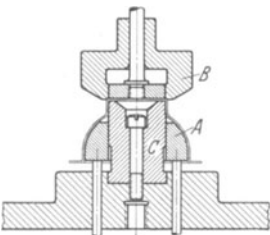
Stufe 4: Zweiter Formzug mit im Unterteil gefedertem Niederhalter.



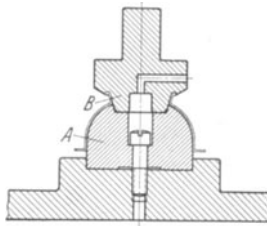
Stufe 5: Fertigschlag. *A* Niederhalter, *B* eingesetzter Ziehstempel, *C* Formring, *D* Formstempel.



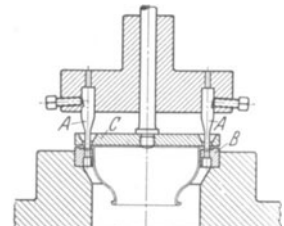
Stufe 6: Beschneiden des Gefäßrandes und Zertrennen des abgeschnittenen Blechrings. *A* Schnittstempel, *B* Trennmesser, *C* Führungstempel.



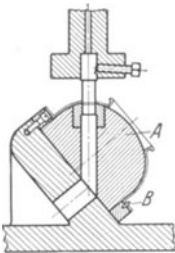
Stufe 7: Ausschneiden des Gefäßbodens. *A* Niederhalter, *B* Schnittring, *C* Schnittstempel.



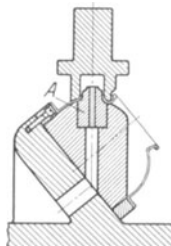
Stufe 8: Ausweiten des Kappenhalses und Einrollen des Randes. *A* Aufnahme, *B* Aufweite- und Rollstempel.



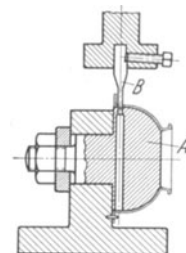
Stufe 9: Schneiden der Befestigungslöcher in den Gefäßflansch. *A* Lochstempel, *B* Schnittplatte, *C* Niederhalter, gleichzeitig Abstreifer.



Stufe 10: Lochen des kugelförmigen Mantelteiles. *A* Aufnahme, *B* Stellstift.



Stufe 11: Hochstellen (Schlagen) des Lochrandes. *A* Stempel (ohne Niederhalter).



Stufe 12: Lochen des Mantels im zylindrischen Teil. *A* Aufnahme, *B* Stempel.

Abb. 33 III. Schnitt-, Stanz-, Ziehwerkzeuge der einzelnen Fertigungsstufen.

der Zeiteinheit mehr Arbeits-
spiele zu erwarten sind. Die
Ausnützung des Maschinen-
parks ist günstiger und der
Einfluß der Störungen ge-
ringer.

Welche Verbindung von
Werkzeugen die richtige ist,
läßt sich nur nach der
Aufgabe entscheiden. Aus-
schlaggebend ist das Ergeb-
nis der in jedem Fall anzu-
stellenden wirtschaftlichen
Prüfung.

16. Folgewerkzeuge. Wenn
es sich nur um Werkstücke
beschränkter Abmessung
handelt und um eine geringe
Zahl von Arbeitsgängen,
dann kann man die Arbeits-
gänge, zur Vereinfachung der Zuführung von einer
Arbeitsstelle zur andern, in einem Werkzeug ver-
einigen, wie die Abb. 35 für Schneiden und Ziehen

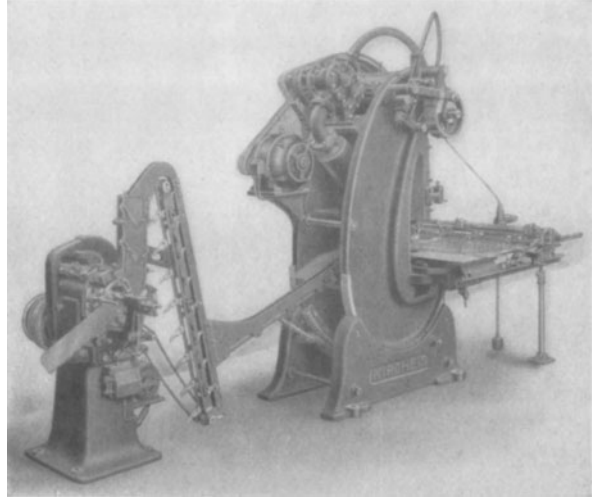


Abb. 34. Kopplung von Maschinen durch selbsttätige Fördereinrichtungen zu einem Maschinenzug (KIRCHHEIS).

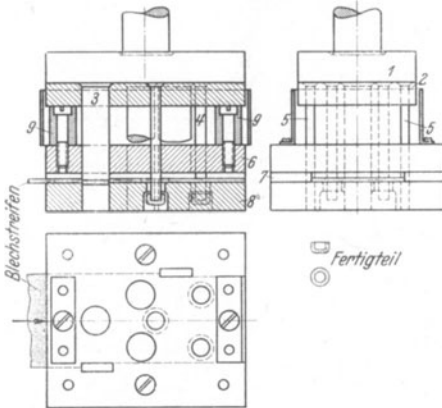


Abb. 35. Mehrfach-Folgewerkzeug zum Schneiden und Ziehen von Näpfchen.
1 Stempelkopf, 2 Stempelplatte, 3 Schnittstempel für die Scheibe, 4 Zieh-
dorn, 5 Seitenschnneider, 6 Abstreifer bzw. Stempelführung, 7 Zwischen-
lage, 8 Unterteil bzw. Schnitt-Zieh-Platte, 9 Aufschlagleisten.

und Abb. 36a und b für Schneiden und Formstanzen
zeigen. Diese Werkzeuge verrichten gleichzeitig zwei
Arbeitsgänge an zwei verschiedenen Werkstücken. Zur
Bearbeitung eines Werkstücks sind zwei Stößelnieder-
gänge erforderlich; die beiden Arbeitsgänge, die an
jedem Werkstück ausgeführt werden, folgen einander.

17. Verbundwerkzeuge. In vielen Fällen können Arbeitsgänge auch so mit-
einander verbunden werden, daß sie mit dem gleichen Stößelhub ausgeführt
werden und daß Werkzeugteile, die den ersten Arbeitsgang ausführen, auch beim

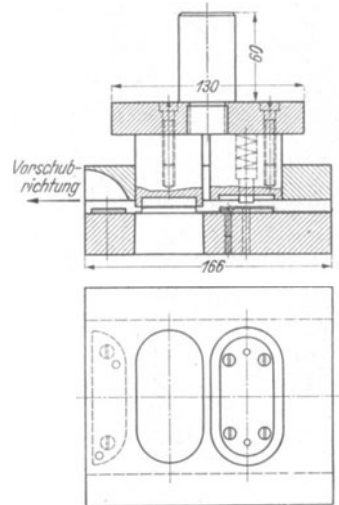
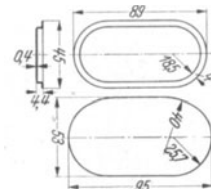


Abb. 36a, b. Folgewerkzeug zum Formstanzen und Schneiden.



nächstfolgenden mitwirken. Auf diese Weise lassen sich nicht nur Anschlag mit Weiterschlag, zwei Weiterschläge, sondern auch Schneiden, Stanzen, Prägen und Ziehen verbinden.

Das einfachste Verbundwerkzeug ist das für Schnitt und Anschlag einer Ziehscheibe für eine doppeltwirkende Ziehpresse (Abb. 37). Abb. 38 zeigt weiter eine Verbindung von zwei Schnitten

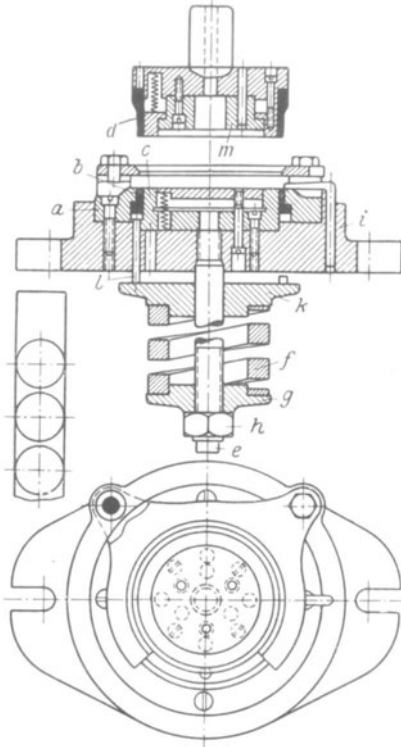


Abb. 38. Verbundwerkzeuge zur Erzeugung eines Fassungsreifs durch Schneiden, Ziehen, Schneiden; Niederhalterdruck durch Feder *f*. *a* Schnittring, *b* Niederhalter, *c* Ziehdom und Schnittring für Bodenöffnung, *d* Schnittstempel für Scheibe und gleichzeitig Ziehring, *e* Befestigungsstange für Niederhalterfeder, *f* Niederhalterfeder, *g* u. *k* Druck- u. Gegendruckplatte, *h* Stellmutter, *i* Werkzeug-Unterteil, *l* Druckbolzen, *m* Schnittstempel für Bodenöffnung.

mit dem Anschlag für eine Exzenterpresse, Abb. 39 eine Verbindung von Schnitt, Anschlag und Weiterschlag für eine Presse mit Luftpolster.

Die Beispiele von Verbundwerkzeugen ließen sich beliebig vermehren, doch zwingt der Raum-mangel zur Beschränkung der Auswahl.

E. Sonderwerkzeuge.

18. Ausbauchen. Die einfachste Art des Ausbauchens ist das Flanschen, häufig auch „Stau-

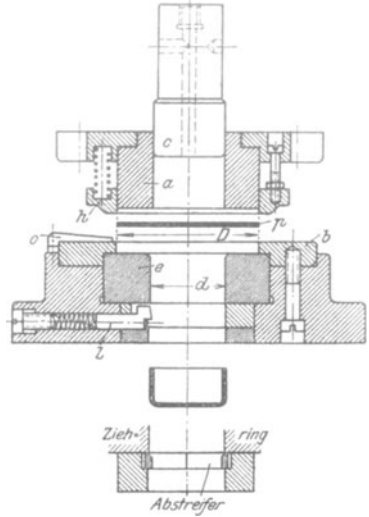


Abb. 37. Verbundwerkzeug zum Schneiden und Ziehen aus Blechstreifen oder Band. *a* Niederhalter und Schnittstempel, *b* Schnittring, *c* Ziehdom und Schnittring für Bodenöffnung, *e* Ziehring, *h* Niederhalter für Blechstreifen bzw. Band, *l* Werkstückabstreifer, *o* Vorschub-Anschlag, *p* Blechscheibe.

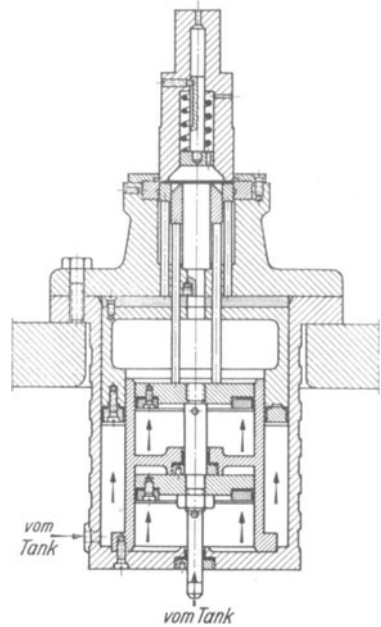


Abb. 39. Verbundwerkzeug für Schneiden, Ziehen, Weiterziehen mit Preßluftniederhalter. Zur Erzeugung des notwendigen Preßluftdrucks bei dem beschränkten Raum sind 2 Preßluftzylinder hintereinander geschaltet (WEINGARTEN).

chen“ genannt: Ein vorgezogenes Hohlgefäß *a* (Abb. 40) wird mit der Öffnung nach unten in eine Form *b* gesteckt, bis es gegen einen Anschlag schultert. Die

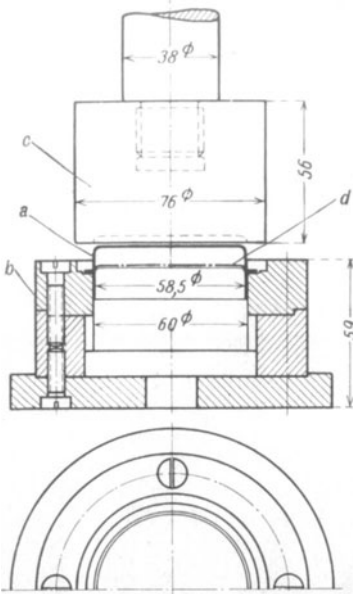


Abb. 40. Stauch- oder Flanschwerkzeug. *a* Werkstück, eingelegt, *b* Formring, *c* Formkopf, *d* Werkstück gestaucht (geflanscht).

An Stelle von Gummi läßt sich mit gleich gutem Ergebnis auch Flüssigkeit verwenden, entweder nach Abb. 42 mit einer Ziehpresse oder nach Abb. 43, der HUBER-Pressung, mit reiner Flüssigkeitswirkung.

19. Verstärkung der Gefäßwand. Das Hohlgefäß *A* (Abb. 44) muß an der Mündung verstärkt sein, damit ein Gewinde aufgeschnitten werden kann. Die Erzeugung der Verstärkung ist eine Verbindung von Zieh- und Preßarbeit. Die zur Verstärkung notwendige Werkstoffmenge wird während der Züge (Abb. 44C und D) durch geeignete Ausbildung der Ziehorne bei deren Rückgang möglichst nahe an die Mündung gebracht und dann bei ganz geringer Durchmesserabnahme mit dem abgebildeten Werkzeug in zwei Arbeitsgängen (*B* und *A*) auf einer Exzenterpresse in die gewünschte Form gepreßt.

Der Ziehstempel *a* ist gegenüber der Kopfplatte *p* so stark gefedert, daß er das vorgezogene Gefäß in den Unterteil hineinzieht, bis es im Grund aufsteht. Nun gibt er gegen die Feder *f* nach; der Stößel geht aber mit der Kopfplatte *p* und dem Preßstempel *b* tiefer, stößt gegen den oberen Gefäßrand und zwingt ihn, den vom Ziehstempel *a*, dem Preßstempel *b* und dem Formring *c* gebildeten Hohlraum auszufüllen.

zweite Formhälfte, der Stempel *c*, preßt im Nierengang auf den Boden und zwingt ihn, seinen Abstand von der Führung *b*, die ein seitliches Ausweichen der Gefäßwand verhindert, bei gleichzeitiger Vergrößerung des Durchmessers zu verkleinern und den Raum zwischen oberer und unterer Form nach — — — auszufüllen.

Die Möglichkeit des mechanischen Ausbauchens ist beschränkt; sie kann erweitert werden durch einen Hilfsstempel aus Gummi, der seine Form unter dem Druck des Oberstempels verändert und dabei eine beständige Blechführung und die sichere Verhütung von Faltenbildung gewährleistet (Abb. 41).

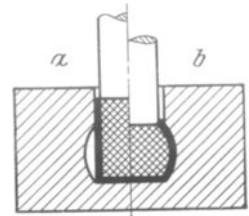


Abb. 41. Einfaches Ausbauchen eines gezogenen Hohlgefäßes durch Gummi mit einfachwirkender Kurbelpresse. *a* Arbeitsbeginn, *b* Arbeitsende.

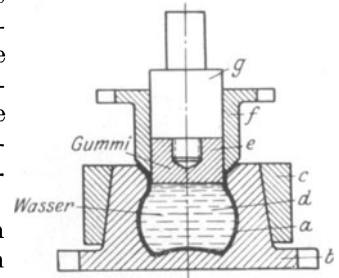


Abb. 42. Ausbauchen durch Flüssigkeit mit einer doppelwirkenden mechanischen Ziehpresse. *a* Geformtes Gefäß, *b* Form (geteilt), *c* Ring zum Zusammenhalten der geteilten Form, *d* Flüssigkeit, *e* Preßstempel aus Gummi, *f* Niederhalter, *g* Stempelkopf.

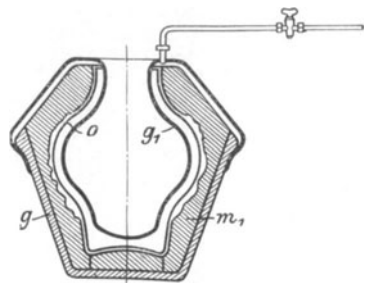


Abb. 43. Ausbauchen durch Flüssigkeitsdruck nach vorheriger Entfernung der Luft zwischen Werkstück und Form (HUBER-Pressung). *o* vorgeformtes Gefäß, *g* Werkzeugaufnahme, *g1* Gummiblase, *m1* geteilte Form.

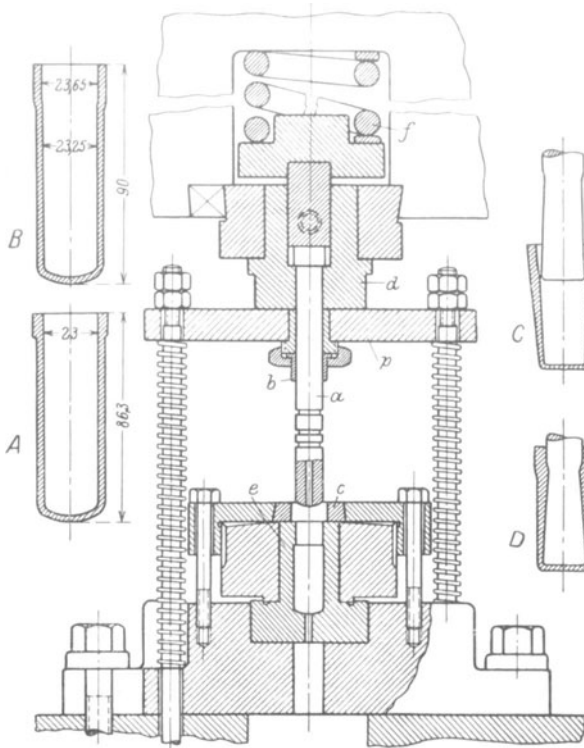


Abb. 44. Werkzeug für Ziehen und Stauchen. *a* Ziehstempel, *b* Stauchstempel, *c* Stauchring, *d* Stempelpfosten, *e* Hülseaufnahme, *f* Druckfeder, *p* Führungsplatte. *A*, *B*, *C*, *D* Fertigungsstufen.

außen auf den Ziehring gestanzt. Die Ausbildung der Kugelform wird damit zum Stülpszug, der erst möglich wird, wenn das Blech in Fluß gekommen ist.

Die Wulstziehkante ist heute nicht mehr auf die Halbkugelform beschränkt, sondern wird überall angewendet, wo die Werkstückform die Ausbildung einer normalen Ziehkante und einer Blechführung vom Ziehbeginn an unmöglich macht, besonders im Karosseriebau¹).

F. Einstellung und Beschickung der Ziehwerkzeuge.

21. Arbeitskräfte. Die zum Ziehen entwickelten Werkzeuge und Arbeitsmaschinen haben einen hohen Wert, ein kleiner Fehler bei ihrer Handhabung kann großen Schaden verursachen. Je höher die Leistungsfähigkeit von Maschine und Werkzeug, um so höher der Wert und um so größer der mögliche Schaden. Die sorgfältige, wohlüberlegte Behandlung setzt eine völlige Beherrschung des Werkzeugaufbaus und der Arbeitsmaschine voraus. Je verwickelter diese sind, desto größer werden die Anforderungen an die Auffassungsgabe und die Entschlossenheit der mit der

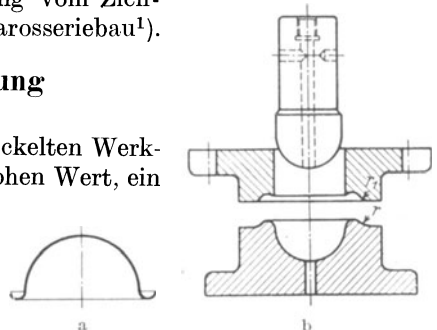


Abb. 45 a, b. Werkzeug für Halbkugelformung mit Wulstkante.

20. Halbkugelform. Halbkugelige Gefäße nach Abb. 45a sind schwer zu ziehen, weil das Blech während der Umformung nicht geführt wird und dadurch sich leicht Falten bilden können. Der Werkstofffluß wird nicht wie bei den gewöhnlichen Formen an der Ziehöffnung erzwungen, sondern das Blech wird mehr nur gebogen. In solchen Fällen hilft auch eine übergroße Niederhalterspannung nicht, weil sie sich nicht auf die Fläche über der Ziehöffnung auswirkt. Erst langwierige Versuche vor mehreren Jahren brachten durch besondere Ausführung der Ziehkante einen Erfolg. Wie Abb. 45b zeigt, wurde auf dem Ziehring ein Wulst angebracht und durch entsprechende Ausbildung des Niederhalters die Ziehkante an den Anfang der Wulst beim Übergang zur Fläche des Ziehringes verlegt. Mit $r > r_1$ wird das Blech an dieser Stelle gekniffen, ja geradezu erst nach

¹ HILBERT, Hs.: Stanzereitechnik im Karosserie- und Fahrzeugbau. Fachschriften für den Karosserie- und Fahrzeugbau Heft 5, Berliner Verlagshaus.

Handhabung und besonders der Einrichtung Beauftragten. Diese sind deshalb besonders auszusuchen und zu schulen.

Bei der Einrichtung ist vor allem wichtig:

1. das Mitten des Ziehrings zum Ziehorn,
2. die Wahl des Niederhalterdrucks,
3. die Einstellung der Ziehtiefe.

22. Mitten des Ziehrings zum Ziehorn. Nach der Befestigung des Ziehorns im Pressenstößel in der bekannten Weise stellt man den Ziehring lose auf den Pressentisch, so daß der Dorn angenähert durch die Mitte geht. Nun wird auf das immer noch lose Unterteil eine Ziehscheibe aufgelegt und mit dem Ziehorn langsam in den Ziehring gedrückt. Wenn der Ziehring nicht richtig gemittet war, so wird der Druck des Ziehorns auf einer Seite größer sein als auf der andern und der Ziehring infolgedessen nach der Seite des größeren Drucks wandern, bis ein Ausgleich eingetreten ist. Der so gemittete Ziehring wird festgeschraubt.

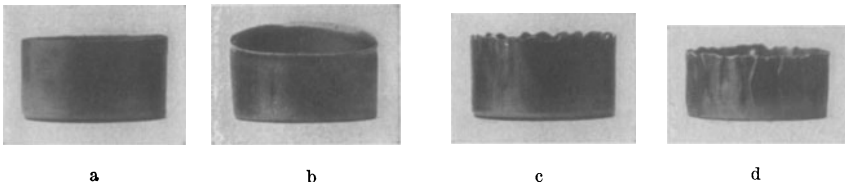


Abb. 46a...d. Werkstück, Mittung und Niederhalterdruck. a Werkstück eben; Mittung gut. b Zungenbildung; Ziehring- und Ziehornachsen verschoben, Mittung schlecht. c Werkstückwand glatt, Niederhalterdruck richtig, c Öffnungsrand gezackt, Niederhalterdruck zu niedrig, Weite der Ziehöffnung gut. d Niederhalterdruck zu niedrig, Weite der Ziehöffnung zu groß, Faltenbildung.

Tritt bei dieser Arbeit keine Verschiebung ein, so genügt die erreichte Güte der Mittung im allgemeinen. Das wird nachgeprüft am Aussehen des gezogenen Werkstücks (Abb. 46). Ist sein Rand parallel zum Boden, die Wand also überall gleich hoch (Abb. 46a), so ist die Mittung einwandfrei. Ist sie an einer Stelle besonders hoch (Abb. 46b) und gegenüber besonders niedrig, so ist der Abstand zwischen Ziehstempel und Ziehring, die Ziehöffnung, an der hohen Stelle zu gering; in diesem Falle ist der Ziehring der hohen Stelle zuzuschieben, bis der Ausgleich hergestellt ist.

Ist ein einfaches Ziehwerkzeug einmal in Benützung gewesen, so legt man zu dem Werkzeug ein fertiges Werkstück. Bei der nächsten Benützung wird dieses über den Ziehorn gestülpt und dieser mit dem Werkstück in die Ziehöffnung geführt. Das lose Unterteil wird so einwandfrei gemittet.

Bei Verbundwerkzeugen mit Schneidarbeit ist die Stempelmittlung einfacher, da Schnittstempel und Schnittring sich immer genau führen; beim Zusammenführen von Werkzeugober- und Werkzeugunterteil muß aber mit größerer Vorsicht vorgegangen werden, damit die Kanten von Schnittstempel und Schnittring nicht beschädigt werden.

23. Mitten des Niederhalters. Bei einfachen Ziehwerkzeugen wird der Niederhalter so am Niederhalterstößel befestigt, daß der Ziehorn frei durch ihn hindurchgehen kann. Besondere Maßnahmen zum Mitten sind nicht erforderlich.

Bei Verbundwerkzeugen werden Niederhalter und Ziehorn zusammen gemittelt, bedingt durch den Aufbau der Werkzeuge.

24. Einstellung des Niederhalterdrucks. Sie wird bei allen Werkzeugen mit Niederhalter nach dem Aussehen des gezogenen Werkstücks beurteilt. Nach der Mittung und Befestigung von Ziehorn, Ziehring und Niederhalter wird der Niederhalterstößel so verstellt, daß der Niederhalter in seiner tiefsten Stellung ohne Druck auf der Ziehscheibe ruht. Nun wird ein Versuchszug ausgeführt:

Ist der Rand des erstellten Gefäßes eben, die Wandung faltenfrei und glatt, dann ist der Niederhalterdruck gerade richtig (Abb. 46a). Ist die Wand glatt, erscheint aber der Rand gezackt (Abb. 46c), so ist der Niederhalterdruck zu klein, der Niederhalter muß dem Werkzeugunterteil genähert, bei Luftpolstern der Luftdruck erhöht werden. Die Zacken sind Falten, die unter dem Niederhalter entstanden waren, aber beim Eintritt in die Ziehöffnung geglättet worden sind. Die Glättung ist nur möglich, wenn die Ziehöffnung nicht größer ist als die Blechdicke; ist sie größer, dann werden die Falten nach Abb. 46d in der Gefäßwand sichtbar bleiben.

Wird beim Ziehen der Boden durchstoßen, bevor die Ziehscheibe ganz in die Öffnung gezogen wird, und ist die Gefäßwand dabei faltenfrei geblieben, so ist der Niederhalterdruck zu groß. Der Niederhalter muß von dem Werkzeugunterteil entfernt werden.

Ist die Wandung zwar glatt, der Gefäßrand aber einseitig hoch, dann ist — genaue Zentrierung des Ziehrings zum Ziehorn vorausgesetzt — der Niederhalterdruck an der hohen Stelle zu groß; die Niederhalterfläche und das Werkzeugunterteil liegen nicht parallel. Der Niederhalter muß auf der hohen Stelle vom Ziehring entfernt oder auf der niederen Stelle dem Ziehring genähert werden.

Die mechanische Verstellung des Niederhalterstößels ist selbst dort, wo die Grobeinstellung mit Hilfe eines Elektromotors möglich ist, zeitraubender als die Druckveränderung in einem Luftpolster, und darum erfordert die Einstellung von Werkzeugen bei Luftpolsterpressen weniger Zeit als bei mechanischen Ziehpressen. Ist der Luftdruck und damit der Niederhalterdruck einmal ermittelt, so ist er für jede Wiederholung der gleichen Arbeit bekannt und sofort einstellbar; bei mechanischen Pressen erfordert jede, auch die wiederholte Werkzeugbenützung, dieselbe Versuchsarbeit und gibt dieselbe Möglichkeit von Ausschußstücken.

Die rechnermäßige Ermittlung des Niederhalterdrucks vor dem Beginn des Versuchs ist für praktische Zwecke bis heute nicht möglich; auch praktisch ermittelte Ziffern, die für viele Fälle mindestens einen Anhalt geben könnten, sind bisher nicht bekannt geworden. Es gibt allerdings auch nicht einen allein richtigen Niederhalterdruck, da er nicht nur durch Werkzeug und Ziehblech, sondern auch durch den Zweck des zu erzeugenden Hohlgefäßes und seine etwaige Arbeit bestimmt wird. Von diesen Umständen hängt es ab, ob die Gefäßwand und der Gefäßrand ganz glatt sein müssen oder ob leichte Faltenbildung und damit ein etwas schwächerer Niederhalterdruck zulässig sind.

25. Einstellung der Ziehtiefe. Die richtige Ziehtiefe und der richtige Niederhalterdruck werden gleichzeitig ermittelt. Zweckmäßig wird der Ziehorn dabei nur allmählich tiefer gestellt, weil dadurch die Möglichkeit von Ausschußgefahr bei der Niederhalterdruckermittlung verringert wird.

Bei Werkzeugen mit Abstreifern ist darauf zu achten, daß die Hohlgefäßränder unter Berücksichtigung der kleinen Unterschiede in der Höhe sicher so frei werden, daß die Abstreifer auch die höchste Stelle erfassen können.

Bei Werkzeugen mit Stanz- und Prägearbeit ist die tiefste Stellung des Stößels mit größter Vorsicht einzustellen, damit einerseits die gewünschte Form gut ausgeprägt, andererseits Werkzeug und Maschine nicht überlastet werden.

26. Beschickung der Ziehwerkzeuge und Unfallgefahr. Spanlose Formung gibt im allgemeinen gleichmäßig gut bearbeitete Werkstücke und hohe Fertigungsziffern. Wenn die Werkzeuge richtig eingestellt sind, ist die Bedienung einfach; sie stellt nur an die körperliche Geschicklichkeit einige Anforderung. Fehlt diese oder wird sie von außen unwillkürlich beeinflusst, dann bringt die Bedienung von Ziehwerkzeugen große Verletzungsgefahren. Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1. die Presse läuft durch und das Werkzeug wird bei jedem Hub beschickt,
2. die Presse wird nach jedem Hub zur nächsten Beschickung ausgerückt.

Wird im Fall 1 durch einen Zufall oder eine Ablenkung der richtige Zeitpunkt der Beschickung versäumt oder wird nicht richtig beschickt, so wird die Hand des Arbeiters vom niedergehenden Werkzeugoberteil erfaßt und verstümmelt. Die gleiche Möglichkeit besteht im Fall 2, wenn der Arbeiter nach dem Einrücken der Presse sieht, daß die Werkstücklage verbessert werden sollte und glaubt, dies während des Laufs der Presse schaffen zu können.

Diese Gefahren verursachen leider immer wieder bedauerliche und schwere Unfälle. Es kann daher auf sie nicht laut und häufig genug hingewiesen werden, zumal gerade der Arbeiter, der längere Zeit an einer Presse gearbeitet hat, nicht mehr an die Gefahren denkt, ja nicht einmal mehr an sie glaubt. Mit Rücksicht auf sie sollte aber jeder Arbeiter an der Presse, wenn nicht anders möglich, auch durch Strafandrohung, dazu erzogen werden: daß er nie zwischen die Werkzeuge greift, wenn die Presse in Bewegung ist, daß er zur Beschickung Hilfswerkzeuge verwendet, daß er die geschaffenen Sicherheits- und Schutzeinrichtungen achtet und, wo sie noch fehlen sollten, fordert.

Schutzvorrichtungen gibt es in der verschiedensten Ausführung, großenteils auch im Handel. Ihre Wirkungsweise, Vor- und Nachteile sind im Schrifttum und vor allem in den Veröffentlichungen der Berufsgenossenschaften eingehend gewürdigt. Auf diese muß daher an dieser Stelle verwiesen werden.

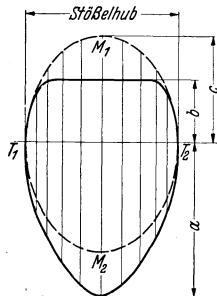
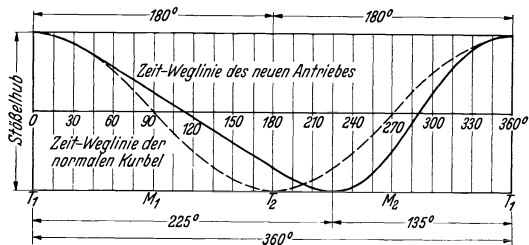
Die beste Schutzvorrichtung ist die selbsttätige Zuführung; sie macht es nicht nur überflüssig, daß in die offenen Werkzeuge gegriffen wird, sondern verhindert es sogar. Vor allem aber sollte jeder Maschinenkäufer sich von seinem Lieferanten bescheinigen lassen, daß die Pressen mit den von der Berufsgenossenschaft vorgeschriebenen Schutzeinrichtungen versehen sind.

Da der arbeitende Mensch das höchste Volksgut verkörpert, ist zu seinem Schutz keine Maßnahme zu viel oder zu kostbar.

III. Ziehen und Ziehbleche.

A. Ziehen.

27. Die Beanspruchung des Ziehblechs. Wird eine ebene Blechscheibe mit Hilfe eines Ziehwerkzeugs in ein Hohlgefäß umgeformt, so setzt sich, wie früher ausgeführt, nach dem Auflegen der Ziehseibe auf den Ziehring der Niederhalter auf die Blechscheibe, ruht auf ihr, während der Ziehstempel niedergeht, und folgt dem Ziehstempel im Hochgehen nach. Vergleicht man das Arbeitsschaubild Abb. 9 mit dem Geschwindigkeitsschaubild des Stößels (Abb. 47 I und II), so erkennt man, daß der Ziehstempel etwa in dem Augenblick auf das Ziehblech



Angenommene max. Ziehgeschw. der Maschine $\sim 22 \text{ m/min}$
 Hubzahl bei diesen Geschwindigkeit
 mit der normalen Kurbel $\sim 18,5/\text{min}$
 mit dem neuen Antrieb $\sim 31,5/\text{min}$
 Steigerung der Hubzahl durch d. neuen Antrieb $\sim 70\%$

a Rücklaufgeschw. des neuen Antriebes
 b Ziehgeschwindigkeit " " "
 c Auftreff-Ziehgeschw. der normalen Kurbel

— Geschw.-Kurve des neuen Antriebes
 - - - " " der normalen Kurbel

Abb. 47. I Zeitwegschaubild, II Geschwindigkeitsschaubild für gleichförmig (normal —) und für ungleichförmig (neu - - -) umlaufende Kurbel zur Erzwingung gleichbleibender Ziehgeschwindigkeit auf nahezu dem ganzen Ziehweg.

trifft, wo er seine größte Geschwindigkeit hat (M_1 Abb. 47 und 54). Die Wucht des Aufsetzens muß zunächst der Teil der Ziehscheibe aufnehmen, der frei über der Ziehöffnung liegt. Er erfährt dabei gleichzeitig eine Biegungs- und eine Zugbeanspruchung. Erst allmählich wird die Beanspruchung von der ganzen Scheibe aufgenommen, die nun in Bewegung kommt: fließt.

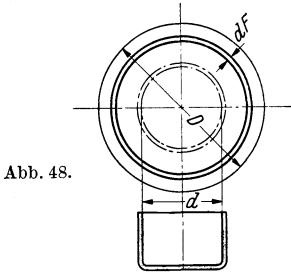


Abb. 48.

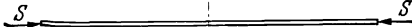


Abb. 49.

Abb. 48. Ziehscheibe und gezogenes Gefäß zur Erklärung der Werkstoffwanderung und -beanspruchung.

Abb. 49. Faltenbildung durch Knickbeanspruchung.

$s \geq 5$ mm, ist reine Stauchung zu beobachten, sobald es sich aber um dünne Bleche handelt, wird die Stauchbeanspruchung zur Knickbeanspruchung.

Das leuchtet ein, wenn man sich den Ring aufgeschnitten und ausgestreckt und an beiden Enden die Druckkräfte S angesetzt denkt (Abb. 49). Der Stab ist lang im Vergleich zu seiner Dicke, widersteht der Beanspruchung nicht, knickt aus. Ähnlich der Ring, die Scheibe:

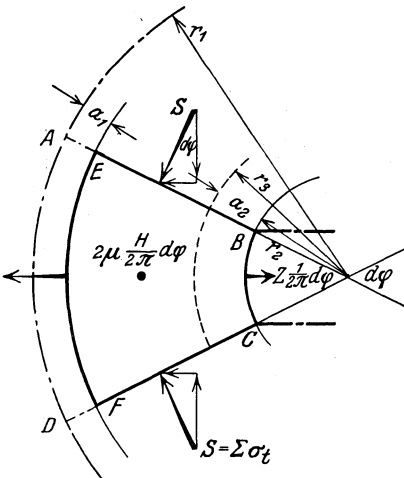


Abb. 50. Beanspruchung eines Flächenelements der Ziehscheibe.

sie werfen Falten. Diese müssen verhütet werden, am einfachsten durch Unterstützen des Blechs auf den beiden Seiten, nach denen es ausknicken könnte, während der ganzen Wanderung. Die Unterstützung (Niederhalter) muß den durch die Knickung entstehenden seitlichen Druck H (Niederhalterdruck) aufnehmen; da die Unterstützung nicht mit dem Blech wandert, sondern ruht, entsteht Reibung von der Größe $2\mu H$. Auch die Reibung muß von der Ziehkraft Z überwunden werden, also mit Abb. 50, da

$$\begin{aligned} Z &= Z' e^{\mu \alpha} \quad \text{und} \quad Z' = 2\mu H + S, \\ Z &= (2\mu H + S) e^{\mu \alpha} \quad \text{oder mit} \quad \alpha = \pi/2, \\ Z &= (2\mu H + S) e^{\mu \pi/2} \quad 1. \end{aligned}$$

Die Auswertung der Gleichung ist nicht einfach. Weder die Reibungszahl auf der Fläche noch während der Biegung ist bekannt, die Stauchkraft schwer zu bestimmen, der Niederhalterdruck nur durch den Versuch zu ermitteln.

Hier genügt die grundsätzliche Klarlegung der Spannungsverhältnisse, zumal die Kenntnis der eigentlichen und hinreichenden Ziehkraft auch für die Praxis kaum wertvoll ist. Weder beim Entwurf einer Presse noch bei einer Ziehaufgabe wird man nach ihr forschen, sondern immer nach der Beanspruchung, die im Höchstfall auftreten wird.

¹ Dr.-Ing. SOMMER: Masch.-Bau 4. Jahrg. (1925), S. 1171.

Der größte Ziehdruck ist bestimmt durch den Querschnitt der Hohlgefäßwand; er tritt auf, wenn der Ziehdruck die Festigkeit des Querschnitts übersteigt, so daß der Boden oder die Wand des Gefäßes abreißt. Der größte Ziehdruck kann aber immer auftreten, wenn der Niederhalterdruck eingestellt wird.

28. Werkstoffwanderung. Die Ringkräfte erzwingen eine erhebliche Verschiebung der Werkstoffteile, die durch Einritzen eines Gitters in die Ziehscheibe nach Abb. 51 sichtbar gemacht werden kann. Die für die Ziehscheibe radiale, für die Gefäßwand achsrechte (senkrechte) Wanderung ist durch eine Schar auf der Scheibe gleichmittiger Kreise mit gleichen Abständen voneinander, hier 5 mm, zu zeigen. Sie bleiben (Abb. 52) auf dem Boden des gezogenen Gefäßes gleichmässig und behalten ihre ursprünglichen Abstände (a); auf der Zylinderwand dagegen werden sie zu Parallelkreisen mit, der Gefäßöffnung zu, wachsenden Abständen (b).

Ein auf der gleichen Ziehscheibe eingeritztes quadratisches Liniennetz bleibt am Boden unverändert (c) und erscheint auf der Zylinderwand als hyperbelähnliche Kurvenschar (d), deren Abstände sich der Gefäßmündung zu verjüngen und dadurch die Stauchung und Verschiebung im Werkstoff sichtbar machen.

29. Gefügeänderung. Die Stauchung und Verschiebung des Werkstoffs erzeugt Gefügespannungen und Kristallverzerrungen, die in einer Verhärtung des Werkstoffs, sog. Kalthärtung, erkennbar werden. Mit zunehmender Kalthärtung ver-

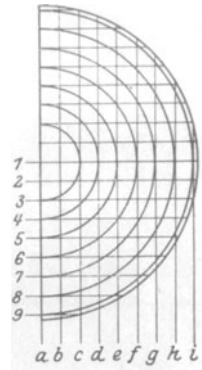


Abb. 51. Sichtbarmachung der Werkstoffwanderung durch Einritzen eines Liniennetzes in die Ziehscheibe.

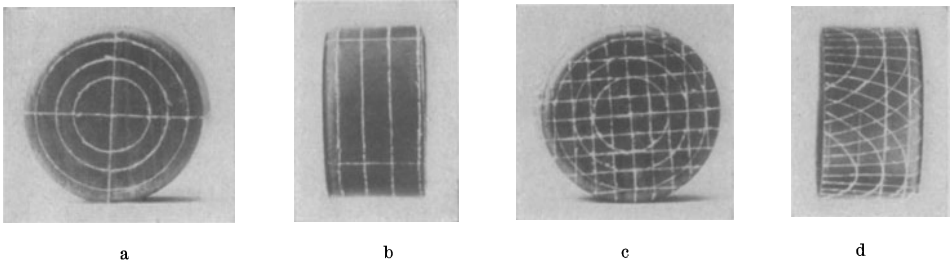


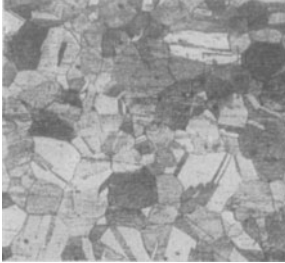
Abb. 52a...d. Lagenveränderung im Liniennetz durch die Gefäßbildung. a, b wachsender Abstand der parallelen, ehemals gleichmässigen Kreise. c, d Verschiebung ehemals paralleler Geraden.

ringert sich die Bildsamkeit des Werkstoffs und damit die Möglichkeit weiterer spanloser Formung.

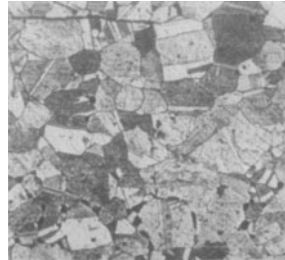
Durch metallographische Behandlung des Werkstoffs und Entwicklung des metallischen Kleingefüges ist die Veränderung der Kristalle selbst zu erkennen. Abb. 53a...d sind Aufnahmen des Gefüges einer Scheibe aus Druckmessing Ms 63 (Abb. 53a), sowie an drei Stellen eines aus ihr gezogenen Gefäßes: b im Boden, c an der Wand dicht über dem Boden, d am Gefäßbrande. Während b gegenüber a kaum eine Veränderung zeigt, erkennt man in c stark gezerrte Kristalle, in d Verhärtung beweisende zahlreiche Fließlinien.

30. Ziehgeschwindigkeit. Das Maß der Kalthärtung ist in erster Linie bestimmt durch den Grad der Verformung, d. h. den Unterschied zwischen Durchmesser der Ziehscheibe und Gefäßdurchmesser. Dazu kommt aber noch die Größe der Verformungsgeschwindigkeit, der Ziehgeschwindigkeit. Je größer sie

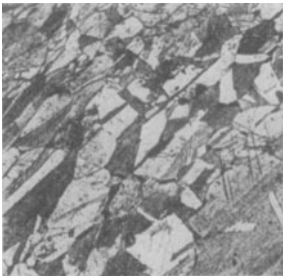
ist, desto größer bei gleichem Verformungsgrad die Kalthärtung. Ist die Ziehgeschwindigkeit während des Ziehvorgangs veränderlich, so wird verschieden große Kalthärtung der Gefäßwand die Folge sein. Bei normalen Kurbelpressen läuft der Kurbelzapfen mit gleichmäßiger Geschwindigkeit um und erzeugt in dem gerade geführten Ziehstößel eine ungleichförmige Geschwindigkeit (Abb. 47). Diese



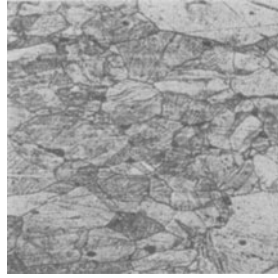
a



b



c



d

Abb. 53 a...d. Gefügeänderung durch Tiefzug von Ms 63 (Vergr. = 100). a vor dem Zug. b nach dem Zug im Gefäßboden, wenig geändert. c in der Gefäßwand dicht über dem Boden stark gezerrt. d im Öffnungsrand des Gefäßes, Härtung durch starke Pressung.

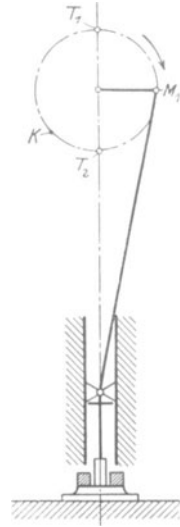


Abb. 54. Kurbel- und Stößelbewegung beim Tiefziehen. K Kurbelkreis, T_1 obere Totlage, T_2 untere Totlage, M_1 Mittelstellung.

ist (Abb. 47 und 54) in der oberen Totlage T_1 gleich 0, wächst bis zur Mittelstellung M_1 an und nimmt anschließend bis zur unteren Totlage T_2 auf 0 ab.

Daß es für die Einleitung der Fließbewegung ungünstig ist, wenn der Ziehstößel wie in Abb. 54 gerade mit seiner größten Geschwindigkeit auf die Ziehscheibe auftritt, braucht nach dem Gesagten nicht besonders betont zu werden. Ist die Geschwindigkeit zu groß, so besteht die Gefahr, daß die Fließbewegung nicht auf die ganze Ziehscheibe übertragen wird, sondern im Ziehspalt s (Abb. 55) zu einer örtlichen Einschnürung bei a und zum Bruch führt.

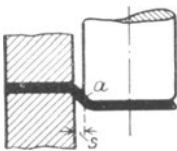


Abb. 55. Blechbeanspruchung beim Ziehbeginn. a Einschnürung, s Ziehspalt.

Für die schonende Beanspruchung des Ziehblechs ist daher annähernd gleichförmige Ziehgeschwindigkeit, wie sie bei Kurbelpressen durch besondere Bauart (s. Abb. 47 „neuer Antrieb“ und Abb. 16) erreichbar, bei hydraulischen Pressen immer vorhanden ist, am günstigsten.

B. Ziehbleche und ihre Behandlung.

31. Bleicheignung. Nicht jedes Blech ist gleich bildsam. Maßgebend für die Bildsamkeit ist die Dehnungsfähigkeit und die Festigkeit des Werkstoffs, also im Zerreißschaubild Abb. 56 der Bereich von der Elastizitätsgrenze P bis

zur Bruchgrenze B . Je größer die Dehnung zwischen den beiden Punkten und je größer der Spannungsunterschied ist, desto günstiger die Bildsamkeit. Ziffernmäßige Schlüsse lassen sich aus den Kurven für die verschiedenen Werkstoffe nicht gewinnen, auch wenn man statt der normalen Spannungsschaubilder (Abb. 57) die tatsächlichen Zerreißschaubilder mit den tatsächlichen Dehnungen als Abszissen und den tatsächlichen Spannungen als Ordinaten nimmt (Abb. 58). Endgültige Klarheit bringt nur der Tiefziehversuch.

Gute Tiefzieheigenschaften haben: Platin, Gold, Silber, Nickel und seine Legierungen, Kupfer und seine Legierungen, besonders Messing, Aluminium, Eisen (Stahl) und Zink. Diese Metalle können rein genommen oder aber mit einem anderen galvanisiert oder plattiert werden, z. B. Gold auf Kupfer, Nickel oder Kupfer oder Zink oder Aluminium auf Stahl.

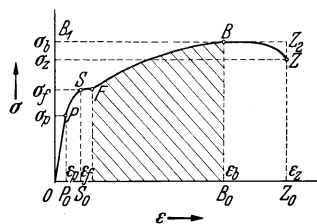


Abb. 56. Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

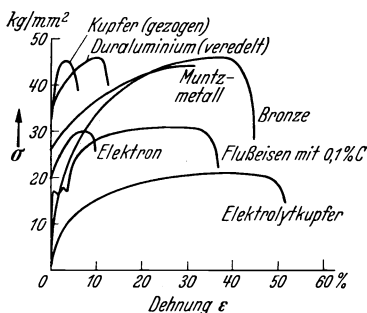


Abb. 57. Spannungsschaubild verschiedener Werkstoffe.

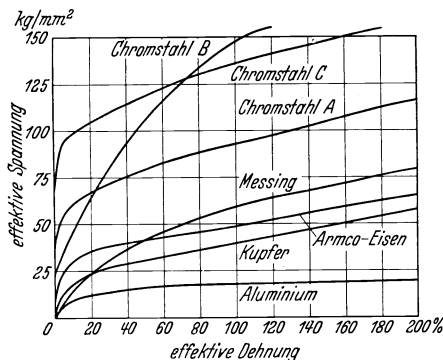


Abb. 58. Tatsächliche Spannungsschaubilder verschiedener Werkstoffe.

Die Tiefzieheigenschaften plattierter Bleche entsprechen dabei denen des Werkstoffs mit der geringeren Tiefzieheignung.

Mengenmäßig den größten Anteil an den Tiefziehblechen haben: Messing, Stahl, Aluminium und Zink. Messingbleche haben einen Kupfergehalt von 63% Cu (Ms 63) bis 72% (Ms 72).

Stahl verhält sich um so günstiger, je geringer der Kohlenstoffgehalt und je reiner er ist. Manganzusatz bis 1,5% erhöht die Dehnungsfähigkeit. Als noch gutes Tiefziehblech gilt Stahlblech von 0,08...0,12 C; 0,05 Si; 0,045 P; 0,3...0,5 Mn. Die große Reinheit verlangt eine sorgfältige Überwachung der Tiefziehblechherstellung vom Knüppel an. Lunkerstellen und Zunder sind sorgfältig zu entfernen.

Für ganz hochwertiges Tiefziehblech wird das Fertigmaß durch Kaltwalzen erreicht. Dieses ergibt eine glatte, blanke Oberfläche.

Dabei ist zu unterscheiden zwischen alterungsbeständigem und nicht-alterungsbeständigem Stahl. Der Unterschied liegt im Gießverfahren. Für spanlose Verformung günstiger ist der alterungsbeständige Stahl, weil er weniger schnell verhärtert als der nicht-alterungsbeständige. Nicht-alterungsbeständiger Stahl wird bei Verformungen zwischen 5 und 20% geradezu spröde, auch ist seine Glühbehandlung schwieriger¹.

¹ OBERHOFFER, P., W. EILENDER u. H. ESSER: Das Technische Eisen, 3. Aufl. Berlin: Springer 1936.

Messingbleche und Stahlbleche sind nach Legierungen und Tiefziehgüte genormt^{1, 2}.

32. Schmierung³. Auch die glatteste Oberfläche ist genau genommen noch rauh und verursacht zusammen mit dem Niederhalterdruck Reibung. Diese ist durch gute Schmierung zu verringern. Geeignet sind alle gebräuchlichen Schmiermittel: Seifenwasser, Öl und Fett. Je zäher das Schmiermittel haftet, desto besser ist es. Dünne Schmiermittel werden bei der hohen Flächenpressung zu leicht weggedrückt. Man mischt deshalb Öl gerne mit Schwefelblüte, Graphit oder Schlammkreide. Die verbessernde Wirkung des als Zusatz häufig verwendeten Graphits kann nicht eindeutig bejaht werden, während Schwefelblüte als Zusatz auch unter schweren Bedingungen nach den Erfahrungen⁴ als günstig anerkannt werden kann. Schlammkreide und ähnliche inaktive Stoffe wirken nur als Verdickungsmittel und verhindern das Abfließen des Gleitmittels, erhöhen aber keineswegs seine Haftfähigkeit und Druckbeständigkeit.

Eine Übersicht über die Schmiermittelanwendung gibt Tabelle 1.

Tabelle 1. Werkstoff und Schmiermittel⁵.

Werkstoff	Schmiermittel
Leichte Zieharbeiten von Ms, Cu, Stahl . .	Rüböl (bzw. Rübölersatz)
Schwere Zieharbeiten von Ms und Cu . .	Seife, gelöst in warmem Wasser, mit gleichem Teil Rüböl, auch dickes Zylinderöl
Schwere Zieharbeiten von Stahl	Rüböl und Bleiweiß in Schicht einer dicken Farbe, Zylinderöl oder Talg mit Graphit
Zieharbeiten, allgemein	Mischung von Rüböl mit Schwefelblüte, Graphit oder Schlammkreide
Zink	kochendes Seifenwasser oder heißes Maschinenöl
Aluminium	billiges Vaseline, Muzin, petrolhaltiges Mineralfett, Bohrölemulsion 1 : 3

Das Schmiermittel allein ist oft, insbesondere bei Stahlblech, nicht ausreichend, um den Zieherfolg zu sichern, auch nicht, wenn man durch Aufrauung der Werkstücke mittels Schleifen oder Sandstrahlen (Stahlsand) das Festhalten des Schmiermittels auf der Oberfläche des Werkstücks während des Ziehvorgangs begünstigt.

Man verringert deshalb die Reibung zwischen Ziehblech und Ziehwerkzeug dadurch, daß man auf das Ziehblech oder auf das Ziehwerkzeug ein Metall aufbringt, das gegen Stahl eine geringere Reibung hat als Stahl gegen Stahl. Auf einfachste Weise wird auf blankes Stahlblech eine Kupferschicht aufgebracht durch Eintauchen des Blechs in Kupfervitriol. Besser ist der galvanische Auftrag,

¹ Normblätter, zu beziehen vom Beuth-Vertrieb G. m. b. H., Berlin SW 68.

² GÜTTNER, RICHARD: Das Feinblech und seine Verwendung im Karosseriebau. Berliner Verlagshaus Carl Langbein K.-G.

³ Vgl. Werkstattbuch Heft 48, KREKELER: Öl im Betrieb. — Ferner: H. HILBERT: Wo soll in der Stanzertechnik geschmiert werden. Werkst. u. Betrieb Jg. 75 (1942) S. 93.

⁴ Mitt. Dtsch. Vakuum-Öl-AG., Hamburg.

⁵ Die Fettstoffknappheit im Kriege hat dazu geführt, daß die Anwendung von Fettstoffen gemäß der vom Reichsbeauftragten für Mineralöl, Reichsbeauftragten für Chemie und Reichsbeauftragten für industrielle Fette und Waschmittel herausgegebenen „Gemeinsamen Anordnung über die Verwendung von Kühl- und Schmiermitteln, Schneid-, Härte-, Vergüte- und Anlaßflüssigkeiten“ in der Fassung vom 18. September 1942 von einer Verwendungsgenehmigung der Reichsstelle für Mineralöle abhängig gemacht wurde, die ihrerseits eine „Technische Gutachter-Kommission“ für die Bearbeitung von Anträgen eingesetzt hat. Diese Stelle weist bei Ablehnung eines Antrages auf Verwendungsgenehmigung von Fettölen Austauschschmiermittel und entsprechende Hersteller nach. (Umstellschmiermittel siehe auch AWF-Mitt. 23 [1941], S. 70.)

er ist auch dicker und haftet besser. Für die Werkzeuge ist am günstigsten die Verchromung. Von ihr sind dann Erfolge zu erwarten, wenn sie richtig ausgeführt ist. Dies setzt reiche Erfahrung voraus, deshalb ist ein Beizen in Phosphorsäure günstiger, durch das auf der Oberfläche des Stahlblechs ein Netz von Eisenphosphat-Kristallen gebildet wird. Es scheint, daß Eisenphosphat selbst schon eine gewisse Schmierwirkung hat, vor allem aber halten die Phosphatkristalle durch die Kapillarwirkung ihrer Zwischenräume das Schmiermittel während des Ziehvorgangs fest, so daß als Schmiermittel eine gute Seifenlauge ausreicht.

Der Gedanke, die Phosphatierung¹ zur Erleichterung der spanlosen Kaltverformung anzuwenden, ist durch DRP. geschützt, das alleinige Verwertungsrecht hat die Metallgesellschaft AG., Frankfurt a. M., erworben, die zur Schnellphosphatierung ihre „Bonderlösung“ liefert.

33. Blechprüfung². Sind die Tiefzieheigenschaften eines Metalls einmal erprobt, dann genügt zur Überwachung eine einfache Vergleichsprüfung. Dazu eignen sich Rockwell- und Brinell-Härte-Prüfung, Zerreißprobe und Biegeprobe. Wenn man weiß, daß es sich bei dem vorliegenden Tiefziehblech um ein solches bekannter Analyse handelt, dann ist die Tiefzieheignung nur noch bestimmt durch den Glühzustand. Der Glühzustand aber läßt sich weitgehend durch die Härte bestimmen. Darüber hinaus genügt es, bei verformten Gefäßen die Bereitschaft zum nächsten Zug dadurch festzustellen, daß man sich überzeugt, daß durch die Zwischenglühung die Ausgangshärte des Werkstoffs erreicht wird. Die Biegeprobe (mehrfaches Hinundherbiegen des einseitig eingespannten Blechstreifens, Zählen der Biegungen bis zum Bruch), die zur Faltprobe ausgebaut werden kann, ist die einfachste und deshalb häufigste Probe, mit der man sich überzeugt, daß 2 Bleche gleich verformbar sind. Dadurch wird sie aber zu einer Vergleichsprüfung auch der Tiefziehfähigkeit.

Besonders gut eingeführt hat sich eine Tiefsprüfung. Von den verschiedenen Arten einer solchen ist die ERICHSEN-Prüfung die älteste. Sie wird mit dem Gerät der Abb. 59 ausgeführt, einem Doppelspindelapparat, der so ausgebildet ist, daß mit der einen Spindel eine Blechscheibe bestimmter Größe, bevorzugt 90×90 , festgehalten wird, während die andere Spindel mit ihrem kugelig ausgebildeten Ende das Blech in einen Ring drückt, bis es reißt. Die Größe der Blechdurchbiegung ist die Tiefung, das Maß für die Bildsamkeit. Gleiche Tiefung entspricht bei gleichem Werkstoff gleicher Bildsamkeit.

Durch Vergleich mit den auf einer Kurventafel (Abb. 60) aufgetragenen Normalwerten ist festzustellen, ob ermittelte Tiefungswerte den handelsüblichen entsprechen.

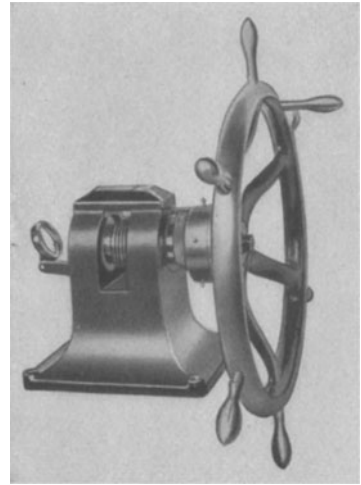


Abb. 59. ERICHSEN-Blechprüfgerät zur Ausführung von Tiefungsprüfungen.

¹ FABER, H., u. H. KOPP: Erleichterung der spanlosen Kaltverformung durch das Phosphatierungsverfahren. Korrosion u. Metallschutz 1941, S. 211. — Vgl. auch Werkstattbuch Heft 9: SPITZER, Rezepte für die Werkstatt.

² Schrifttum über „Prüfen von Tiefziehblechen“ gibt G. OEHLER an im Betriebsarchiv Nr. 5 der Zeitschrift Masch.-Bau 1940, Heft 5. Ferner: G. OEHLER: Fehlerhafte Ziehteile infolge mangelhaften Bleches, Werkst.-Technik Bd. 36 (1942) S. 415.

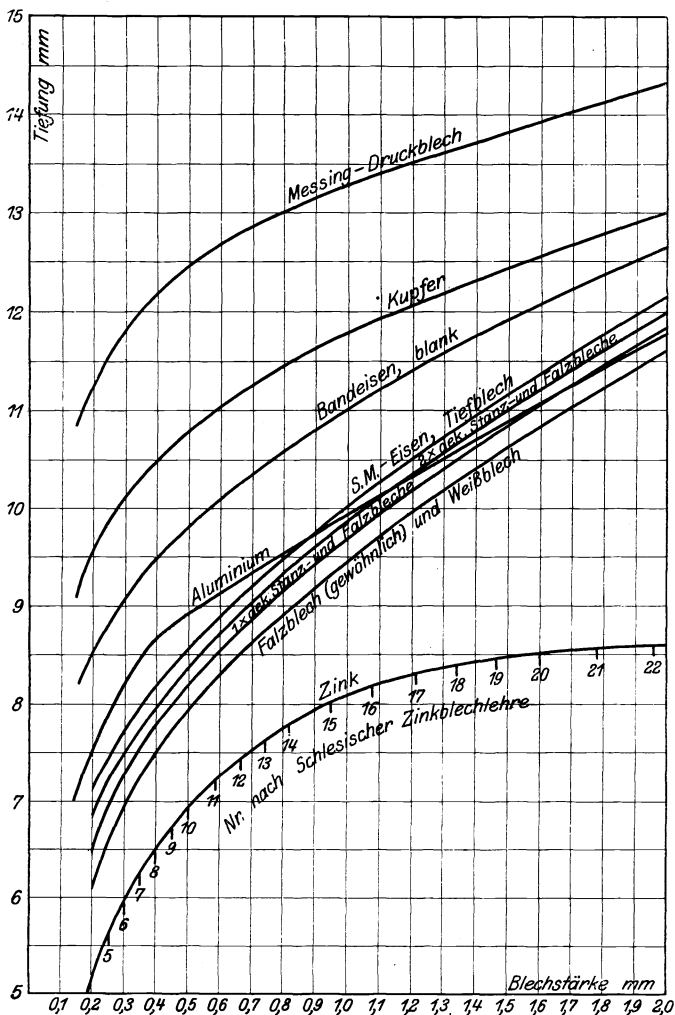


Abb. 60. Normale Tiefungskurven für Bleche verschiedener Werkstoffe und verschiedener Dicke.

Die Tatsache, daß die Tiefungswerte nicht nur von der Metallart abhängig sind, sondern bei gleichem Metall mit zunehmender Blechdicke wachsen, zeigt an, daß dicke Bleche leichter verformbar sind als dünne.

Die ERICHSEN-Prüfung ist mit der Feststellung der Tiefung allein nicht beendet; diese wird ergänzt durch die Beobachtung der Oberflächenveränderung (Abb. 61). Wirklich gut ist eine Blechprobe nur, wenn sich ihre Oberfläche während der Tiefung nicht oder doch nur wenig geändert hat und der Riß sich kreisförmig ausbildet (Abbildung 61b). Wird die Oberfläche aber rau und tritt die Ribbildung einseitig und rasch auf, so kann man vermuten, daß die Glühbehandlung des Blechs nicht einwandfrei gewesen ist (Abbildung 61a).

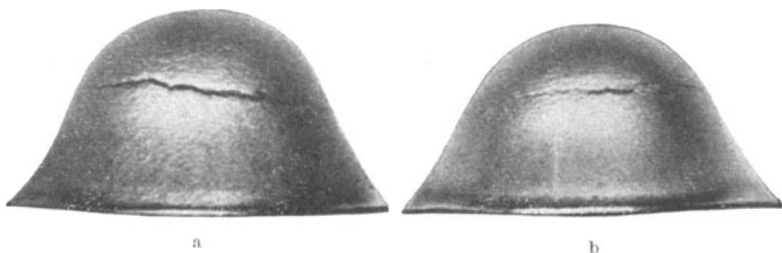


Abb. 61a, b. Ausgeführte Tiefungen.

Neuerdings ist das ERICHSEN-Gerät nach dem Vorbild anderer noch weiter entwickelt worden, so daß wirkliche Tiefziehversuche durchgeführt und Ziehdrücke ermittelt werden können. Die Prüfung ist aber Vergleichsprüfung geblieben.

34. Erhaltung der Blechgüte, Entspannung. Ist ein Hohlgefäß in seiner Endform nicht in einem Zug herzustellen, dann muß vor dem zweiten Zug die ursprüngliche Bildsamkeit des Blechs wieder zurückgewonnen werden. Das wird erreicht durch Lösen der Spannungen im Werkstoffgefüge, die durch die Formung entstanden sind. Erwärmung bringt die Entspannung. Welche Temperatur ausreicht und wie lange die Temperatur einwirken muß, hängt vom Werkstoff und von dem Grad der vorausgegangenen Verformung ab. Je höher diese war, desto niedriger kann die Glühtemperatur gewählt werden. Die Höhe der Glühtemperaturen für verschiedene Metalle gibt Tabelle 2 an. Beim Glühen entstehender Zunder ist durch Beizen zu entfernen. Geeignete Beizflüssigkeiten für verschiedene Metalle gibt auch Tabelle 2. Da die Entfernung von Zunder nicht nur unangenehm, sondern mit Metallverlust verbunden und, wie bei Stahl, ziemlich schwierig ist, sucht man seine Entstehung so gut wie möglich zu mindern oder ganz zu verhindern. Dieses ist bei Messing nicht möglich, da Zink bei $\approx 450^{\circ}$ diffundiert; aber bei Kupfer und Stahl schützt Glühen in neutraler, d. h. sauerstoffloser Atmosphäre.

Tabelle 2. Werkstoff, Glühtemperatur und Beizmittel¹.

Werkstoff	Glühtemperatur °C	Beizmittel
Nickel	500...900	20proz. Schwefelsäure bei 60...80°
Kupfer	650	10proz. Schwefelsäure bei 60...80°
Messing	550...600	5- bis 10proz. Schwefelsäure bei 60°
Aluminium	250...300	10proz. Natronlauge bei 50°
Stahl	560...700 oder über 920	25proz. Schwefelsäure mit 1% Sparbeize bei 45° bis 80°, dann in 25proz. Salzsäure mit 1% Sparbeize, kalt
Nichtrostender Stahl .	1150...1170	5proz. Schwefelsäure bzw. Sonderbeizen: Salzsäure mit Salpetersäure nebst Sparbeize

Für Hohlkörper ist die Schaffung einer neutralen Atmosphäre auch bei Anwendung von Schutzgas nicht leicht, da die Hohlkörper bei der Beschickung im Verhältnis zum Metall um so mehr Luft, also Sauerstoff, in den Ofenraum bringen, je tiefer sie gezogen sind. Aus diesem Grund verzichtet man auf den Schutz gegen die Zunderbildung und wählt lieber die niedrigst-möglichen Glühtemperaturen, also bei Stahlblech 560° bis 600°.

Wenn für das Entzundern die Wahl zwischen Schwefelsäure und Salzsäure möglich ist, sollte der Schwefelsäure der Vorzug gegeben werden. Im Gegensatz zur Salzsäure, die schon bei Zimmertemperatur eine gute Beizwirkung hat, muß Schwefelsäure auf eine Temperatur von 45 bis 80° erwärmt werden; sie wirkt dann um so schneller und stärker, und der Säureverbrauch ist geringer. Zugunsten der Schwefelsäure tritt noch die Möglichkeit der Rückgewinnung hinzu, durch die sich die sonst notwendige Neutralisationsanlage für das Beizabwasser erübrigt².

Für nichtrostende Stähle und andere Sonderstähle werden die Vorschriften für die Glüh- und Beizbehandlung zweckmäßig vom Lieferwerk angefordert, da diese wesentlich von den Legierungsbestandteilen beeinflußt werden.

Aluminium und Zink brauchen bei der Verarbeitung nicht zwischengeglüht zu werden, auch wenn eine große Zahl von Verformungsstufen einander folgen.

¹ Weitere Angaben über Beizmittel und Oberflächenveredelung siehe Werkstattbuch Heft 9: SPITZER: Rezepte für die Werkstatt.

² DICKENS, PETER: Zweckmäßiges Beizen von Stahl. Stahl u. Eisen 1938, S. 1343.

Bei den übrigen Metallen ist die günstigste Glühbehandlung oft nur durch sorgfältige Untersuchung zu gewinnen, die sich auch auf Erwärmungs- und Abkühlgeschwindigkeit erstrecken muß. Diese sind bei Stahl und Neusilber besonders zu beachten. Ob die Glühbehandlung richtig ist, prüft man am besten durch Vergleich der Bildsamkeit mit der des nicht verformten Ziehblechs oder durch Vergleich des Gefügebildes vor der Formgebung und nach dem Glühen oder auch nur durch Vergleich der Härte.

Wichtig ist die Durchführung der Glühung. Während bei niedrigen Temperaturen bis etwa 600° die Wärme hauptsächlich durch Leitung vom Ofen auf das Glühgut übertragen wird, erfolgt der Übergang hoher Temperaturen, über 900° , vorwiegend durch Strahlung. Da Ziehteile vorwiegend bei Temperaturen bis 600° gegläht werden, wird die Rückbildung der Bildsamkeit durch Glühen im Ofen mit Luftumwälzung unter Verzicht auf Einpacken des Glühgutes in geschlossene dichte Behälter wesentlich beschleunigt.

Bei Messing ist die Glühung beendet, wenn das Glühgut die Temperatur von 580° bis 600° angenommen hat. Stahl muß nach Erreichen der Rückbildungstemperatur noch $1\frac{1}{2}$ bis 3 Stunden auf Temperatur stehen, weil die Rückbildung langsamer verläuft als bei Messing.

Zum Glühen am günstigsten sind Durchlauföfen, weil bei ihnen das Glühgut alle Zonen des Ofens durchwandert und deshalb die Erwärmung und damit der Glüherfolg am gleichmäßigsten ist. Durchlauföfen setzen aber einen großen Durchsatz voraus. Wo dieser nicht vorhanden ist, sind Kammeröfen vorzuziehen.

Die durch die Formgebung entstandenen Spannungen sind oft auch dann nicht erträglich, wenn das Werkstück durch die Formgebung seine Endform bekommen hat. Innere Spannungen begünstigen besonders bei Messing die Einwirkung von anfressenden Einflüssen, vor allem bei großem Korn und in Gegenwart von Ammoniak. Bei dünnem Blech oder starker mechanischer Beanspruchung führen anfressende Einflüsse zur Zerstörung eines Werkstücks. Durch zwei- oder mehrstündige Erwärmung bei $\approx 280^{\circ}$ lassen sich bei Messing die inneren Spannungen ohne Beeinträchtigung der Festigkeit beseitigen. Man nennt diese Wärmebehandlung „Entspannen“.

IV. Der Entwurf von Ziehwerkzeugen.

A. Die Werkzeugeigenschaften.

35. Werkstoff und Bearbeitung. Die hohe Beanspruchung des Blechs beim Ziehen überträgt sich auf die Werkzeuge, besonders auf die Hauptteile: Niederhalter, Ziehhorn und Ziehring. Die mechanische Beanspruchung ergibt sich zunächst aus der Druckbeanspruchung während der Faltenverhütung, dann aus der Reibung während der Blechbewegung. Diese ist am stärksten an der Ziehkante, über die das Blech von der waagerechten in die senkrechte Richtung gebogen wird.

Hoher Druckbeanspruchung widerstehen Gußeisen und besonders hochwertige, gut härtbare Kohlenstoffstähle sowie legierte Werkzeugstähle. Diese Werkstoffe sind denn auch die Baustoffe der Ziehwerkzeuge. Die Auswahl ist wesentlich bestimmt durch den Werkstoffpreis und hier wiederum nicht durch den Preis an sich, sondern sein Verhältnis zu den Selbstkosten eines Werkstücks. Man wird sich bei kleinen Werkzeugen und großen Fertigungsmengen rascher zu hochwertigem Werkzeugstahl entschließen als bei großen Stücken und kleinen Fertigungsmengen.

Gußeisen bildet für fast alle Werkzeuge den Grundstock als Aufnahme hochwertiger Werkzeigteile. Große Werkzeuge sind meist ganz aus ihm gefertigt. Guß-

eisen hat gegenüber den Tiefziehblechen aus Stahl wie aus Metall günstige Reibungsverhältnisse. Diese werden durch längere Benützung, die die Oberfläche härtet und deren Poren durch die haftenden Schmiermittel glättet, noch verbessert.

Das Gußeisen muß natürlich dicht, blasenfrei und möglichst hart sein (225 Brinell). Verschiedene Erzeuger haben ihre besonderen Mischungen. Empfohlen wird z. B., dem Gußeisen Stahlspäne bis zu 15% beizumischen, damit eine besonders harte Oberfläche erzielt werde. Da die Härte von außen nach innen abnimmt, soll an den gegossenen Werkzeugen so wenig wie möglich gedreht werden.

Legiertes Gußeisen, z. B. 2,7...3,3% C; 0,5...0,8% Mn; 0,9...1,6% Si; 2,5...3,5% Ni; 0,5...1% Cr; 0,25% P und 0,12% S, von 840...900° C in Öl gehärtet und dann auf 300...350 Brinell angelassen, soll Werkzeuge von besonders großer Verschleißfestigkeit und Lebensdauer geben.

Gegossene Werkzeuge sind im allgemeinen spröde, sie werden daher vorteilhaft mit einem warm aufgezogenen, zähen Stahlring bewehrt und so gegen Bruchgefahr geschützt.

Fertigschlagwerkzeuge, die Formstanzwerkzeuge sind, müssen ganz aus Stahl gefertigt werden. Man wählt entweder einen Einsatzstahl, StC 16.61, oder Kohlenstoffstahl mit etwa 1,1% C oder mit Rücksicht auf die Stoßbeanspruchung besser Chromstahl mit 0,5...1,2% Cr oder Chromnickelstahl von etwa 0,3...0,5% C, 0,8...1,2% Cr, 1...2,5% Ni, bzw. die von den Stahlwerken lieferbaren Austauschstähle.

Um die Werkstoffkosten zu verringern, setzt man die größeren Werkzeuge aus mehreren Teilen zusammen, ähnlich Abb. 37 und 38, und fertigt nur die hochbeanspruchten Teile aus hochwertigem Stahl, den aufnehmenden Körper aus Grauguß oder S.M.-Stahl.

Für die hochbeanspruchten Teile, Schnittring *b*, Ziehtring *e*, Niederhalter *a* (zugleich Schnittstempel), eignet sich Kohlenstoffstahl von 0,9...1,1% C, Chromstahl mit 2% C und 12...13% Cr oder Chromwolframstahl. Legierte Stähle verziehen sich weniger beim Härten. (Näheres s. Heft 50: Die Werkzeugstähle.)

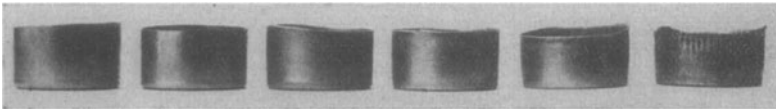
Wichtig ist die sorgfältige Oberflächenbearbeitung der der Reibungsbeanspruchung unterworfenen Flächen. Sie müssen nach dem Härten und Anlassen geschliffen, geläppt und möglichst poliert werden. Die Mühe, die für diese Bearbeitung aufgewendet wird, wird durch störungsfreieren Betrieb, gute Werkstücke, höhere Lebensdauer und längere Standzeit belohnt. „Anfressen“ des Ziehblechs ist auf die Dauer nicht zu vermeiden, aber durch die beschriebenen Maßnahmen in erträglichen Grenzen zu halten.

36. Weite der Ziehöffnung. Bei der Umformung des Ziehblechs stauen sich die Kristalle an der Ziehöffnung, solange sich das Ziehblech im Fließzustand befindet. Die Weite *w* der Ziehöffnung ist grundsätzlich = der ursprünglichen Blechdicke *s*. Sie wäre groß genug, wenn kein überschüssiger Stoff vorhanden wäre, sondern nur die Lappen *a'*, *b'*, *c'*, ... (Abb. 1) umgebogen werden müßten; wir nennen deshalb die Weite $w = s$ die theoretische Weite (Abb. 65, vgl. Abb. 55, Ziehspalt *s*). Wegen der auftretenden Verdickung ist sie zu schmal, schluckt nicht genügend, so daß das Ziehblech an der Ziehöffnung stark auf Dehnung beansprucht wird.

Die Frage drängt sich deshalb auf, ob es nicht ratsam oder gar notwendig ist, zur Vergrößerung der Schluckfähigkeit die Ziehöffnung breiter zu machen, besonders da mit ihr eine erhebliche Verringerung des Ziehwiderstands erreicht würde. Die Möglichkeit nach dieser Richtung eine Lösung zu finden, ist um so größer, als die Blechtafeln, entsprechend den Forderungen der Blechwalzwerke, verhältnismäßig große Dickenunterschiede in sich und gegeneinander aufweisen, bis zu 0,05 mm

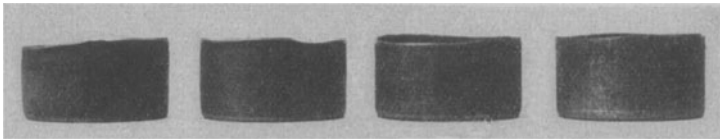
(vgl. die DIN-Blätter über Toleranzen und Lieferbedingungen für Tiefziehbleche). Da sich dadurch beim Ziehen praktisch keine Anstände ergeben, ist zu folgern, daß die Weite der Ziehöffnung nicht allzu genau zu sein braucht, sofern eine hohe Genauigkeit nicht durch den Verwendungszweck bedingt ist und eine Sonderausführung verlangt.

Es gilt also, die bei einer gegebenen Blechdicke mögliche obere Weite der Ziehöffnung festzustellen. Abb. 62a···f zeigen eine Anzahl Gefäße aus Messing, die mit der gleichen Ziehöffnung von der Weite $w = 1,2$ mm, dagegen, wie die Abbildungen angeben, aus verschiedenen dicken Blechen gezogen wurden. Abb. 63a···d zeigt in derselben Weise gezogene Gefäße aus Stahlblech.



Blechdicke $s = 1,3$ $s = 1,2$ $s = 1,0$ $s = 0,9$ $s = 0,6$ $s = 0,4$ mm

Abb. 62a···f. Gefäßgüte und Weite der Ziehöffnung für Ms 63.



Blechdicke $s = 1,2$ $s = 1,0$ $s = 0,8$ $s = 0,6$ mm

Abb. 63a···d. Gefäßgüte und Weite der Ziehöffnung für Tiefziehblech (Stahl).

Schon bei oberflächlicher Betrachtung zeigt sich, daß tatsächlich eine obere Grenze für die Weite der Ziehöffnung vorhanden sein muß, denn mit abnehmender Blechdicke zeigt sich immer deutlicher eine Veränderung des Wandprofils, die bei Messing in Abb. 62e und f am klarsten hervortritt. Hinzu kommt noch eine starke Zungenbildung, wie sie früher als Zeichen unrichtigen Blechhalterdrucks vorgezeigt wurde. Hier ist sie aber eine Folge der weiten Ziehöffnung und als solche nicht zu vermeiden; der Ziehstempel pendelt je nach der Ungleichmäßigkeit des Blechs im Ziehring hin und her und erzeugt so die ungleiche Gefäßtiefe. Aber ganz abgesehen von der Zungenbildung ist das Gefäß in Abb. 62e nur in Ausnahmefällen zu gebrauchen.

Die Entstehung der Profiländerung veranschaulichen die Abb. 64a und b. In Abb. 64a verläßt der Flansch die Führung des Faltenhalters. Die Wand des gezogenen Gefäßes verläuft schräg von der Bodenrundung des Stempels zur Rundung des Zieh rings. Da der Flansch durch die Druckbeanspruchung unter dem Blechhalter verhärtet ist, wird er in der weiten Ziehöffnung nicht mehr ganz gerade gestreckt, sondern bleibt abgerundet. Die Wand des Gefäßes wird infolgedessen von der Mitte ab der Öffnung zu gegen die Senkrechte, nach innen, gebogen (Abb. 64b). Wird die Ziehöffnung noch weiter, so entstehen am Rande der Öffnung Falten, wie in Abb. 62f. Das

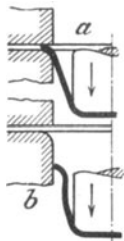


Abb. 64a u. b. Veränderung der Gefäßform bei zu großer Rundung der Zieh-kante.
a. Flansch verläßt den Faltenhalter, b. fertiges Gefäß.

ist dann der Fall, wenn der Flansch die Führung des Faltenhalters so früh verläßt, daß die Weite der Ziehöffnung immer noch eine Durchmesserabnahme bedingt. Eine Verbesserung könnte die Verringerung des Halbmessers der Ziehkantenrundung durch Verlängerung der Blechführung bringen. Doch ent-

so früh verläßt, daß die Weite der Ziehöffnung immer noch eine Durchmesserabnahme bedingt. Eine Verbesserung könnte die Verringerung des Halbmessers der Ziehkantenrundung durch Verlängerung der Blechführung bringen. Doch ent-

ständen dadurch neue Schwierigkeiten, auf die erst im nächsten Abschnitt eingegangen wird.

Nach den Abbildungen ist bei Messing, wo sogar nach Abb. 62a eine Weite unter der theoretischen möglich ist, die theoretische $w = s$ zu nehmen, wenn man einwandfreie Ziehstücke erhalten will, also bei allen Fertigschlagwerkzeugen; während in den Fällen, in denen an die Genauigkeit des Wandprofils keine großen Anforderungen gestellt werden, also wenn Weiterschläge oder Streckzüge folgen, die Ziehöffnung über die theoretische hinaus bis auf $w = 1,2s$ verbreitert wird.

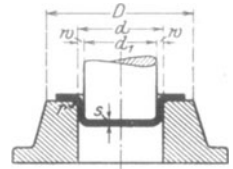


Abb. 65. Weite der Ziehöffnung $w = 1/2 (d - d_1)$. d = Ziehringdurchmesser. d_1 = Ziehstempeldurchmesser. s Blechdicke, w Spaltweite, r Abrundungshalbmesser am Ziehring.

Ebenso wie bei Messing sind die Verhältnisse bei Silber, Kupfer und Aluminium.

Bei Stahl sind die Verhältnisse insofern anders, als die Veränderung des Wandprofils später und nicht so stark auftritt. Bei einer Blechdicke von 1,0 mm ist das Profil noch unverändert. Es ist also bei Stahl eine Verbreiterung der Weite über die theoretische hinaus bis auf die Größe $w = 1,2s$ auch für einwandfreie Ziehstücke zulässig, während für Züge, denen Weiterschläge folgen, selbst noch die Weite $w = 1,3s$ bis $1,5s$ möglich ist.

Die für Stahl gültigen Zugaben gelten ebenso für Zink.

Allgemein bestimmt ist der Ziehringdurchmesser d durch die Gleichung

$$d = d_1 + 2w \quad (\text{s. Abb. 65})$$

oder mit $w = \frac{1}{2} (d - d_1) = s + z$, worin z den Zuschlag zur theoretischen Weite der Ziehöffnung bezeichnet, durch

$$d = d_1 + 2s + 2z.$$

z ist eine veränderliche Größe und wird von den verschiedenen Firmen den Erfahrungen entsprechend mehr oder weniger genau angegeben. Die Firma Schuler z. B. nimmt $z = 0$ bis $0,2$ mm, wobei die größeren Werte für dickere Bleche und tiefe Züge zu nehmen sind. Anderweitig werden etwas höhere Werte für die Zuschläge empfohlen; sie steigen mit der Blechdicke und sind in der Kurve der Abb. 66 aufgetragen¹.

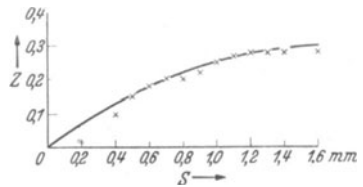


Abb. 66. Weite der Ziehöffnung in Abhängigkeit von der Blechdicke s . Zuschläge z zur normalen Weite w .

Bis jetzt ist ebensowenig die Abhängigkeit des Zuschlags z von der Blechdicke s untersucht worden wie die Abhängigkeit des Zuschlags z von der Metallart. Diese ist aber vorhanden, wie oben für Messing und Stahl nachgewiesen wurde.

37. Die Ziehkantenrundung. Wenn man das Ziehwerkzeug Abb. 67 betrachtet und sich vergegenwärtigt, daß der Werkstoff in jedem Augenblick während des Zugs über die Ziehkante abgelenkt werden muß, dann ist verständlich, daß die Rundung der Ziehkante für die Ziehkraft von entscheidender Bedeutung sein muß; denn es ist leichter, einen Stab über eine Rundung mit großem Halbmesser zu biegen als über eine Rundung mit kleinem, weil bei dieser die Verformung des Werkstoffs weit größer ist. Danach wäre es das Nächstliegende, die Ziehscheiben über eine Rundung zu ziehen, deren Krüm-

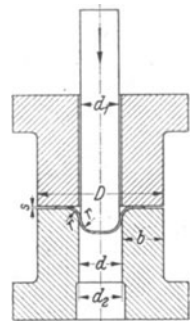


Abb. 67. Ziehkantenrundungshalbmesser. r_1 am Ziehstempel, r_2 am Ziehring.

¹ KACZMAREK, EUGEN: Die moderne Stanzerei. Berlin: Springer 1929.

mungshalbmesser r gleich dem halben Unterschied zwischen Ziehringdurchmesser d und dem Ziehscheibendurchmesser D ist. Dieser Unterschied stellt die Breite b des umzuformenden Blechflansches vor, so daß wäre: $r = \frac{1}{2}(D - d) = b$. So macht man auch die Rundung beim Schlagwerkzeug, dem Ziehwerkzeug ohne Faltenverhüter, das so lange angewendet werden kann, wie die beim Ziehen entstehenden Falten (s. Abb. 68) in der Ziehöffnung wieder beseitigt werden, ohne daß

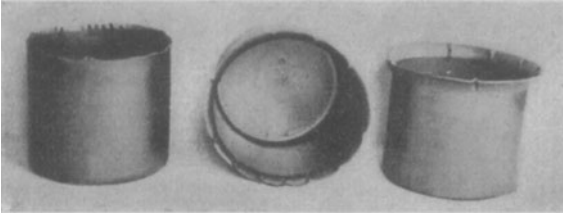


Abb. 68. Einfluß der Rundung, Faltenbildung bei zu großem Rundungshalbmesser

durch eine zu starke Erhöhung der Ziehkraft eine Bruchgefahr für das Blech eintritt und ohne daß die Form des Hohlgefäßes, besonders dessen Rand, in unerwünschter Weise verändert wird.

Das geht am besten bei sehr dickem Blech, weil dieses den Veränderungen weniger unterworfen ist als dünnes.

Wenn aber Falten während des Ziehens verhütet werden müssen, dann muß die Rundung kleiner sein als die Breite des Ziehflansches. Ja, man kann ohne weiteres sagen, daß die Faltenverhütung und daher die Form des Hohlgefäßes um so besser wird, je größer die Breite ist, auf der die Faltenbildung unmöglich ist (s. Abb. 64); denn immer, wenn der Rand des Ziehflansches auf die Ziehringrundung tritt, wird noch eine — wenn auch unbedeutende — Faltenbildung auftreten (Abb. 68), die erst beim Eintritt in die Ziehöffnung ausgeglichen wird. Demnach wäre die Faltenverhütung am vollkommensten, wenn der Rundungshalbmesser $r = 0$ wäre. Dies hätte aber auf die Ziehkraft den ungünstigsten Einfluß, würde sie so beträchtlich steigern, daß auch der seichteste Zug nicht mehr möglich wäre; mit anderen Worten: bei $r = 0$ tritt Scherwirkung ein, die Ziehscheibe wird einfach durchstoßen, ausgeschnitten.

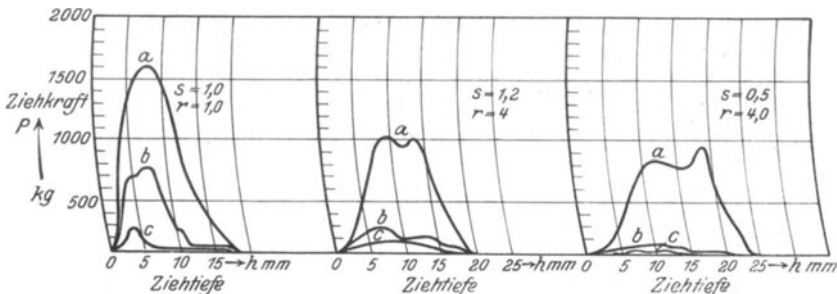


Abb. 69. Ziehkraftänderung durch Veränderung der Ziehkantenrundung. *a* bei Tiefzug mit Niederhalter, *b* bei Biegung mit Niederhalter, *c* bei Biegung ohne Niederhalter.

Den Einfluß der Rundung zeigen unmittelbar die Abb. 69 a, b, c, die ganz klar die Abnahme der Ziehkraft mit zunehmender Rundung für Biegung und Zug, aber auch bei großer Rundung den erneuten Kraftanstieg nahe am Ende des Ziehwegs zeigen, der notwendig ist zum Hochbiegen des Randes, nachdem dieser den Niederhalter verlassen hat.

Die Rundung ist zu klein in Abb. 69 a, weil die Ziehkraft unnötig groß wird, und sie ist schon bedenklich groß in Abb. 69 c, weil die Ziehkraft beim Hochbiegen des Randes höher wird als sie beim Ziehbeginn war.

Es sind also zwei Grenzwerte für die Rundung gefunden, bei denen die Ziehkraft zu groß wird: die kleinste Rundung $r = 0$ und die größte $r = b$. Innerhalb dieser Grenzen muß die für die Ziehkraft günstigste Rundung liegen. Diese zu ermitteln wurde auf die verschiedenste Weise versucht.

Die Rechnung, die MUSIOL unter Zugrundelegung der Biegungsbeanspruchung unternommen hat, kann nicht zum Ziele führen, da es sich hier um bildsame Formänderungen handelt, zu deren rechnerischer Behandlung die Grundlagen noch nicht vorhanden sind.

Auch Versuche zur wissenschaftlichen Untersuchung fehlen noch, so daß nur die Faustformeln und Erfahrungen der Praxis als Anhalt gegeben werden können. Eine ganz brauchbare Faustformel ist:

$$r = 2 + 0,01 D \text{ mm.}$$

Sie hat aber den Nachteil, daß sie die Blechdicke nicht berücksichtigt, trotzdem zweifelsohne der Halbmesser r mit der Blechdicke steigen muß.

Dieser Bedingung hat KACZMAREK Rechnung getragen in der von ihm angegebenen Kurventafel¹, die den Halbmesser r angibt in Abhängigkeit von dem Unterschied zwischen dem Scheibendurchmesser D und dem Durchmesser d der Ziehringbohrung für bestimmte Blechdicken s , also

$$r = f(D - d), \text{ für } s = \text{konst.}$$

Die Kurven geben allerdings nicht immer gute Werte. Es ist z. B. keine Frage, daß die Ziehkante verschieden abgerundet werden muß, wenn die Differenz $(D - d) = 10$ bei einem Stempeldurchmesser von 5 mm und bei einem von 200 mm auftritt. Im ersten Fall liegt eine Stufung vor, die an die Grenze der Ziehmöglichkeit führt, so daß eine lebhaftige Faltenbildung zu verhüten ist, im zweiten Fall eine so geringe Abstufung, daß der Zug ohne Faltenhalter möglich ist, das Hohlgefäß also geschlagen werden kann. Zum Schlagen kann aber die Abrundung den größtmöglichen Wert annehmen.

Die Beispiele lehren, daß auch für die Rundung das Bestreben zur Faltenbildung und also der die Faltenbildung verursachende überschüssige Werkstoff eine wichtige Rolle spielt. Dieser hängt von der Ziehtiefe ab, die bei einem bestimmten Stempeldurchmesser in einem Zug erreicht werden soll; es muß also der Halbmesser r außer von $(D - d)$ auch von der Ziehtiefe h abhängen, so daß

$$r = f[(D - d), h] \text{ ist.}$$

Die Abhängigkeit von h hat KACZMAREK nicht berücksichtigt, und doch sind seine Werte heute die besten.

Nicht unbeachtet gelassen werden darf die Faustformel für die Rundungshalbmesser, die der Deutsche Ausschuß für technisches Schulwesen angibt, mit

$$r = 10 s \text{ für Eisenblech-Tiefziehgüte}$$

und

$$r = 5 s \text{ für Aluminium, Messing und Kupfer.}$$

Die Formel berücksichtigt neben der Blechdicke die Werkstoffart, was sie den bisher gemachten Angaben gegenüber auszeichnet.

Durch den Vergleich der verschiedenen Angaben wird es immer möglich sein, die für den gewünschten Zweck günstigste Abrundung zu bestimmen, trotzdem die Angaben heute noch ohne Zusammenhang sind.

Den Halbmesser der Stempelkantenrundung macht man nach Möglichkeit ebenso groß wie den der Ziehkantenrundung; er kann aber, sofern es die Form

¹ KACZMAREK, EUGEN: Die moderne Stanzerei. Berlin: Springer 1929.

des gewünschten Gegenstands verlangt, aus den früher genannten Gründen erheblich kleiner gewählt werden.

Über die Abrundungen bei Weiterschlagwerkzeugen mit und ohne Faltenhalter gibt die Abb. 70 einen guten Überblick. In dieser Abbildung ist für die Abschrägung des Stempels zur Anwendung eines Faltenhalters ein Winkel von 38° gezeichnet, während anderwärts ein Winkel von 45° als der beste empfohlen und üblich ist, aber das ist nicht von Belang (vgl. auch Abb. 93).

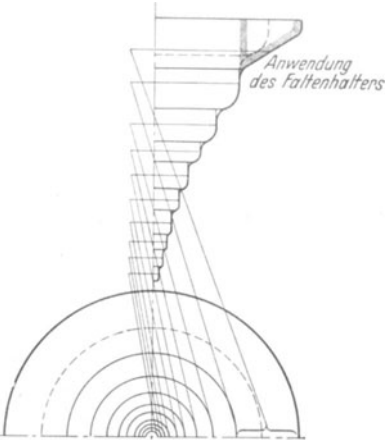


Abb. 70. Stufenübergänge bei einer Folge zylindrischer Züge.

B. Ermittlung des Zuschnitts.

38. Ermittlung des Zuschnitts bei einfachen zylindrischen Hohlgefäßen. Als Grundlage für die Ermittlung des Zuschnitts dient in allen Fällen die Erhaltung des Gewichts G der Ziehscheibe während der Umformung, so daß auch das Gewicht des gezogenen Gefäßes $= G$ ist. Nun ist bei den Erörterungen über die Blechbeanspruchung nachgewiesen worden, daß auch das spezifische Gewicht (die Wichte) während der Umformung gleichbleibt. Infolgedessen ist auch das Volumen des gezogenen Gefäßes gleich dem der Blechscheibe V . Nun ist aber:

$$V = F s = F_1 s_m, \quad (1)$$

wo bezeichnet:

F die Fläche der Ziehscheibe, s die Blechdicke der Ziehscheibe,
 F_1 die Oberfläche des Ziehstücks, s_m die mittlere Blechdicke des Ziehstücks.

Aus Gl. (1) folgt:

$$F = F_1 s_m / s \quad \text{oder} \quad \text{mit } s_m / s = \alpha \quad F = F_1 \alpha. \quad (2)$$

α wird kurz mit Dehnungszahl bezeichnet.

Aus Gl. (2) ist der Durchmesser D der Ziehscheibe ohne weiteres zu berechnen, da $F = \frac{\pi D^2}{4}$ oder $D = \sqrt{4/\pi \cdot F}$ ist.

$$\text{Mit Gl. (2) wird: } D = \sqrt{4/\pi \cdot \alpha F_1} = \sqrt{\alpha} \sqrt{4/\pi \cdot F_1}. \quad (3)$$

Wir haben also zwei Werte, deren Kenntnis für die Bestimmung des Zuschnitts erforderlich ist:

1. F_1 die Oberfläche des Ziehstücks,
2. α die Dehnungszahl.

Zunächst wird nur die Ermittlung des Zuschnitts zylindrischer Hohlgefäße besprochen, da die Oberflächen der unregelmäßigen Hohlgefäße zur einfachen Ermittlung ihres Zuschnitts auf Zylindermäntel zurückgeführt werden, wie später gezeigt wird.

Für zylindrische Gefäße wird die Oberfläche F_1 der Gl. (3)

$$F_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} + \pi d_1 h = \pi/4 \cdot (d_1^2 + 4 d_1 h), \quad (4)$$

wo d_1 der lichte Durchmesser,

h die lichte Höhe des Hohlzylinders ist.

Mit diesem Wert für F_1 wird aus Gl. (3)

$$D = \sqrt{\alpha} \cdot \sqrt{d_1^2 + 4 d_1 h}. \quad (5)$$

Hierin sind d_1 und h bekannt aus der Form des verlangten Gegenstands; α ist unbekannt. Mit der versuchsmäßigen Ermittlung von α hat sich MUSIOL eingehend befaßt und die Ergebnisse seiner Forschung in dankenswerter Weise der Allgemeinheit zugänglich gemacht¹. Er hat eine große Zahl gezogener Gefäße in gleiche Flächenabschnitte f_1, f_2, f_3 usw. geteilt (Abb. 71) und deren mittlere Blechdicken s_{1m}, s_{2m}, s_{3m} usw. gemessen. Aus diesen einzelnen Blechdicken ergibt sich als arithmetisches Mittel die Größe von s_m und daraus:

$$\alpha = s_m/s.$$

MUSIOL hat es nicht vermocht, die Ergebnisse seiner Untersuchungen zusammenzufassen und zu ordnen. Deshalb blieb es in der Praxis bei der Annahme $\alpha = 1$, und man rechnete nach wie vor mit

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h}. \quad (6)$$

Über die Ursachen, die MUSIOL an einer völligen Lösung gehindert haben, gibt ein Aufsatz des Verfassers in der Zeitschrift Maschinenbau² Aufschluß. Es soll deswegen hier darauf nicht eingegangen, sondern nur die eine falsche Annahme MUSIOLS herausgegriffen werden, α hänge ab von dem Verhältnis d_1/h derart, daß der Wert von α sinke, also die Dehnung des Blechs größer werde, wenn d_1/h größer, also bei gleichem Durchmesser weniger tief gezogen werde, und zwar deshalb, weil dieser Irrtum weite Verbreitung gefunden hat.

Die Widerlegung ist einfach. Wenn, Anschlag vorausgesetzt, mit demselben Stempeldurchmesser verschieden große Scheiben und also verschieden tiefe Gefäße gezogen werden, so wächst die Beanspruchung des Gefäßes mit der Fläche unter dem Faltenhalter, weil der Druck wächst, der zur Erreichung des Fließzustands notwendig ist. Mit der Beanspruchung wächst auch der Zieh widerstand und die Dehnung des Blechs, verringert sich die mittlere Wanddicke s_m des gezogenen Gefäßes und mit ihr α , da $\alpha = s_m/s$ ist. α ist demnach abhängig von der Beanspruchung, diese ihrerseits von der Neigung zur Faltenbildung und also der Größe der Fläche des überschüssigen Werkstoffs. Übertragen auf das Verhältnis d_1/h ergeben die Überlegungen, daß die Abhängigkeit gerade umgekehrt ist, wie oben angenommen wurde, ja, es ist sogar zu folgern, daß sowohl d_1 als auch h die Dehnungszahl α je für sich beeinflussen.

Es liegt nun nichts näher, als zu suchen, einen Zusammenhang mit einem Wert zu finden, der α in eine Abhängigkeit von h und d bringt. Die absolute Größe der überschüssigen Werkstofffläche bei gleichbleibendem Durchmesser bestimmt h und bestimmt unter der genannten Voraussetzung auch α , wie wir oben gesehen haben. Beziehen wir diese überschüssige Werkstofffläche auf 1 mm des Ziehstempelumfangs, so ist in dieser bezogenen (spezifischen) Werkstofffläche F_s , die von nun ab der Einfachheit halber bezogene Ziehfläche oder Ziehwert genannt wird, auch die Größe des Stempeldurchmessers d_1 enthalten. Es ist:

$$F_s = \frac{(D - d_1)^2}{4d_1}. \quad (7)$$

Zur Untersuchung der Abhängigkeit von F_s sind in Tabelle 3 Werte für F_s und α angegeben, wie sie sich aus einer größeren Zahl von Ziehversuchen ergeben haben. Dabei ist $w = \frac{1}{2}(d - d_1)$ die Weite der Ziehöffnung, d. h. der halbe Unterschied zwischen Ziehstempeldurchmesser d_1 und dem Ziehringdurchmesser d , s_0 die ursprüngliche Blechdicke. Die übrigen Bezeichnungen sind bekannt.

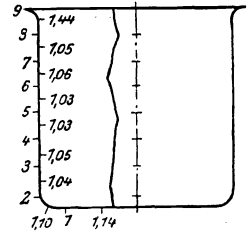


Abb. 71. Veränderung der Blechdicke beim Tiefzug.

¹ MUSIOL, KARL: Kalibrierung der Ziehpreßwerkzeuge. Stahl u. Eisen 1907.

² Masch.-Bau: Der Betrieb Bd. 4 (1924) Heft 14.

Die Werte α der Tabelle sind in Abb. 72 in Abhängigkeit von der bezogenen Ziehfläche F_s aufgetragen. Die so entstandene Kurve $\alpha = f(F_s)$ ist eine Gerade mit der Gleichung

$$\alpha = mF_s + C. \quad (8)$$

Tabelle 3. Werte der Dehnungszahl und der Ziehwerte.

Nr.	s_0 mm	D mm	d_1 mm	w mm	h mm	s_m mm	α	F_s mm
1	0,485	150	86,5	0,5	38,5	0,497	1,022	11,6
2		160			52	0,457	0,943	15,6
3		174			66	0,442	0,911	22,2
4	0,73	67	52,5	0,7	10	0,738	1,008	1,005
5		82			19	0,7325	0,998	4,15
6		91,3			26	0,722	0,99	7,2
7		103,8			40	0,696	0,954	12,55
8	1,15	62	46	1,2	8	1,146	0,996	1,39
9		72			16	1,132	0,985	3,68
10		82			24	1,121	0,975	7
11	2,02	96	69	2,0	18	2,136	0,975	2,65
12		108			28	2,102	0,962	5,5
13		119			36	2,08	0,95	9,05

In dieser Gleichung wird für reine Biegung $F_s = 0$, $\alpha = C \approx 1$, d. h. bei reiner Biegung bleibt die ursprüngliche Blechdicke erhalten. Mit $C = 1$ ändert sich Gl. (8) allgemein zu $\alpha = mF_s + 1. \quad (9)$

Zur Ermittlung des Verlaufs der Geraden genügt also ein einziger Versuchszug;

mit ihm sind dann alle Werte von α für bestimmte F_s gegeben, wobei die Eigenschaften des Versuchswerkzeugs und der Versuchspresse zugrunde gelegt sind.

Den Versuchszug nimmt man am vorteilhaftesten mit einem Werkzeug vor, dessen Stempel veränderlich ist, so daß man die Ziehgrenze erreicht und also den für das untersuchte Blech größten Wert von F_s und kleinsten Wert von α ermittelt.

Nachdem so die Gerade bestimmt ist, kann man aus den Gl. (5) und (9) die Kurven ermitteln

für $\alpha = \text{konstant}$: $h = f(d_1)$ (Abb. 73) und für $h = \text{konstant}$: $D = f(d_1)$ (Abb. 74).

Aus jenen ist zu ermitteln, ob das gewünschte Gefäß mit noch zulässiger Dehnungszahl in einem Zug gefertigt werden kann, aus diesen der Zuschnittsdurchmesser zu einem gegebenen Stempeldurchmesser, sofern die Fertigung in einem Zug möglich ist. Zur Ermittlung der Kurven der Abb. 73 und 74 wurde in Gl. (9) der Wert $m = -0,455 \cdot 10^{-2}$ eingesetzt, der sich aus der Gl. (9) mit den Werten aus der Abb. 72 ergibt.

Will man die Kurven der Abb. 73 und 74 nicht aufzeichnen, weil man es vorzieht, von Fall zu Fall rechnerisch vorzugehen, dann ist zunächst $\alpha = 1$ anzunehmen und mit diesem Wert nach Gl. (5) der angenäherte Scheibendurchmesser D' zu errechnen zu $D' = \sqrt{d_1^2 + 4d_1h}$. Mit D' wird dann aus Gl. (7) die angenäherte bezogene Ziehfläche ermittelt zu

$$F_s = \frac{(D' - d_1)^2}{4d_1} \quad (11)$$

und mit diesem Wert von F_s mit Gl. (8), da die Größe von m durch den Versuchszug bekannt ist,

$$\alpha = mF_s + 1.$$

Das so ermittelte α ermöglicht die Korrektur des Zuschnittsdurchmessers D nach der Gleichung $D = \sqrt{\alpha} \cdot D'$. Diese Rechnungsweise kann zu ganz wesentlicher Blechersparnis führen, wie Abb. 75 zeigt. Hier sind $a-a$ und $b-b$ die Grundriß-

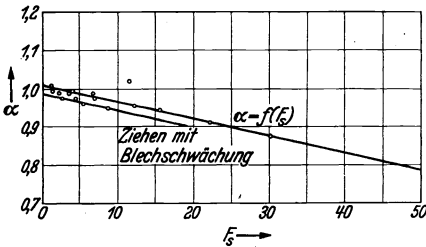



Abb. 72. Blechschwächung in Abhängigkeit von der verdrängten Blechfläche.

linien des zu ziehenden Gefäßes, dessen Zuschnitt nach $c-c$ durch Versuche ermittelt worden war. Der Zuschnitt $c-c$ ergab einen durch -Schraffur bezeichneten unnötigen und ungleich breiten Blechrand, der abgeschnitten und zum

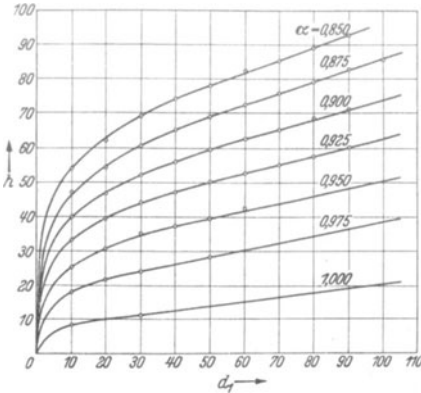


Abb. 73. Zusammenhang zwischen Gefäßdurchmesser d_1 , Ziehtiefe h und Blechdehnung $\alpha = f(d_1, h)$.

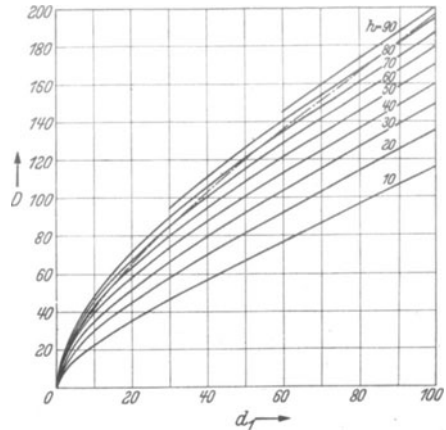



Abb. 74. Zusammenhang von Scheibendurchmesser D und Gefäßdurchmesser d_1 bei gleichbleibender Ziehtiefe h . Kurven $D = f(d_1)$ für $h = \text{konst.}$

Abfall geworfen werden muß. Ganz kann der Blechrand wegen der Verschiedenheit der Rundungen nicht beseitigt werden, aber mit Berücksichtigung der Blechschwächung hätte doch die Linie $e-e$ für den Zuschnitt gefunden und die zwischen $c-c$ und $e-e$ liegende, durch -Schraffur bezeichnete Fläche gespart werden können. Die Rechnung bewährte sich später bei einem ähnlichen Hohlkörper glänzend, wodurch Versuche und Abfall auf ein Mindestmaß beschränkt werden konnten¹.

Die Berücksichtigung der Blechdehnung bei der Zuschnittsermittlung ist bisher nur für den Anschlag durchgeführt worden, der zugleich Fertigschlag ist. Die Möglichkeit ihrer Anwendung für Weiterschläge ist damit aber auch gegeben, sofern bei Werkstücken, die in einer größeren Zahl von Zügen erstellt werden müssen, eine Blechdehnung auftritt. Nach den von MUSIOL veröffentlichten Werten ist eine Blechschwächung bei mehr als einem Ziehgang nicht vorhanden. Deshalb kann für die Errechnung des Zuschnitts von Hohlgefäßen, die zur Erstellung mehr als einen Ziehgang brauchen, solange kein anderer Nachweis erbracht ist, mit Recht $\alpha = 1$ genommen und der Zuschnittsdurchmesser nach der Gl. (6) errechnet werden.

39. Zuschnittsermittlung bei ungleicher Wanddicke. In Sonderfällen ist der Zuschnitt nicht nach Gl. (5) oder (6) zu errechnen, z. B. nicht, wenn die Wanddicke nach Abb. 76 absichtlich dünner werden soll als die Bodendicke. In diesem Fall geht man von der Volumengleichheit vor und nach der Umformung aus.

Allgemein gilt, daß die Blechdicke s gleich der größten beim Ziehstück vorkommenden Wanddicke sein soll, die immer die Bodendicke sein muß, denn der

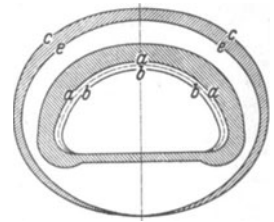


Abb. 75. Berücksichtigung der Blechdehnung ermöglicht genauere Zuschnittsberechnung.

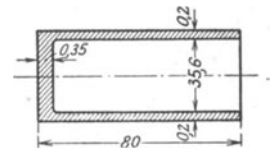


Abb. 76. Hohlgefäß mit geschwächter Wanddicke.

¹ Für die Blechdehnung wichtig, wenn auch hier nicht besonders behandelt, ist die Größe des Halbmessers der Ziehkantenrundung.

Boden kann in Weiterschlägen nicht geschwächt werden. Damit wird mit $V = \frac{1}{4} \pi D^2 s$,

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi s}}. \tag{12}$$

Die Frage der Zuschnittsermittlung löst sich damit auf in die Bestimmung des Rauminhalts des zu ziehenden Gefäßes. Ist dessen Form unregelmäßig und also das rechnerische Vorgehen erschwert, so greift man vorteilhaft zum Wiegeverfahren nach dem Archimedes-Grundsatz. Zu diesem Zweck muß ein Muster des gewünschten Arbeitsstücks vorhanden sein. Dieses hängt man an den einen Arm einer Waage, die austariert wird. Alsdann wird das Gefäß ins Wasser getaucht, wo es einen Auftrieb erleidet: es scheint leichter um das Gewicht der verdrängten Wassermenge. Dieses Gewicht wird durch die Waage festgestellt und, da die Wichte des Wassers gleich 1 ist, gibt seine Größe in Gramm das Volumen des Ziehstücks in Kubikzentimeter an.

Ist die Form des Ziehstücks einfach, wie in Abb. 76, kommt man rechnerisch rascher zum Ziel; denn für Abb. 76 gilt mit der Wanddicke s_1 und der Bodendicke s und also auch mit $V = \frac{1}{4} \pi d_1^2 s + \pi d_1 h s_1$

nach Gl. (12):
$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 d_1 h s_1 / s}. \tag{13}$$

Mit den Zahlenwerten der Abb. 76 ergibt sich aus Gl. (13)

$$D = \sqrt{35,6^2 + 4 \cdot 35,6 \cdot 80 \cdot 0,2 / 0,35} = \sqrt{7765} \text{ mm} \quad \text{oder} \quad D = 88 \text{ mm}.$$

40. Zuschnittsermittlung bei verjüngten Gefäßen. Hier kann man ebenso wie im eben besprochenen Fall nach dem Wiegeverfahren mit Gl. (12) arbeiten, doch dürfte man auch hier rechnerisch schneller zum Ziele kommen, entweder durch sinngemäße Anwendung der Mantelformel des Kegelstumpfes oder dadurch, daß man den kegeligen Mantel auf einen Zylindermantel zurückführt mit dem mittleren Durchmesser d_{1m} zwischen dem des Bodens d_1 und dem der Öffnung d'_1 , so daß $d_{1m} = \frac{1}{2} (d_1 + d'_1)$. Die Tiefe des Zylinders h wird gleich der Länge der Mantellinie l des Kegelstumpfes, also: $h = l$. Zur Ermittlung des Zuschnitts sind nun die beiden Flächen vorhanden, die Bodenfläche des Kegelstumpfes von der Größe $f_1 = \frac{1}{4} \pi d_1^2$ und der Zylindermantel $f_2 = \pi d_{1m} l$. Damit wird die Oberfläche der Ziehscheibe $\frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi d_1^2 + \pi d_{1m} l$ und der Durchmesser

$$D = \sqrt{d_1^2 + 4 d_{1m} l}. \tag{14}$$

Mit den Zahlen der Abb. 77

$$d_1 = 32 \text{ mm}, \quad d'_1 = 112 \text{ mm}, \quad d_{1m} = 72 \text{ mm} \quad \text{und} \quad l = 205 \text{ mm}$$

wird $D = 245 \text{ mm}$.

41. Zuschnittsermittlung bei Umdrehungshohlkörpern mit unregelmäßig geformten Oberflächen. Auch hier ist das Wiegeverfahren mit Gl. (13) ohne weiteres anwendbar. Jedoch ist nicht immer ein Muster des Fertigstücks vorhanden, oder man will nicht immer eins anfertigen. In diesem Fall führt die

zweite Art der Zuschnittsermittlung des kegeligen Hohlgefäßes über zur Zuschnittsermittlung von Umdrehungshohlgefäßen mit beliebiger unregelmäßig geformter Oberfläche.

Wenn wir die Umformung des Kegelstumpfmantels in einen Zylindermantel allgemein betrachten, so haben wir als mittleren Durchmesser d_{1m} den Schwerpunktdurchmesser genommen. Zur allgemeinen Feststellung der Größe von d_{1m} teilen wir die Mantellinie des gegebenen Hohlkörpers je nach ihrer Form in gerade und kreisförmige Abschnitte und behandeln die einzelnen Teile als parallele Kräfte.

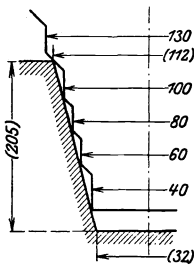


Abb. 77. Stufung für verjüngte Gefäßform.

die in den Schwerpunkten der Abschnitte angreifen¹. Die Resultierende dieser parallelen Kräfte ist einfach durch das Seileckverfahren zu finden. Der rechtwinklige Abstand der Resultierenden von der Mittelachse gibt die Größe des gesuchten Schwerpunkthalbmessers $r_{1m} = \frac{1}{2} d_{1m}$ an, während die Größe der Resultierenden bestimmt ist durch die Summe der einzelnen Kräfte, d. h. die Länge einer Mantellinie l des gegebenen Hohlkörpers.

Die Oberfläche der Ziehscheibe ist nun gleich dem Mantel eines Zylinders mit dem Durchmesser d_{1m} und der Mantellinie l , also

$$\pi \frac{1}{4} D^2 = \pi d_{1m} l \quad \text{oder} \quad D = 2 \sqrt{d_{1m} l}, \quad (15)$$

vorausgesetzt, daß bei der Ermittlung der Resultierenden die Grundfläche des Hohlkörpers berücksichtigt worden ist.

Abb. 78 wird diese zeichnerische Ermittlung verständlich machen. Der Linienzug a, b, c, d ist der halbe Umriss des zu ziehenden Hohlgefäßes, hier das kegelige Gefäß mit den Größen der Abb. 77. Der Linienzug wird in 2 Kräfte zerlegt, die des Bodens 1, die im Schwerpunkt m_1 angreift, und die der Wand 2, die im Schwerpunkt m_2 angreift. Die beiden Kräfte 1 und 2 sind parallel und die Aufgabe ist nun, ihre Resultierende der Größe und der Stellung nach zu finden.

Das geschieht am besten mit Hilfe des Seilecks. Die Richtungen der Seileckseiten werden dadurch gefunden, daß man die Kräfte 1 und 2 auf einer beliebigen Parallelen zu ihrer Richtung als ce und ef abträgt, den beliebigen Punkt o als Pol wählt und die Strahlen 3, 4, 5 bzw. $f0, e0, c0$ zieht. Die Richtungen 3, 4, 5 geben die Richtungen der Seileckseiten an, während $cf = l$ die Länge der Mantellinie des gesuchten Zylindermantels angibt.

Man zieht nun eine Parallele zu 3 und durch deren Schnittpunkt mit der Richtung der Kraft 1 eine Parallele zu 4; dann durch den Schnittpunkt der Parallelen zu 4 mit der Richtung der Kraft 2 eine Parallele zu 5, die die Parallele zu 3 in p schneidet und so das Seileck, hier ein Dreieck, vervollständigt. Die Resultierende geht durch den Punkt p ; sie ist parallel zu den Kräften 1 und 2. Der Abstand des Punktes p von der Drehachse da des Umdrehungsgefäßes ist: $r_{1m} = \frac{1}{2} d_{1m}$. Mit l und d_{1m} ist Gl. (15) bestimmt und ihre Lösung rechnerisch möglich. Mit $\frac{1}{2} D = R$ und

$$R^2 = d_{1m} l \quad (16)$$

ist die völlige Bestimmung des Ziehscheibendurchmessers D rein zeichnerisch möglich. Gl. (16) entspricht dem Höhensatz in einem rechtwinkligen Dreieck, wonach das Quadrat über der Höhe flächengleich ist mit dem Rechteck aus den

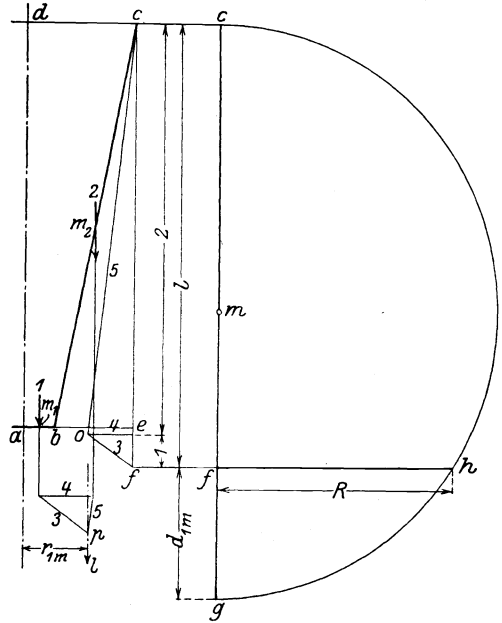


Abb. 78. Zeichnerische Ermittlung des Ziehscheibendurchmessers für ein verjüngtes (kegelstumpfförmiges) Hohlgefäß.

¹ Näheres s. Werkstattbuch Heft 20 „Festigkeit und Formänderung“. — MUSIOL, KARL: Rechnerische und zeichnerische Methode der Zuschnittsermittlung in der Ziehpressentechnik. F. Stoll jun. 1902.

Abschnitten, in die die Hypotenuse durch die Höhe geteilt wird. Es ist also das rechtwinklige Dreieck zu suchen mit der Hypotenuse cg , den Abschnitten $cf = l$ und $fg = 2r_{1m} = d_{1m}$ und dem Lot in f auf der Hypotenuse als Richtung der Höhe. Der Kreis über cg als Durchmesser schneidet das Lot in h , und es ist nach Gl. (16) in dem rechtwinkligen Dreieck hcg

$$(hf)^2 = (cf)(fg) \quad \text{oder} \quad R^2 = l d_{1m}, \quad \text{also} \quad hf = R.$$

Es ist jetzt zu zeigen, wie man die Schwerpunkte und Schwerpunktsabstände bei Kreisbögen und beliebigen Kurven erhält. Bei Kreisbögen ist der Schwerpunkt leicht festzustellen. In Abb. 79 ist ein beliebiger Kreisbogen bc gegeben. Zieht man die Sehne, dann liegt der Schwerpunkt S auf dem Mittellot der

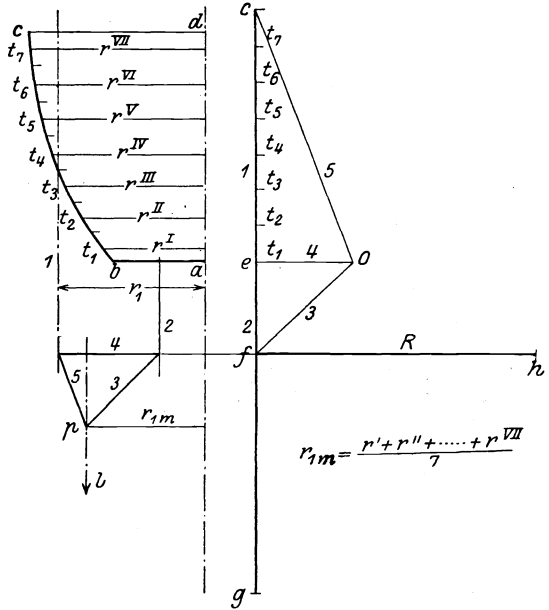
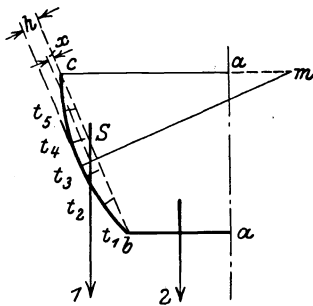


Abb. 79 u. 80. Zeichnerische Ermittlung des Ziehseibenhalbmessers für ein Umdrehungshohlgefäß mit einer Mantel-Erzeugenden beliebiger Form.

Sehne zwischen dieser und dem Bogen im Abstand $x \approx \frac{2}{3} h$ von der Sehne. Die Länge des Bogens bestimmt man mit dem Stechzirkel dadurch, daß man den Bogen in so viel kleine Teile $t_1, t_2 \dots t_n$ (und entsprechend Kräfte, s. o.) teilt, daß diese als gerade zu betrachten sind, worauf man die Teile auf einer Geraden 1 aufträgt. Die dem Bogen entsprechende Kraft ist $I = \sum t_n$ der Größe nach; sie geht durch den Schwerpunkt S parallel zur Achse $a-a$.

Die Kraft 2, die der Bodenerzeugenden entspricht, ist der Größe nach = Strecke ab und geht parallel 1 durch den Mittelpunkt von ab .

Bei beliebigen Kurven (Abb. 80), bei denen man einen Näherungskreis nicht mit genügender Genauigkeit ziehen kann, hat man keinen Anhalt für den Schwerpunkt. Man teilt die Kurve daher von vornherein in eine Anzahl kleiner, aber gleich großer Teile, $t_1, t_2 \dots t \dots t_n$, die als Gerade zu betrachten sind. Die Schwerpunkte $m_1, m_2 \dots m_n$ von geraden Strecken sind als deren Mittelpunkte bekannt, so daß auch die Schwerpunktsabmesser $r^I, r^{II} \dots r^n$ der einzelnen Teile gegeben sind. Aus diesen ergibt sich der Schwerpunktsdurchmesser der Kurve, da alle Teile t gleich groß sind, aus

$$r_{1m} = 1/n \cdot (r^I + r^{II} \dots + r^n),$$

während die Länge der Kurve als Summe der geraden Teile $t_1, t_2 \dots t_n$ erhalten wird.

Bei Abb. 80 ist auch der Zuschnittsdurchmesser noch einmal zeichnerisch ermittelt. Da die Bezeichnungen dieselben sind wie in Abb. 78, erübrigt sich eine besondere Erklärung.

Bis jetzt wurden nur Fälle behandelt, bei denen das Hohlgefäß einmal abgesetzt war. Wenn das Hohlgefäß mehrmals abgesetzt ist, treten mehrere Kräfte auf. Abb. 81 zeigt, wie für 5 Kräfte die Resultierende nach dem Seileckverfahren bestimmt wird. Von den 5 Kräften zu einer beliebigen großen Zahl überzugehen, dürfte nunmehr keine Schwierigkeiten mehr machen.

Damit sind die Grundlagen geschaffen für die Zuschnittsermittlung beliebig geformter Umdrehungskörper. Der nächste Schritt führt zu beliebig geformten Hohlkörpern, die nicht Umdrehungskörper sind.

42. Ermittlung des Zuschnitts beliebig geformter Hohlkörper mit zwei Symmetrieachsen. Der einfachste Hohlkörper dieser Art hat den rechteckigen Querschnitt, d. h. von Ecken im eigentlichen Sinn kann man nicht reden, sondern nur von Kreisen mit größeren und kleineren Halbmessern. Der Mantel der sog. rechteckigen Hohlkörper ist also zusammengesetzt aus ebenen Flächen und Teilen eines Zylindermantels. Die ebenen Flächen ihrerseits sind zu betrachten als Mantelteile eines Zylinders mit dem Halbmesser $r_1 = \infty$. Für einen solchen ist

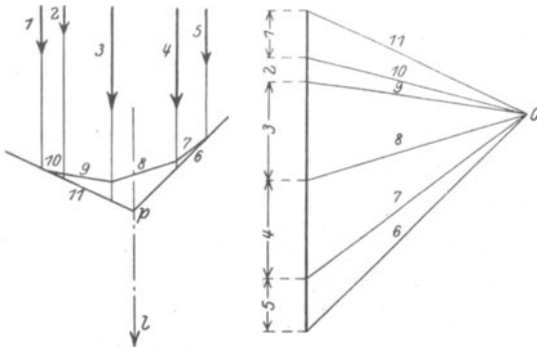


Abb. 81. Erweiterung der zeichnerischen Ermittlung von einem Anstoß (Absatz) in der Form für beliebig viele Anstöße.

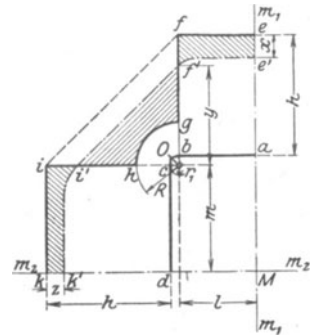


Abb. 82. Zuschnittsberechnung für Hohlgefäße mit rechteckigem Boden (rechteckiger Hohlgefäße).

$F_s = 0$, d. h. bei der Umformung dieser Scheibe in einen Zylinder ist kein überschüssiger Werkstoff vorhanden, also auch keine Dehnung, so daß $\alpha = 1$. Ein rechteckiger Hohlkörper ist mit dieser Voraussetzung ein Hohlkörper, dessen Mantel aus Mantelabschnitten von Zylindern mit verschiedenen großen Durchmessern r_1 zwischen $r_1 = 0$ bis $r_1 = \infty$ zusammengesetzt ist. Bei dem einen Grenzfall $r_1 = 0$ schrumpft der Kreis zum Mittelpunkt zusammen und führt zu scharfen Kanten. Der Grenzfall $r_1 = \infty$ entspricht geraden Flächen und reiner Biegung. In Abb. 82 ist ein Viertel des Grundrisses eines rechteckigen Hohlkörpers durch den Linienzug $abcd$ und den Mittellinien m_1m_1 und m_2m_2 gegeben; die zu ziehende Höhe ist h . Zur Bestimmung des Zuschnitts haben wir nach den obigen Feststellungen über die Strecken $ab = l$ und $cd = m$ ebene Flächen zu biegen von der Größe $l \cdot h$ bzw. $m \cdot h$, während über den Viertelkreis bc ein Zylinder zu formen ist mit dem Mittelpunkt o und dem Durchmesser $d_1 = 2r_1$. Für diesen Zylinder wird der Zuschnittsdurchmesser $D = 2R$ mit Berücksichtigung der Blechdehnung berechnet. Damit ist die Zuschnittsfläche durch den Linienzug $efghik$ gegeben. Es leuchtet aber ohne weiteres ein, daß der scharfe Übergang von den Rechtecksflächen zu dem Kreis, also von f nach g und von h nach i nicht zugelassen werden kann, sondern daß ein allmählicher Übergang gesucht werden muß. Dabei ist darauf zu achten, daß der Übergang die Zuschnittsfläche F unverändert läßt; der Übergang kann nach Abb. 83A durch einen Kreisbogen K oder nach Abb. 83B durch eine Parallele P zu fi er-

folgen. Die Parallele ist zu bevorzugen, weil die dadurch geschaffene ebene Übergangsfläche einfacher und rascher zu bearbeiten ist.

In jeder Beziehung der einfachste Übergang wäre die Strecke fi selbst. Für diesen Fall muß sein:

$$\pi D^2/16 = \frac{1}{2}(h + r_1)^2 \quad \text{oder mit} \quad \pi D^2/16 = O \quad \text{und} \quad \frac{1}{2}(h + r_1)^2 = J$$

$$O = J. \quad (17)$$

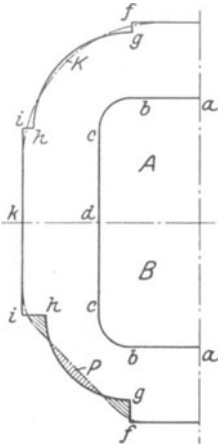
Die Gl. (17) stellt ein Kennzeichen dar, da, wenn sie erfüllt, den Seitenflächen weder etwas hinzugefügt noch etwas genommen werden muß. Wenn $0 > J$, liegt die Parallele zu fi außerhalb Dreieck ofi , dann muß den Seitenflächen zu dem ermittelten Zuschnitt eine bestimmte Werkstofffläche (■ Abb. 83 B) hinzugefügt, und wenn $0 < J$, liegt die Parallele zu fi innerhalb ofi , dann muß von den Seitenflächen eine bestimmte Werkstofffläche (■ Abb. 82) abgeschnitten werden; diese (■ Abb. 82) muß von der Zieh-scheibe des Zylinders weggenommen bzw. zu ihr hinzugefügt werden. Diese Größe ist jeweils zu errechnen aus der Differenz $J - O = f$.

Ist $f = 0$, heißt es: Strecke fi ziehen, ist f positiv: Seitenflächen vergrößern und ist f negativ: Seitenflächen verkleinern!

Es ist nun zu untersuchen, wie die Fläche f zu verteilen ist. Da, wie schon oben gesagt, die Zunahme bzw. Abnahme der Seitenflächen ebenso groß sein muß wie die Abnahme bzw. die Zunahme der Zieh-scheibe des Zylinders, muß die Ausgleichfläche gleich $f/2$ sein.

Wenn der Kreisbogen, der die Größe der Zieh-scheibe des Zylinders angibt, die Strecke fi schneidet, dann ist die auszugleichende Fläche so klein, daß man den Ausgleich am besten und einfachsten schätzt oder, sofern Koordinaten-papier vorhanden, durch Abzählen der Quadrate vornimmt. Ist der Scheibendurchmesser sehr klein, wie in Abb. 82, so

Abb. 83. Übergänge an den Zuschnittsecken für rechteckige Hohlgefäße.



daß die auszugleichende Fläche sehr groß ist, dann muß man die Rechnung weiterführen. Zunächst wird die Größe der Ausgleichfläche f bestimmt; es ist

$$f = \frac{1}{2}(h + r_1)^2 - \pi/16 \cdot D^2.$$

Daraus sind die Abschnitte $Of' = y$ und $O'i' = y$ zu bestimmen, die die Parallele zu fi auf den Strecken Of und $O'i$ abschneidet, da

$$\frac{1}{2}y^2 = \frac{1}{2}f + \pi/16 \cdot D^2, \quad y^2 = f + \pi/8 \cdot D^2.$$

Mit dem obigen Wert von f wird $y^2 = \frac{1}{2}(h + r_1)^2 - \pi/16 \cdot D^2 + \pi/8 \cdot D^2$ oder

$$= \frac{1}{2}(h + r_1)^2 + \pi/16 \cdot D^2$$

und

$$y = \sqrt{\frac{1}{2}(h + r_1)^2 + \pi/16 \cdot D^2}.$$

Mit den Werten: $h = 40$ mm (Abb. 84), $r_1 = 3$ mm, $D = 2R = 28$ mm

wird

$$y = \sqrt{\frac{1}{2}(40 + 3)^2 + \pi/16 \cdot 28^2} = 33 \text{ mm}.$$

Eine so große Fläche wie hier, wo $f = 776$ mm² kann an den Seitenflächen nur durch Verringerung der Höhe h ausgeglichen werden. Dazu soll auf der schmalen Fläche die Höhe um x , auf der breiten um z gekürzt werden, und zwar derart, daß die Flächenstücke, um die die Seitenflächen gekürzt werden, gleich sind, also

$$lx = mz \quad \text{oder} \quad x = m/l \cdot z;$$

dann muß aber auch $2mz = \frac{1}{2}f$ oder $z = f/4m$ sein.

Mit den Werten der Abb. 84 wird

$$z = 776/138 = 5,6 \text{ mm.} \quad x = 34,5/27 \cdot 5,6 = 7,2 \text{ mm.}$$

Es wäre auch eine andere Verteilung der auszugleichenden Fläche auf die Seitenflächen möglich, als sie eben vorgenommen wurde; es ist aber vorteilhaft, von der schmalen Fläche ebensoviel wegzuschneiden wie von der breiten, denn die Beobachtung der Ziehstücke zeigt, daß an den schmalen Seitenflächen der Werkstoff sehr langsam nach innen gezogen wird, weil diese Fläche noch sehr stark von der Verdickung in den Ecken in Mitleidenschaft gezogen wird. Die Verdickung wirkt sich nach den Seiten aus, mit der Entfernung von den Ecken in der Dicke abnehmend.

Das Gefäß der Abb. 84 ist wirklich ausgeführt worden; der Zuschnitt wurde jedoch ohne Rechnung durch Versuche bestimmt. Der Linienzug, der durch die Versuche ermittelt wurde, stimmt mit großer Annäherung mit dem errechneten überein, nur die schmale Seitenfläche wurde, allerdings zum Nachteil, bei der praktischen Ausführung größer gemacht. Wie gut die Rechnung mit dem Versuchswert übereinstimmt, zeigt der Vergleich der errechneten und der versuchsweise ermittelten Zuschnittsfläche, F_{er} bzw. F_{ver} . Es ist

$$F_{er} = 2545 \text{ mm}^2, \quad F_{ver} = 2610 \text{ mm}^2.$$

Der Unterschied ist $50 \text{ mm}^2 \approx 2\%$, eine durchaus hinreichende Genauigkeit.

Das Hohlgefäß der Abb. 84 wurde aus 0,8 mm Messingdruckblech gezogen und stellt wohl das äußerste vor, was von einem Ziehblech und noch mehr von einem Werkzeug verlangt werden kann. Tatsächlich ist das Werkzeug auch in den Ecken wiederholt gesprungen.

Es dürfte deswegen nicht unwesentlich sein, die Änderung der Wanddicken an Hand von Abb. 84 in Tabelle 4 bekanntzugeben. Aus den in dieser Tabelle enthaltenen Werten ist die Dehnungsziffer für den Zylinder zu errechnen zu: $\alpha = 0,86$.

Auch die Seitenflächen erfahren dicht am Boden eine starke Schwächung und damit eine Dehnung. Dies ist nur natürlich, denn sie werden, wie die Verteilung der Zuschnittsfläche zeigt, bei der Umformung stark in Mitleidenschaft gezogen. Der Werkstoff, der an den Ecken zu viel ist, muß nach den Seitenflächen abwandern. Diese Abwanderung ist ohne Stauchwirkung und Verdickung, die ihrerseits wieder Anlaß gibt zu einer Blechbeanspruchung auf Dehnung, nicht möglich. Infolge der Verdickung wird die Blechdicke des Flansches unter dem Faltenhalter auf $0,97 \dots 1,04 \text{ mm}$ erhöht, wenn das Gefäß zur Hälfte in die Matrize gezogen ist.

Um die Gefahr des Reißens des Blechs und des Werkzeugs beim Ziehen der Ecken zu verringern, wird bei Werkzeugen für rechteckige Hohlkörper die Zieh-

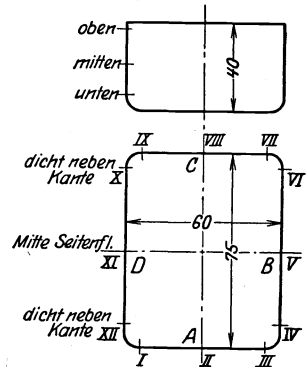


Abb. 84. Änderung der Blechdicke beim Ziehen rechteckiger Hohlgefäße.

Tabelle 4. Wanddicken des Gefäßes Abb. 84.

		oben	mitten	unten
A	I. dicht neben Kante	0,90	0,85	0,26
	II. Seitenflächenmitte	1,00	0,97	0,40
	III. dicht neben Kante	1,04	1,00	0,35
B	IV. dicht neben Kante	0,90	0,88	0,34
	V. Seitenflächenmitte	1,02	0,95	0,41
	VI. dicht neben Kante	1,00	0,95	0,33
C	VII. dicht neben Kante	0,96	0,92	0,29
	VIII. Seitenflächenmitte	0,98	0,97	0,40
	IX. dicht neben Kante	1,02	0,98	0,27
D	X. dicht neben Kante	0,92	0,37	0,29
	XI. Seitenflächenmitte	0,95	0,43	0,36
	XII. dicht neben Kante	0,98	0,43	0,30

öffnung an den Ecken nicht selten weiter gemacht als die Ziehöffnung an den Seitenflächen, dadurch, daß man die Kante des Ziehstempels stärker abrundet. Das Ziehen wird überdies erleichtert durch Aussparung am Blechhalter für die Verdickung des Zylinderflansches an den Ecken, wodurch der Faltenhalterdruck gleichmäßig über den ganzen Flansch verteilt werden soll.

Dieses Verfahren dürfte jedoch nicht sehr zweckmäßig sein: denn einmal ist es gut, daß der Faltenhalterdruck da am stärksten ist, wo die Verdickung am größten ist, zum andern ist es sehr schwierig, die Arbeit gut auszuführen, und endlich werden durch die Nachhilfen die Werkzeugverhältnisse geändert und damit die Rechnungsgrundlagen unbrauchbar, ohne daß ein nennenswerter Vorteil gewonnen wird.

Etwas anderes ist es, den Faltenhalter so auszubilden, daß seine Festhaltefläche nicht parallel zu der des Ziehriings, sondern nach außen abgeschragt ist, also innen mehr, stärker hält. Dies hat den Vorteil, daß die Möglichkeit der Faltenbildung verringert wird, weil der Fließzustand dicht an der Ziehöffnung verbessert wird. Diese Ausbildung ist für alle Werkzeuge möglich und wird immer angewandt, wenn man sich vor der schwierigeren Herstellung nicht scheut. Der Unterschied der Abschragung darf von außen nach innen nicht mehr als $0,03 \cdots 0,1$ mm betragen, je nach der Stärke der auftretenden Faltenbildung.

Die Rundung der Ziehstempelkante des gezogenen Gefäßes hat den Halbmesser $r' = 4$ mm; obgleich dieser Halbmesser ziemlich klein ist, wird der Boden in den Ecken auf $0,65 \cdots 0,60$ mm geschwächt.

Die Zuschnittermittlung rechteckiger Hohlkörper entspricht durchaus der Zuschnittermittlung beliebiger Hohlkörper. Diese werden, wie die rechteckigen, in bekannte einfache Formen zerlegt, für die einzeln die Zuschnittflächen in bekannter Weise ermittelt werden. Alsdann werden die Zuschnittkurven der einzelnen Körper stetig ineinander übergeführt, ohne daß die Gesamtgröße der errechneten Zuschnittfläche eine Änderung erfährt. Die Berechtigung der getrennten Behandlung ist durch das Beispiel des rechteckigen Hohlkörpers trefflich erwiesen.

C. Die Abstufung der Züge.

43. Die Abstufung bei zylindrischen Hohlkörpern. Neben der Zuschnittsermittlung ist die richtige Stufung der Züge die Hauptaufgabe des Ziehwerkzeugbaues. Zuschnitt- und Stufungsberechnung bedingen zusammen die Wirtschaftlichkeit der Zieharbeiten.

Trotz der hervorragenden Stellung, die die Ziehtechnik in wichtigen Zweigen der Industrie einnimmt, haben sich die Vertreter der Wissenschaft nur wenig mit ihr befaßt, so daß selbst über ihre Grundlage heute noch die verschiedensten Ansichten verbreitet sind. Eine Übersicht über diese gibt Tabelle 5 als eine Sammlung von Erfahrungswerten, deren Brauchbarkeit erwiesen ist. Unter diesen sind 4 Gruppen zu unterscheiden: die erste Gruppe gibt ganz bestimmte, für alle Bleche und alle Scheibendurchmesser gleichermaßen gültige Werte, die zweite Gruppe gibt ebenfalls gleichbleibende Werte, unterscheidet aber zwischen 2 Blechdicken, die dritte Gruppe gibt für verschiedene Blecharten verschiedene Abstufungen, und die vierte Gruppe endlich gibt mit wachsendem Durchmesser der Ziehscheibe abnehmende Stufen.

Sicher hat jede der Gruppen bestimmte Erfahrungen berücksichtigt, woraus zu schließen ist, daß die erste Gruppe ihre Abstufungszahl m so hoch genommen hat, daß sie für alle Fälle gilt und als oberer Grenzwert der Abstufungszahl anzusehen ist, daß nach der zweiten Gruppe die Abstufungszahl mit zunehmender

Blechdicke abnimmt und nach der dritten Gruppe von der Werkstoffart abhängig ist und daß endlich nach der vierten Gruppe die Abstufungszahl wächst mit der Zunahme des Ziehscheibendurchmessers.

Eine einwandfreie Untersuchung über die zahlenmäßigen Zusammenhänge ist nicht vorhanden, jedoch ist so viel sicher, daß bei Scheiben mit einem Durchmesser von weniger als 100 mm im Anschlag eine erheblich größere Abstufung möglich als in der Tabelle 5 angegeben ist. Die Abstufungszahl kann abnehmen bis $m = 40$, ja sogar bis $m = 30$. Für den Fall des rechteckigen Hohlkörpers ist sie für den Zylinder sogar nur $m = 23$. Hierauf sei ausdrücklich hingewiesen, um eine sinn-gemäße und befriedigende Anwendung der Tabelle 5 und eine möglichst wirtschaftliche Arbeitsstufung zu ermöglichen.

Mit Spalte 2 der Tabelle 5 werden die Ziehdurchmesser für den ersten, zweiten, usw., n ten Ziehgang, d_1, d_2, \dots, d_n , für Stahlblech: $d_1 = 0,6D; d_2 = 0,8d_1; d_3 = 0,8d_2 = 0,8^2d_1; \dots; d_n = 0,8d_{n-1} = 0,8^{n-1} \cdot d_1$ und mit Spalte 5 für Stahlblech: $d_1 = 0,56 + 0,016D; d_2 = 0,72 + 0,02d_1; d_3 = 0,72 + 0,02d_2; \dots; d_n = 0,72 + 0,02d_{n-1}$.

Die Abstufung für den Anschlag darf auch dann nicht wesentlich über die angegebenen Werte hinaus vergrößert werden, wenn die Ziehtiefe gering ist, das Gefäß also nur wenig in den Ziehring gezogen wird, weil die Faltenbildung zu stark würde und deshalb der Faltenhalterdruck so groß sein müßte, daß das Blech einfach durchstoßen würde. So ist es nicht möglich, aus einer Scheibe vom Durchmesser $D = 200$ mm einen Zylinder mit dem Durchmesser $d_1 = 75$ mm und der Höhe $h = 10$ mm in einem Ziehgang fertig-zustellen, sondern es sind 3 Ziehgänge nötig mit den Durchmessern $d_1 = 110$ mm, $d_2 = 85$ mm und $d_3 = 75$ mm. Sollte es nicht genügen, im ersten Ziehgang nur so viel Werkstoff in die Matrize zu ziehen, wie zur Ausbildung des gewünschten Gefäßes erforderlich ist, so muß der Flansch nach dem letzten Ziehgang wieder gestreckt werden.

Tabelle 5. Übersicht über die gebräuchlichen Stufungszahlen m (in %).

	Anschlag $d_1 = (m/100) \cdot D$							Weiterschlag $d_n = (m/100) \cdot d_{n-1}$						
	1.	2.	3.	4.	5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.		
Stahlblech (Tiefziehquali-tät)	60	60	56	$56 + 0,02 \cdot D$ desgl.	$56 + 0,016 \cdot D$	85	80	80	$76 + 0,025d_{n-1}$ desgl.	$72 + 0,02d_{n-1}$	wie mit Faltenhalter			
Messing, Tombak, Kupfer, Silber	60	60	56	desgl.	—	85	83	83	desgl.	—	90/93 90/93			
Aluminium	60	60	50	desgl.	—	85	80	75	desgl.	—	90/93 90/93			
Zink	60	60	52	desgl.	—	85	83	75	desgl.	—	90/93 90/93			
	60	60	55/60	desgl.	—	85	80	80	desgl.	—	90/93 90/93			
	60	60	70/75	—	—	85	83	83	—	—	90/93 —			

1. Ing. WILDMER, Leipzig; Anz. Berg-, Hütten- u. Masch.-Wes. 1922 19. Januar.
 2. Ing. KACZMAREK; Die moderne Stanzerlei, Abb. 8.
 3. L. SCHÜLER, Göttingen.
 4. Deutscher Ausschluß für technisches Schulwesen.
 5. Ing. MURSTOL.
 6. Ing. KACZMAREK.
 7. Werkst.-Techn. 1912 S. 341; Machinery 1924 12. Juni.

* *

Für die Zahl der Glühungen sind bestimmte Anhaltspunkte nicht zu geben, da sie wesentlich durch die Ziehform bedingt ist.

Wenn die Form des Ziehstückes einfach ist und die größtmögliche Verformung angestrebt wird, ist eine Glühung mindestens erforderlich, wenn die zulässige Kalthärtung erreicht ist. Diese liegt für Messing zwischen einer Brinellhärte von 160 und 180 kg/mm², für Stahl bei etwa 200 kg/mm². Die zulässigen Grenzhärten

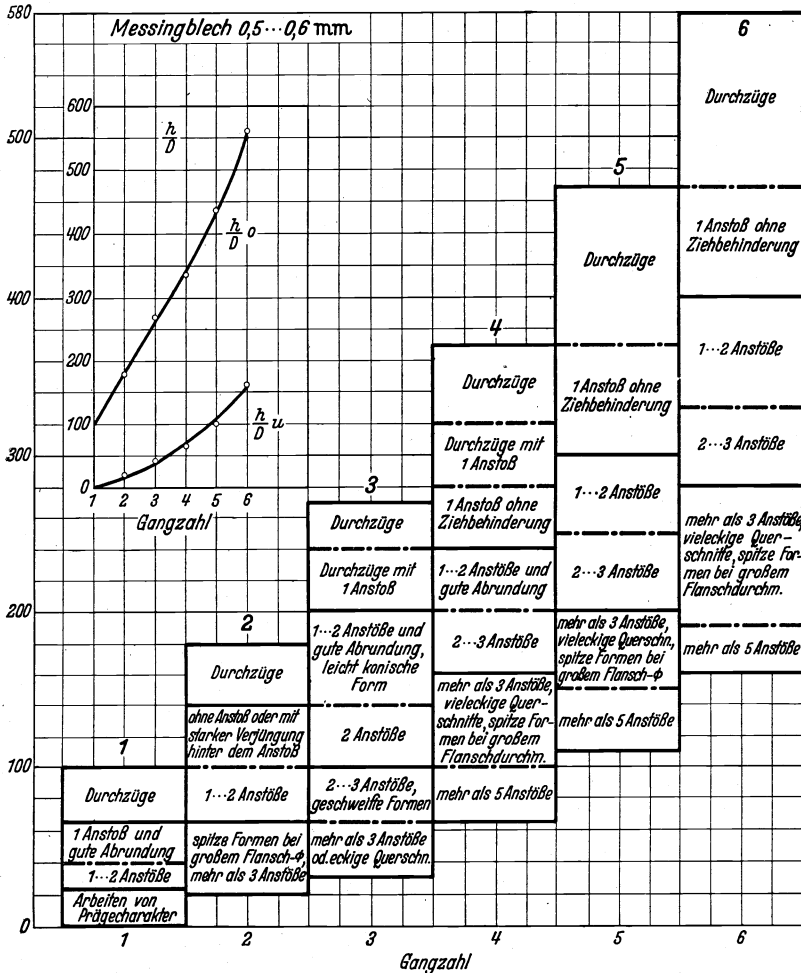


Abb. 85. Beeinflussung der Stufungsmöglichkeit durch die Zahl der Anstöße.

werden erreicht bei Messing durch eine Verformung von 45 bis 55 %, bei Stahl von 60 bis 70 %.

Oft ist die Form des Ziehstückes verwickelt und läßt die volle Ausnutzung der Bildsamkeit des Ziehbleches nicht zu. In solchen Fällen wird man versuchen, den folgenden Ziehgang ohne Zwischenglühung auszuführen. Ist dies ohne unzulässig viel Ausschuß nicht möglich, muß zuvor geätzt werden.

Die Stufung von Werkstücken besonderer Formen hat H. BRASCH¹ zum Gegenstand eingehender Untersuchung gemacht.

¹ BRASCH, HANS: Das Ziehen unregelmäßig geformter Hohlkörper. VDI-Verlag 1925.

In einer großen Reihe von Versuchen stellt er fest, daß

1. die Abstufungszahl $m = d_n/d_{n-1} \cdot 100$, das Verhältnis des neuen Zieh-durchmessers zum vorhergehenden, sich immer mehr dem Wert 100 (%) nähert,
2. das Verhältnis h_n/d_n linear abhängig ist von der Zahl der Ziehgänge und
3. das Produkt $d_n \cdot h_n$, Ziehdurchmesser \cdot Ziehtiefe, durch alle aufeinander-folgenden Abstufungen gleichbleibt.

Da für den Scheibendurchmesser Ziehgang 0, $d_n : h_n = 0$, und für den Endzug $d_n : h$ mit der Form des verlangten Hohlkörpers und aus den Angaben BRASCHS in Abb. 85 die notwendige Zahl der Ziehgänge bekannt ist, läßt sich die Gerade ermitteln, die die Abhängigkeit der Stufen von den Ziehgängen darstellt und mit ihr die Größe der Verhältnisse $h_n : d_n$ für alle Ziehgänge.

Aus der Form des Gefäßes ist aber auch das Produkt

$$d_n h_n = a$$

bekannt. Dieses bleibt durch alle Ziehgänge gleich, so daß

$$d_1 h_1 = d_2 h_2 = \dots = d_n h_n = a$$

und mit $h_1/d_1 = b_1, h_2/d_2 = b_2, \dots$ usw., $h_n/d_n = b_n$, die Ziehtiefen h_1, h_2 zu errechnen sind aus

$$d_1 h_1 \cdot h_1/d_1 = a b_1 \quad \text{oder} \quad h_1^2 = a b_1 \quad \text{und} \quad h_1 = \sqrt{a b_1};$$

ebenso $h_2 = \sqrt{a b_2}$ usw., $h_n = \sqrt{a b_n}$;

und die Ziehdurchmesser d_1, d_2 usw. aus $d_1 = a/h_1$ zu:

$$d_1 = \sqrt{a/b_1}, \quad d_2 = \sqrt{a/b_2} \text{ usw.}, \quad d_n = \sqrt{a/b_n}.$$

Für ein zylindrisches Gefäß mit $h = 580$ mm, $d = 100$ mm und $h/d \cdot 100 = 580$, zu dessen Erstellung nach Abb. 85 sechs Ziehgänge erforderlich sind, ist $h \cdot d = a = 58000$. Nach Ermittlung der Geraden (Abb. 86), die im vorliegenden Fall mit der Geraden der maximalen Verhältnisse h_n/d_n (Abb. 85) zusammenfällt, erhält man die den einzelnen Ziehgängen entsprechenden Werte h_n/d_n und mit diesen aus den obigen Gleichungen die Werte für h_n und d_n , die mit den Werten der Abstufungszahlen in Tabelle 6 eingetragen sind.

Die Werte, die BRASCH für die Abstufungszahlen m für Messingblech angibt (Tabelle 7), stimmen mit den Angaben von SCHULER, die als Mittelwerte zu betrachten sind, gut überein.

Mindestens die Werte von Messing lassen sich auch mit Stahlblech erreichen, wenn das Sonderverfahren angewendet wird (s. Abschnitte 32 und 44).

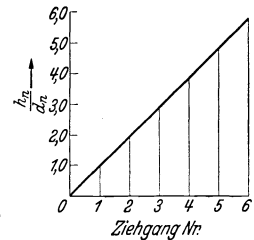


Abb. 86. Einteilung der Ziehstufen.

Tabelle 6.

Ziehgang	$\frac{h_n}{d_n}$	d_n mm	h_n mm	m %
0	0	580	0	0
1	0,95	249	234	50
2	1,95	173	336	70
3	2,90	142	410	82
4	3,90	122	475	86
5	4,85	109	530	89
6	5,80	100	580	91

Tabelle 7.

Ziehgang	Abstufungszahl	
	$m = \frac{d_n}{d_1} 100$	$m = \frac{d_n - 1}{d_n} 100$
1	45 bis 54	45 bis 54
2	64 „ 74	64 „ 74
3	54 „ 61	82,5 „ 84
4	43 „ 52	85 „ 80
5	40 „ 46	88,5 „ 93
6	37 „ 41	89 „ 93

44. Abstufung beim Ziehen mit Blechschwächung. Das Ziehen eines Gefäßes aus 0,35 mm dickem Messingblech, dessen Wand genau zylindrisch werden und

die bestimmte Dicke von 0,2 mm erhalten soll, ist ein Sonderfall. Das Gefäß Abb. 76, dessen Zuschnitt früher ermittelt wurde, ist mit den Stufen zu erstellen, die Tabelle 8 angibt. Daraus ist zu sehen, daß mit dem Beginn der Blechschwächung die Stufen sehr viel kleiner zu nehmen sind als beim Ziehen ohne

Tabelle 8.

Ziehgang	Stempel- durchm. d_n mm	Matrizen- durchm. d mm	Wand- stärke s mm	Abnahme der Wandstärke mm	Abstufungs- zahl m %
0	90		0,35		
1	48	48,7	0,35		53
2	44	44,7	0,35		91
3	40	40,6	0,30	0,05	92
4	37,5	38	0,25	0,05	94
5	35,6	36	0,20	0,05	95

Blechschwächung. Die Abstufungszahl hat ungefähr die Größe $m = 90$. Die Blechschwächung beträgt in einem Ziehgang 15 bis 20% der Blechdicke.

KACZMAREK behandelt eine ähnliche Aufgabe für 4 mm dickes Stahlblech, beginnt aber

mit der Blechschwächung schon beim ersten Zug. Als zulässige Blechschwächung gibt er an 25% der Blechdicke für den Anschlag und 30% für die Weiterschläge.

Auch die von KACZMAREK angegebenen Zahlen sind durch die Einführung des Phosphatierungsverfahrens überholt. Nach den Mitteilungen der Metallgesellschaft wurde beim Rohrziehen ohne Zwischenglühung eine Abnahme der Wanddicke um 69% erreicht, und es besteht kein Zweifel, daß diese Erfahrung auch auf das Gefäßziehen mit Blechschwächung weitgehend übertragen werden kann, da verformungstechnisch betrachtet keine Unterschiede vorhanden sind.

Tabelle 9.

Ziehgang	Stempel durchm. d_n mm	Abstufungs- zahl m %
0	280	0
1	170	61
2	130	76
3	110	77
4	80	80
5	60	75
6	40	67
7	32	80 Formzug

45. Abstufung bei kegelligen Gefäßen. Als Ergänzung zur Zuschnittsermittlung sind in Tabelle 9 die Stufen angegeben, die zur Erstellung des kegelligen Hohlgefäßes der Abb. 77 aus 0,8 mm dickem Messingblech führen. Dabei ist aber nicht die seinerzeit ermittelte Scheibe vom

Durchmesser $D = 245$ mm zugrunde gelegt, sondern eine Scheibe vom Durchmesser $D = 280$ mm, weil am fertigen Stück ein Flansch gewünscht wurde, der diesen Größenunterschied bedingt.

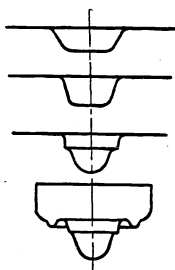


Abb. 87. Sonderform, die die Ausbildung des inneren Teils des Hohlgefäßes vor dem äußeren verlangt.

Der letzte Zug ist ein Formzug. Die Durchmesserabnahme ist nur noch gering, der Hauptzweck ist die Streckung der Stufen. Die Art der Vornahme ist eigentümlich für sämtliche Ziehgegenstände, die einen Formzug erfordern, denn das Blech wird, wenigstens in dem Teil, der schon in die Matrize gezogen wurde, durch den Formzug nur noch auf Dehnung beansprucht, so daß Falten auf keinen Fall mehr auftreten können. Die Beanspruchung des Bleches auf Dehnung muß aber immer innerhalb der erlaubten Grenzen bleiben und ist daher mitbestimmend für die Größe der Stufen.

46. Die Abstufung unregelmäßig geformter Umdrehungskörper. Hierüber ist nur die schon erwähnte Arbeit von HANS BRASCH vorhanden. In ihr kommt BRASCH zu folgenden Ergebnissen:

1. je verwickelter die Endform eines Ziehgegenstands ist, desto mehr Züge sind zu ihrer Ausbildung erforderlich,

2. von großem Vorteil ist es, die Endform in zwei Teile zu teilen, einen inneren und einen äußeren, und zuerst den inneren Teil und dann den äußeren Teil zu ziehen (Abb. 87),

3. den geringsten Gleitwiderstand bilden gerade, schräge und senkrechte Ziehflächen; Bauchungen dürfen erst zum Schluß ausgebildet werden (Abb. 88 und 89),

4. bei jedem Ziehgang ist so viel Werkstoff in die Matrize zu ziehen, wie die Ausbildung der weiteren Stufen erfordert, ein Zuwenig verursacht Risse, ein Zuviel dagegen Falten,

5. die Endform wird durch Fertigschlagwerkzeuge hergestellt, die die Bauchungen, Anstöße, Winkel, Kurven usw. ausbilden. Die Durchmesserabnahme in Fertigschlagwerkzeugen ist nur noch gering.

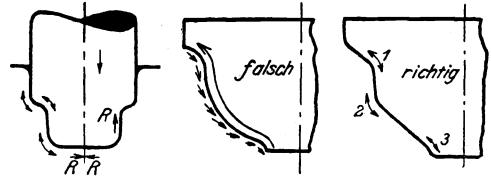


Abb. 88 u. 89. Bei Ziehstufen die Übergänge richtig wählen. Reibungswiderstände klein halten. RR und Pfeile geben gefährdete Stellen an.

Die Auswertung der Untersuchungen ist in Abb. 85 zusammengefaßt. Sie gibt für die verschiedensten Gefäßformen und Verhältnisse $h_n : d_n$ die erforderliche Zahl der Ziehgänge. Bei der Anwendung der Abb. 85 ist zu beachten, daß bei der Bestimmung des Verhältnisses $h_n : d_n$ eines gegebenen Gefäßes immer der kleinste Ziehdurchmesser, aber die Gesamthöhe genommen wird. Daher sei die Durchführung der Anwendung für das Gefäß der Abb. 90 gezeigt, obwohl sie im übrigen der für das zylindrische Gefäß entspricht.

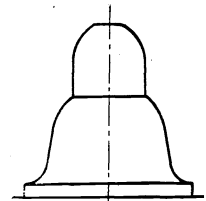


Abb. 90. Ziehbeispiel.

Die Höhe ist $h = 70$ mm, der Durchmesser $d = 30$ mm, so daß $h/d \cdot 100 = 238$. Da das Gefäß 2 Anstöße hat, sind nach Abb. 85 zur Erstellung 4 Ziehgänge notwendig. Zunächst wird der Ziehscheibendurchmesser zu $D = 118$ mm berechnet mit der Annahme, die Fläche der Ziehscheibe werde in 4 Zügen um 15% vergrößert. Dann wird die Stufungsgerade ermittelt (Abb. 91). Nach ihr ergeben sich für die Ziehgänge 1, 2, 3, 4 die Verhältnisse

$h_1/d_1 = 0,6$, $h_2/d_2 = 1,17$, $h_3/d_3 = 1,75$, $h_4/d_4 = 2,33$, und mit $d \cdot h = 2100 \text{ mm}^2$ die Durchmesser $d_1 = 59$ mm, $d_2 = 42,4$ mm, $d_3 = 34,6$ mm, $d_4 = 30$ mm sowie die Höhen $h_1 = 35,5$ mm, $h_2 = 49,5$ mm, $h_3 = 60,5$ mm, $h_4 = 70$ mm. Die Werte sind in Abb. 91 eingetragen; die Kurven, durch die sie zu verbinden sind, zeigen die eigenartige Zungenform aller Ziehkurven

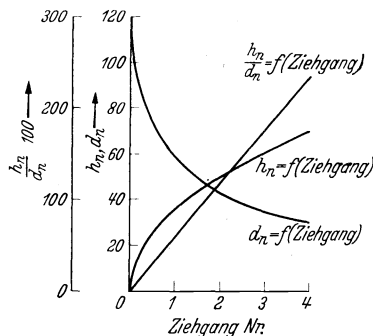


Abb. 91. Ziehkurven für das Ziehbeispiel
Abb. 90.

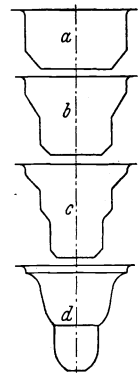


Abb. 92. Ziehstufen für das Ziehbeispiel
Abb. 90.

$$\begin{aligned} h_n/d_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}), \\ h_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}), \\ d_n &= f(\text{Zahl der Ziehgänge}). \end{aligned}$$

Bei den Werkzeugen werden die Durchmesser, wie früher besprochen, durch Schrägen von 45° ineinander übergeführt. Dadurch entstehen die Ziehstufen der Abb. 92.

Die Berechnung der Ziehwerkzeuge nach BRASCH ermöglicht eine einheitliche Behandlung aller Fälle und entspricht so durchaus auch wissenschaftlichen Anforderungen. Allerdings hat BRASCH seine Untersuchungen auf Messingblech

von der Dicke $0,5 \cdots 0,6$ mm beschränkt, so daß auch die Ergebnisse strenggenommen nur für dieses Blech gelten, doch ist eine sinnmäßige Anwendung wohl auch für andere Dicken von Messingblech und selbst für andere Werkstoffe zulässig, wenn man die Stufungszahl dem fraglichen Werkstoff entsprechend größer, die Stufen also kleiner wählt.



Abb. 93. Ziehstufen für rechteckige Hohlgefäße.

Zahl bestimmend, die zur Erstellung des Zylinders mit dem kleinsten Durchmesser führt. Dieser entspricht den Ecken des rechteckigen Hohlkörpers, so daß sich als Abstufungsbild die Abb. 93 ergibt.

D. Normung und Verwaltung der Ziehwerkzeuge.

48. Normung der Ausführung. Die Normung ist nach verschiedenen Gesichtspunkten anzustreben. Zunächst ist zum allgemein wirtschaftlichen Nutzen der zweckmäßigste Werkzeugaufbau und die günstigste Werkstoffwahl für die am häufigsten vorkommenden Ziehaufgaben festzulegen. In dieser Hinsicht wurde vom AWF durch Veröffentlichung seiner Normblätter¹ wertvolle Arbeit geleistet.

Die Normblätter sind nicht nur dort nützlich, wo die abgebildete Bauweise schematisch angewendet werden kann, sondern sie sind geeignet, jeden bildungshungrigen Werkzeugkonstrukteur zu schulen, da die Entwürfe nicht nur als Ganzes, sondern auch in allen Einzelteilen die einfachste und zweckmäßigste Bauweise wiedergeben. Sie lösen eine Aufgabe nicht nur technisch, sondern auch weitgehend praktisch, d. h. betriebssicher.

49. Normung des Einbaus. Die für die Erledigung eines Auftrags notwendige Zeit ist bei spanloser Formung zumeist gering, da die Arbeitsgeschwindigkeit der Pressen sehr groß ist. Infolgedessen sind die Pressen häufig umzustellen. Die hierfür erforderlichen Zeiten beeinflussen aber den Ausnutzungsgrad der Pressen um so stärker, je länger sie sind. Ihre Abkürzung ist daher anzustreben. Es ist das Verdienst KACZMAREKS, die hierzu geeigneten Maßnahmen für den Werkzeugbau aufgezeigt zu haben, nämlich eine Normalisierung der Einbauhöhe h der Ziehwerkzeuge. Diese ist bestimmt durch die größte erreichbare Ziehtiefe. Ziehringe und

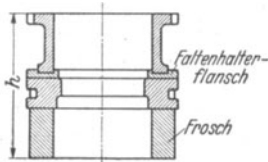


Abb. 94. Ziehwerkzeug mit austauschbaren Einzelteilen bei festgelegter Werkzeughöhe.

Niederhalter sind auf wenige bestimmte Größen festzulegen und können, nahezu völlig bearbeitet, auf Vorrat gehalten werden. Mit geeigneten Zwischenstücken

¹ Erhältlich beim Beuth-Vertrieb, Berlin SW 68.

(Fröschchen) an Niederhalter und Ziehring wird die vorgeschriebene Bauhöhe erreicht. Abb. 94 zeigt ein einfaches Werkzeug zum Ziehen großer, in besonderem Arbeitsgang geschnittener Scheiben. Durch Auswechslung der Zwischenstücke (Frösche) ist es auf den verschiedensten Pressen zu verwenden.

Eine etwas andere Bauart zeigt Abb. 95 für ein vereinigtcs Schneid- und Ziehwerkzeug. Zwischenring (Reduzierring) und Zwischenstück (Frosch) werden genormt, so daß Ziehring, Schnitttring, Spannung und Niederhalter ausgewechselt werden können. Sind die Gewinde der bei den verschiedenen Pressen verbleibenden Zwischenringe gleich, dann ist es möglich, auch die Werkzeuge nach Abb. 95 auf jeder Presse zu verwerten. Ist für die Pressen noch ein Paßstück für den Ziehborn vorhanden (Abb. 96), dann ist die Austauschmöglichkeit der Werkzeuge umfassend, zum Vorteil einer einfachen Maschinenwahl und einer günstigen Maschinenausnutzung.

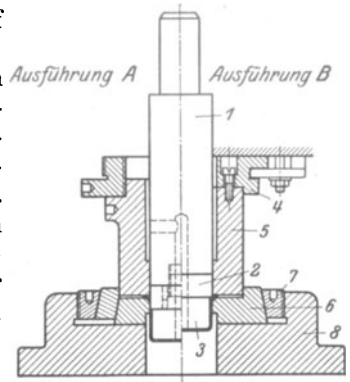


Abb. 95. Verbundwerkzeug für Schneiden und Ziehen mit auswechselbaren Einzelteilen. 1 Ziehborn-Aufnahme, 2 Schnittstempel, 3 Ziehborn, 4 Niederhalter-Aufnahme (Zwischenring), 5 Niederhalter, 6 Schnitttring, gleichzeitig Ziehring, 7 Spannung = Reduzierring, 8 Grundplatte (Gehäuse).

50. Verwaltung der Ziehwerkzeuge. In den Werkzeugen liegt ein großer Teil der Anlagewerte einer Metallwarenfabrik; eine gute Verwaltung erhält diese Werte, eine schlechte verschleudert sie. Gute Verwaltung ist nur möglich bei einem richtigen Verständnis für den hohen Arbeitswert, der für die Werkzeugfertigung aufgewendet worden ist. Dieses Verständnis ist am ehesten bei einem Facharbeiter vorauszusetzen, der selber Werkzeugmacher ist und mit den Werkzeugen umzugehen hat. Nur einem solchen sollte daher die Verwaltung eines Werkzeuglagers übertragen werden. Zur Lagerverwaltung gehört die regelmäßige Prüfung der Arbeitsgüte der Werkzeuge und ihre Wiederherstellung, wo sie verlorengegangen ist. Die Prüfung wird wesentlich erleichtert, wenn man den Werkzeugen bei der Rücklieferung ins Lager das zuletzt gefertigte Werkstück mitgibt.

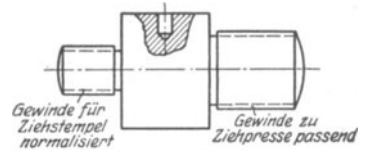


Abb. 96. Gewinde-Paßstück.

Dieses Vorgehen ermöglicht eine fast unmittelbar wirkende Erziehung der Maschinenarbeiter durch den Lagerverwalter als Fachmann. Diese Erziehungsarbeit wird gefördert durch die Abgabe der Werkzeuge gegen Kontrollmarken. Diese Maßnahme stärkt das Verantwortungsgefühl der Werkzeugbenutzer, die sich Vorwürfe oder gar die Gefahr der Schadenersatzleistung ersparen wollen.

Zur richtigen Verwaltung von Ziehwerkzeugen gehört selbstverständlich auch sinnvolle Ordnung nach Nummern und Verwendungszweck. Das rasche Auffinden verlangter Werkzeuge, auch ohne die Gedächtniskünste erfahrener Mitarbeiter, wird wesentlich begünstigt, wenn die reine Benummerung ergänzt wird durch eine Einteilung nach Ziehscheibendurchmesser oder noch besser nach Ziehdurchmesser. Darüber hinaus ist für jedes Werkzeug eine Werkzeugkarte (AWF) anzulegen, in der nicht nur die Hauptmaße und wichtige Beobachtungen bei der Fertigung und beim Ausproben einzutragen sind, sondern auch Fehler und ihre Ursachen, Kosten von Ausbesserungsarbeiten, gefertigte Arbeitsmengen sowie Hinweise auf zugehörige Werkzeuge.

Das Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit hat für die Werkzeugbewirtschaftung besondere Richtlinien herausgegeben, deren Beachtung dringend zu empfehlen ist.

Die Blechabwicklungen. Eine Sammlung praktischer Verfahren, zusammengestellt von Ing. **Johann Jaschke**. Dreizehnte, unveränderte Auflage. Mit 325 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. IV, 99 Seiten. 1943. RM 3.20

Spanlose Formung. Schmieden, Stanzen, Pressen, Prägen, Ziehen. Bearbeitet von zahlreichen Fachgelehrten. Herausgegeben von Betriebsdirektor Dr.-Ing. **V. Litz**, Berlin. (Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, Band IV.) Mit 163 Textabbildungen und 4 Zahlentafeln. VI, 152 Seiten. 1926.
Ganzleinen RM 11.34

Mechanische Technologie für Maschinentechniker. (Spanlose Formung.) Von Dr.-Ing. **Willy Pockrandt**, Gleiwitz. Mit 263 Textabbildungen. VII, 292 Seiten. 1929. RM 11.70

Handbuch der Fräsertechnik. Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von **Emil Jurthe** und **Otto Mietzschke**, Ingenieure. Sechste, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 351 Abbildungen, 42 Tabellen und einem Anhang über Konstruktion der gebräuchlichsten Zahnformen an Stirn-, Spiralzahn-, Schnecken- und Kegelrädern. VIII, 334 Seiten. 1923. Halbleinen RM 9.90

Fräser gestalten — Fräser erhalten. Herausgegeben von **Wanderer-Werke Aktiengesellschaft**, Siegmarschönau. Zweite Auflage. Mit 76 Abbildungen und 2 Zahlentafeln. 101 Seiten. 1942. RM 2.—

Der Fräser als Rechner. Berechnungen an den Universal-Fräsmaschinen und -Teilköpfen in einfachster und anschaulichster Darstellung, darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von **E. Busch**. Mit 69 Textabbildungen und 14 Tabellen. VI, 214 Seiten. 1923. Halbleinen RM 5.—

Stock, Fräser-Handbuch. Bearbeitet im Versuchsfeld der R. Stock & Co. Spiralbohrer-, Werkzeug- und Maschinenfabrik A.-G., Berlin-Marienfelde. Zweite, erweiterte Auflage. Mit 178 Abbildungen und Zahlentafeln. 204 Seiten. 1940. Ganzleinen RM 5.50

Grundzüge der Zerspanungslehre. Eine Einführung in die Theorie der spanabhebenden Formung und ihre Anwendung in der Praxis. Von Dr.-Ing. **Max Kronenberg**, Beratender Ingenieur, Berlin. Mit 170 Abbildungen im Text und einer Übersichtstafel. XIV, 264 Seiten. 1927. Halbleinen RM 20.—

Betriebshandbuch für Pittler-Revolverdrehbänke. Herausgegeben von der Pittler Werkzeugmaschinenfabrik Aktiengesellschaft, Leipzig-Wahren. Vierte Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen und Zahlentafeln. 479 Seiten. 1943. Halbleinen RM 8.—

Handbuch des Revolverdrehers. Von **W. Heinemann**. Herausgegeben von der Gebr. Heinemann A.-G., Werkzeugmaschinenfabrik, St. Georgen, Schwarzwald. Mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen. 60 Seiten. 1938. Kart. RM 4.80

Handbuch für Produktions- und Vielstahlbänke. Von **W. Heinemann**. Herausgegeben von der Gebr. Heinemann A.-G., Werkzeugmaschinenfabrik, St. Georgen, Schwarzwald. Mit zahlreichen Abbildungen und Tabellen. 72 Seiten. 1938. Kart. RM 4.80

Werkzeuge und Einrichtung der selbsttätigen Drehbänke. Von Oberingenieur **Ph. Kelle**, Berlin, Mit 348 Textabbildungen, 19 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. V, 154 Seiten. 1929. RM 13.50

Automaten. Die konstruktive Durchbildung, die Werkzeuge, die Arbeitsweise und der Betrieb der selbsttätigen Drehbänke. Ein Lehr- und Nachschlagebuch. Von Oberingenieur **Ph. Kelle**, Berlin. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 823 Figuren im Text und auf 11 Tafeln, sowie 37 Arbeitsplänen und 8 Leistungstabellen. XI, 466 Seiten. 1927. Halbleinen RM 23.20

Die Werkzeugmaschinen, ihre neuzeitliche Durchbildung für wirtschaftliche Metallbearbeitung. Ein Lehrbuch von Prof. **F. W. Hülle**. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 1020 Abbildungen im Text und auf Textblättern, sowie 15 Tafeln. VIII, 611 Seiten. 1919. Unveränderter Neudruck 1923. Halbleinen RM 21.45

Der Praktiker in der Werkstatt. Hinweise für die rationelle Ausnutzung von Werkstätten des Maschinenbaues. Von **Valentin Retterath**. Mit 107 Textabbildungen. III, 70 Seiten. 1927. RM 3.15

Einteilung der bisher erschienenen Hefte nach Fachgebieten (Fortsetzung)

III. Spanlose Formung (Fortsetzung)

	Heft
Gesenkschmiede I (Gestaltung und Verwendung der Werkzeuge). 2. Aufl. Von H. Kaessberg	31
Gesenkschmiede II (Herstellung und Behandlung der Werkzeuge). Von H. Kaessberg	58
Das Pressen der Metalle (Nichteisenmetalle). Von A. Peter	41
Die Herstellung roher Schrauben I (Anstauchen der Köpfe). Von J. Berger	39
Stanztechnik I (Schnitttechnik). 2. Aufl. Von E. Krabbe	44
Stanztechnik II (Die Bauteile des Schnittes). 2. Aufl. Von E. Krabbe	57
Stanztechnik III (Grundsätze für den Aufbau von Schnittwerkzeugen). Von E. Krabbe	59
Stanztechnik IV (Formstanzen). Von W. Sellin	60
Die Ziehtechnik in der Blechbearbeitung. 3. Aufl. Von W. Sellin	25
Hydraulische Preßanlagen für die Kunstharzverarbeitung. Von H. Lindner	82

IV. Schweißen, Löten, Gießerei

Die neueren Schweißverfahren. 5. Aufl. Von P. Schimpke	13
Das Lichtbogenschweißen. 3. Aufl. Von E. Klosse	43
Praktische Regeln für den Elektroschweißer. Von Rud. Hesse	74
Widerstandsschweißen. Von Wolfgang Fahrenbach	73
Das Schweißen der Leichtmetalle. Von Theodor Ricken	85
Das Löten. 3. Aufl. Von W. Burstyn. (Im Druck)	28
Das ABC für den Modellbau. Von E. Kadlec	72
Modelltischlerei I (Allgemeines, einfachere Modelle). 2. Aufl. Von R. Löwer	14
Modelltischlerei II (Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen). 2. Aufl. Von R. Löwer	17
Modell- und Modellplattenherstellung für die Maschinenformerei. Von Fr. und Fe. Brobeck	37
Der Gießerei-Schachofen im Aufbau und Betrieb. 3. Aufl. von „Kupolofen-Betrieb“. Von Joh. Mehrrens	10
Handformerei. Von F. Naumann	70
Maschinenformerei. Von U. Lohse	66
Formsandaufbereitung und Gußputzerei. Von U. Lohse	68

V. Antriebe, Getriebe, Vorrichtungen

Der Elektromotor für die Werkzeugmaschine. Von O. Weidling	54
Hohe Drehzahlen durch Schnellfrequenz-Antrieb. Von Fritz Beinert und Hans Birett	84
Stufengetriebe an Werkzeugmaschinen mit kreisender Hauptbewegung. 2. Aufl. Von H. Rögnitz. (Im Druck)	55
Maschinelle Handwerkzeuge. Von H. Graf	79
Die Zahnformen der Zahnräder. 2. Aufl. Von H. Trier	47
Die Kraftübertragung durch Zahnräder. Von H. Trier	87
Einbau und Wartung der Wälzlager. Von W. Jürgensmeyer	29
Teilkopfarbeiten. 3. Aufl. Von W. Pockrandt. (Im Druck)	6
Spannen im Maschinenbau. Von F. Klautke	51
Der Vorrichtungsbau I (Einteilung, Einzelheiten und konstruktive Grundsätze). 4. Aufl. Von F. Klautke †	33
Der Vorrichtungsbau II (Typische Einzelvorrichtungen, Bearbeitungsbeispiele mit Reihen planmäßig konstruierter Vorrichtungen). 4. Aufl. Von F. Klautke †	35
Der Vorrichtungsbau III (Wirtschaftliche Herstellung und Ausnutzung der Vor- richtungen). 2. Aufl. Von F. Grünhagen	42

VI. Prüfen, Messen, Anreißen, Rechnen

Werkstoffprüfung (Metalle). 3. Aufl. Von P. Riebensahm. (Im Druck)	34
Metallographie. 2. Aufl. Von O. Mies	64
Technische Winkelmessungen. 2. Aufl. Von G. Berndt	18
Messen und Prüfen von Gewinden. Von K. Kress	65
Das Anreißen in Maschinenbau-Werkstätten. 3. Aufl. Von H. Mauri. (Im Druck)	3
Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau. Von A. Dorl	38
Technisches Rechnen I. 2. Aufl. Von V. Happach	52
Technisches Rechnen II. 2. Aufl. Von V. Happach. (Im Druck)	90
Der Dreher als Rechner. 3. Aufl. Von E. Busch	63
Feinstarbeit, Rechnen und Messen im Lehren-, Vorrichtungs- und Werkzeugbau. Von E. Busch und F. Kähler	86
Prüfen und Instandhalten von Werkzeugen und anderen Betriebsmitteln. 2. Aufl. Von P. Heinze. (Im Druck)	67