



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für Metallberufe

Mirja Didi
Heiner Dolmetsch
Frank Gengenbach

Roland Ihwe
Wolfgang Klein
Friedrich Ott

METALLTECHNIK FACHBILDUNG

Der Werkzeugbau

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1 Stanztechnik | 5 Bearbeitungsverfahren im Werkzeugbau |
| 2 Formenbau | 6 Werkstoffe und Wärmebehandlungsverfahren |
| 3 Vorrichtungsbau | 7 Beispielsammlung |
| 4 Messgeräte und Lehren | 8 Lernfelder |

19. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 10889

Autoren		
Didi, Mirja	Dipl.-Ing. (FH), M.Eng., Studienrätin	Rodalben
Dolmetsch, Heiner	Dipl.-Gwl., Dipl.-Ing. (FH), Studiendirektor	Metzingen
Gengenbach, Frank	Oberstudienrat	Ersingen
Ihwe, Roland	Dipl.-Ing., Oberstudienrat	Pforzheim
Klein, Wolfgang	Studiendirektor	Pforzheim
Ott, Freidrich	Studienrat	Pforzheim

Lektorat und Leitung des Arbeitskreises:
Wolfgang Klein

Bildbearbeitung:
Zeichenbüro des Verlags Europa-Lehrmittel GmbH & Co., Ostfildern

Diesem Buch wurden die neuesten Ausgaben der DIN-Blätter und der VDI-Richtlinien zugrunde gelegt. Verbindlich sind jedoch nur die DIN-Blätter und die VDI-Richtlinien selbst.
Verlag für die DIN-Blätter: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin.

19. Auflage 2025

Druck 5 4 3 2 1

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1494-4

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2025 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, www.rktypo.com

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagfotos: Kummer GmbH + Co. KG, 75443 Ötisheim und

Härter Stanztechnik GmbH & Co. KGaA, 75203 Königsbach-Stein

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

Vorwort

In diesem Fachbuch finden die Auszubildenden der Berufe Werkzeugmechanikerin und Werkzeugmechaniker bzw. Feinwerkmechanikerin und Feinwerkmechaniker Schwerpunkt Werkzeugbau die für ihre Ausbildung notwendigen relevanten Lerninhalte.

Fort- und weiterbildungswillige Schülerinnen und Schüler sowie Studentinnen und Studenten an Fach- und Hochschulen erhalten viele Anregungen für Verfahren und Werkzeuge in der Stanz-, Umform- und Formentechnik.

Die **19. Auflage** wurde an wenigen Stellen aktualisiert. Die Auflage wurde sorgfältig durchgesehen und korrigiert, besonders wurde auf neue bzw. zurückgezogene Normen geachtet.

Um die geforderte **Handlungskompetenz** zu stärken, bleiben die am Schluss der Abschnitte Stanztechnik, Formenbau und Vorrichtungsbau eingefügten **Fallbeispiele** erhalten. Diese eignen sich besonders als Lernsituationen für den Unterricht im Lernfeld, weil sie neben den fachlichen Aspekten der Technologie und der Werkstofftechnik auch noch Inhalte der Arbeitsplanung und technische Berechnungen enthalten. Dies gilt ebenso für die **erweiterte Beispielsammlung Kapitel 7**. Besonderer Wert liegt auf dem Anwendungsbezug und der Problemorientierung sowie der Relevanz zur Abschlussprüfung Teil 2.

Um das Unterrichtskonzept „Lernen im Lernfeld“ zu stärken, sind auf den Seiten 346 bis 365 die Lernfelder 5 bis 14 für Werkzeugmechaniker/innen bearbeitet. Für jedes Lernfeld wird ein Vorschlag für einen Lerngegenstand gemacht und das Lernfeld in Lernsituationen aufgeteilt.

Das Medienpaket (siehe Umschlaginnenseite vorne) enthält über 700 Bilder und Tabellen, die **Lösungsvorschläge** für die im Buch gestellten Wiederholungsfragen sowie Animationen und Präsentationen aus dem Fertigungsbereich Stanz- und Umformtechnik.

Die mit roten Zahlen gekennzeichneten Wiederholungsfragen haben einen erhöhten Schwierigkeitsgrad.

Im Sachwortbereich werden die technischen Fachbegriffe sowohl in deutscher als auch in **englischer Sprache** angegeben, um das Textverständnis in englischer Fachliteratur zu fördern.

Besonderer Dank gilt den auf Seite 367 aufgeführten Firmen und Organisationen, die den Autoren wertvolle Unterstützung gewährten.

Für Anregungen und kritische Hinweise an die E-Mail-Adresse lektorat@europa-lehrmittel.de, die zu einer weiteren Vervollständigung und Verbesserung des Buches beitragen können, sind Autoren und Verlag aufgeschlossen und dankbar.

Eisingen, im Frühjahr 2025

Autoren und Verlag

1 Stanztechnik

Seite 7 ... 117

1

2 Formenbau

Seite 118 ... 199

2

3 Vorrichtungsbau

Seite 200 ... 249

3

4 Messgeräte und Lehren

Seite 250 ... 270

4

5 Bearbeitungsverfahren im Werkzeugbau

Seite 271 ... 300

5

6 Werkstoffe und Wärmebehandlungsverfahren

Seite 301 ... 325

6

7 Beispielsammlung mit Analysen

Seite 326 ... 345

7

8 Lernfelder mit Lernsituationen

Seite 346 ... 365

8

	1	Stanztechnik	7	1.13	Großwerkzeuge in der Stanztechnik ..	96
	1.1	Begriffsbestimmungen	7	1.13.1	Aufbau der Werkzeuge	96
1	1.2	Zerteilen	7	1.14	Rechnergestützte Konstruktion von Stanzwerkzeugen	98
	1.2.1	Scherschneiden	7	1.14.1	Arbeitsschritte	98
	1.2.2	Scherschneidverfahren	8	1.15	Alternative Verfahren zur Stanztechnik	102
	1.2.3	Lage der Schneiden beim Scherschneiden	9	1.16	Pressen und Hilfseinrichtungen der Stanztechnik	104
	1.2.4	Schneidvorgang	10	1.16.1	Pressenarten	104
2	1.3	Schneidwerkzeuge	11	1.16.2	Wirkungsweise der Pressen	109
	1.3.1	Einteilung nach dem Fertigungsverfahren	11	1.16.3	Auswahl von Pressen	112
	1.3.2	Einteilung nach dem Fertigungsablauf	11	1.16.4	Zusatzgeräte an Pressen	113
	1.3.3	Einteilung nach dem konstruktiven Aufbau	16	1.16.5	Werkzeugeinbau und Werkzeugüberwachung	114
	1.3.4	Besondere Schneidwerkzeuge	19	1.16.6	Sicherheitseinrichtungen an Pressen ..	114
3	1.4	Bauelemente der Schneidwerkzeuge ..	24	1.17	Instandhaltung im Werkzeugbau	115
	1.4.1	Grundplatte	24	1.17.1	Instandhaltungsstrategien	115
	1.4.2	Schneidplatte	24	1.17.2	Vorgehensweise im Werkzeugbau	116
	1.4.3	Streifenführungselemente	26	1.17.3	Standort der Instandhaltung	117
	1.4.4	Führungsplatte	27	2	Formenbau	118
	1.4.5	Spannplatte	27	2.1	Fertigungsverfahren	118
	1.4.6	Schneidstempel	28	2.2	Kokillengießen	118
	1.4.7	Aufschlagstücke	29	2.3	Druckgießen	119
	1.4.8	Stempelplatte	30	2.3.1	Warmkammerverfahren	120
	1.4.9	Druckplatte	30	2.3.2	Kaltkammerverfahren	121
4	1.4.10	Kopfplatte	30	2.3.3	Druckgießmaschinen	122
	1.4.11	Einspannzapfen	30	2.3.4	Richtlinien für die Gestaltung von Druckgießteilen	122
	1.4.12	Säulengestelle	31	2.3.5	Aufbau der Druckgießwerkzeuge	123
	1.4.13	Federelemente	33	2.3.6	Eingießen von Fremdmetalteilen	127
	1.4.14	Vorschubbegrenzung	34	2.3.7	Kühlen der Form	127
	1.4.15	Werkstück- und Abfallentfernung	37	2.4	Form- und Spritzpressen	128
5	1.5	Werkstoffbeispiele für die Bauteile eines Schneidwerkzeuges	40	2.4.1	Formpressen	128
	1.6	Einflüsse auf die Gestaltung von Schneidwerkzeugen	42	2.4.2	Spritzpressen	129
	1.6.1	Schneidspalt und Spiel	42	2.4.3	Beheizung von Press- und Spritzpresswerkzeugen	130
	1.6.2	Schnittgrat	44	2.5	Spritzgießen	131
	1.6.3	Schneidkraft	45	2.5.1	Vorgänge beim Spritzgießen	131
	1.6.4	Kräfte am Werkzeug	47	2.5.2	Spritzgießmaschine	135
	1.6.5	Werkstoffausnutzung	50	2.5.3	Gestaltung von Spritzgießteilen	139
6	1.7	Keilschneiden	57	2.5.4	Aufbau von Spritzwerkzeugen	142
	1.7.1	Messerschneiden	57	2.5.5	Gießformen aus Normalien	157
	1.8	Stechen	58	2.5.6	Sonderbauarten von Werkzeugen	175
	1.9	Unfallverhütung an Schneidwerkzeugen	59	2.5.7	Sonderverfahren beim Spritzgießen ..	176
	1.10	Fallbeispiel: Folgeschneidwerkzeug ..	60	2.5.8	Prototypen	181
	1.10.1	Aufgabenstellung	60	2.6	Additive Fertigung	181
	1.10.2	Vorüberlegungen	60	2.6.1	Stereolithographie (SL)	182
	1.10.3	Werkzeugaufbau	61	2.6.2	Solidier-Verfahren	182
7	1.11	Verfahren der Umformtechnik	62	2.6.3	Selektives Laser-Sintern	183
	1.11.1	Druckumformen	62	2.6.4	Laminated Layer Manufacturing (LLM) .	183
	1.11.2	Zug-Druckumformen	71	2.6.5	Fused Layer Modeling (FLM)	184
	1.11.3	Zugumformen	81	2.6.6	3-D-Plotten (3DP)	184
	1.11.4	Biegeumformen	81	2.6.7	Vakuummießverfahren	184
	1.11.5	Umformwerkzeuge mit Wirkmedien ..	88	2.7	Extrudieren	185
	1.11.6	Innenhochdruckumformen	89	2.7.1	Vollstabwerkzeug	186
8	1.12	Verbundwerkzeuge	91	2.7.2	Rohrwerkzeug	187
	1.12.1	Folgeverbundwerkzeuge	91	2.7.3	Blasformen von Hohlkörpern	188
	1.12.2	Aufbau der Folgeverbundwerkzeuge ..	92	2.7.4	Warmumformen	191
	1.12.3	Gesamtverbundwerkzeuge	95			

2.8 Urformen von Sinterwerkstoffen 194

2.8.1 Allgemeines 194

2.8.2 Aufbau und Wirkungsweise eines Presswerkzeuges 195

2.9 Kontrolle und Erprobung von Werkzeugen im Formenbau 195

2.10 Instandhaltung und Wartung von Werkzeugen im Formenbau 196

2.11 Fallbeispiel: Spritzgießwerkzeug 198

2.11.1 Aufgabenstellung 198

2.11.2 Vorüberlegungen 198

2.11.3 Werkzeugaufbau 199

3 Vorrichtungsbau **200**

3.1 Allgemeines 200

3.1.1 Begriffsbestimmung 200

3.1.2 Verwendungszweck 200

3.1.3 Einteilung der Vorrichtungen 200

3.1.4 Aufbau einer Vorrichtung 201

3.1.5 Vorgänge bei der Bedienung einer Vorrichtung 201

3.2 Grundlagen des Vorrichtungsbaues .. 202

3.2.1 Lagebestimmung 202

3.2.2 Wahl der Bestimmflächen 202

3.2.3 Bestimmelemente 202

3.2.4 Einlegen und Entnehmen des Werkstückes 205

3.2.5 Spannen des Werkstückes 207

3.2.6 Spannkräfte 207

3.2.7 Spannelemente 207

3.2.8 Hilfsspannelemente 212

3.2.9 Bedienelemente 216

3.2.10 Vorrichtungenschlüsse 217

3.2.11 Feststellelemente 218

3.2.12 Vorrichtungskörper 219

3.2.13 Aufnahme der Vorrichtung in der Werkzeugmaschine 220

3.3 Vorrichtungsarten 223

3.3.1 Bohrvorrichtungen 223

3.3.2 Fräsvorrichtungen 229

3.3.3 Drehvorrichtungen 233

3.3.4 Fügevorrichtungen 236

3.4 Werkstückträger 238

3.4.1 Palettierung 238

3.4.2 Anwendung von Mehrfachspannsystemen 239

3.4.3 Nullpunktspannsysteme 240

3.4.4 Werkstückspanner für 5-Achsbearbeitung 242

3.4.5 Werkstückspanner für komplex geformte Werkstücke 243

3.5 Modulare Vorrichtungssysteme 244

3.5.1 Baukastensysteme 244

3.5.2 Bauelemente 245

3.5.3 Vorgehensweise bei der Erstellung einer Vorrichtung 245

3.5.4 Anwendung 246

3.5.5 Sondervorrichtungen 247

3.6 Fallbeispiel: Fräsvorrichtung 248

3.6.1 Aufgabenstellung 248

3.6.2 Vorüberlegungen 248

3.6.3 Vorrichtungsaufbau 249

4 Messgeräte und Lehren **250**

4.1 Allgemeines 250

4.1.1 Begriffsbestimmung 250

4.1.2 Prüfmittel 250

4.2 Maßverkörperungen 251

4.2.1 Strichmaße 251

4.2.2 Parallelendmaße 251

4.3 Anzeigende Messgeräte 252

4.3.1 Grundbegriffe 252

4.3.2 Messverfahren 252

4.3.3 Messschrauben 253

4.3.4 Messuhren und Feinzeiger 253

4.4 Optische Messgeräte 254

4.4.1 Messmikroskop 254

4.4.2 Profilprojektor 255

4.5 Optisch-elektrische Messgeräte 255

4.5.1 Inkrementale Messtaster 255

4.6 Elektrische Messgeräte 256

4.6.1 Allgemeines 256

4.6.2 Induktive Messtaster 256

4.6.3 Induktive Messdorne 257

4.6.4 Mehrstellenmessgeräte 257

4.7 Pneumatische Messgeräte 258

4.7.1 Messverfahren 258

4.7.2 Messaufnehmer 259

4.7.3 Messanordnung 259

4.8 Winkelprüfung 260

4.8.1 Winkelendmaße 260

4.8.2 Sinuslineal 260

4.9 Koordinaten-Messgeräte 261

4.9.1 Einkoordinaten-Messgeräte 261

4.9.2 Dreikoordinaten-Messgeräte 262

4.9.3 Messaufnahmesysteme 264

4.10 Lehren 265

4.10.1 Überprüfen und Instandsetzen von Prüfmitteln 267

4.11 Digitalisieren 269

4.11.1 Digitalisieren mittels Tastkopf 269

4.11.2 Digitalisieren mittels optischer Verfahren 269

4.11.3 Digitalisieren mittels Röntgenstrahlen 270

4.11.4 Aufbereiten der Abtastdaten 270

5 Bearbeitungsverfahren im Werkzeugbau **271**

5.1 Allgemeine Verfahren 271

5.1.1 Vorrichten und Anreißen 271

5.1.2 Stoßen 272

5.1.3 Fräsen mit konventioneller Fräsmaschine 272

5.2 Fräsen mit CNC-Fräsmaschinen 274

5.2.1 Anforderungen an die CNC-Fräsmaschine 274

5.2.2 Einteilung der CNC-Fräsmaschinen 274

5.2.3 Bearbeitungszentrum 275

5.2.4 Programmieren von CNC-Fräsmaschinen 276



1 Stanztechnik

1.1 Begriffsbestimmungen

Das Stanzen gehört zu den spanlosen Fertigungsverfahren. Der Begriff fasst mehrere Schneid-, Umform- und Formverfahren zusammen (**Tabelle 1**). Mit einem Stanzwerkzeug kann man beispielsweise zerteilen, umformen oder fügen.

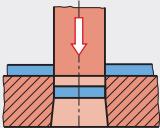
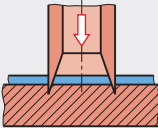
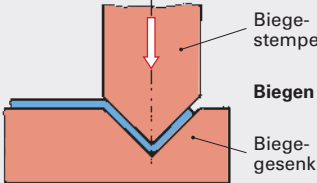
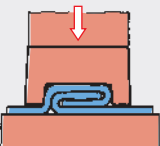
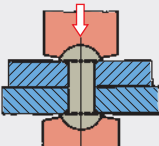
Mit Hilfe der Stanztechnik fertigt man vorwiegend Werkstücke aus Blechstreifen, Metallbändern, Platten oder Bahnen aus Kunststoff, Papier, Leder, Textilien und aus Dichtungswerkstoffen. Die zweiteiligen, formgebundenen Werkzeuge werden meist in Pressen eingebaut und besitzen ein Ober- und ein Unterteil.

Die eingesetzten Werkzeuge bezeichnet man als Zerteilwerkzeuge, Umformwerkzeuge und Fügewerkzeuge. In Verbundwerkzeugen können die einzelnen Verfahren kombiniert werden.

Zerteilen ist nach DIN 8588 ein spanloses Trennverfahren. Die hauptsächlich angewendeten Verfahren sind das Scherschneiden und das Keilschneiden.

Durch **Umformen** (DIN 8582) kann an einem festen Körper eine bleibende Formänderung herbeigeführt werden. Die Benennung der Werkzeuge erfolgt meist durch die Angabe des Fertigungsverfahrens, z. B. Biegewerkzeug.

Fügen ist nach DIN 8593 das Zusammenbringen zweier oder mehrerer Werkstücke in fester Form durch Einpressen, Falzen oder Nieten.

Verfahren	Werkzeuge und Vorgang
Zerteilen	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Scherschneiden</p>  <p>z.B. Ausschneiden</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Keilschneiden</p>  <p>z.B. Messerschneiden</p> </div> </div>
Umformen	 <p>Biegestempel Biegen Biegegesenk</p>
Fügen	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Falzen</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Nieten</p>  </div> </div>

1.2 Zerteilen

1.2.1 Scherschneiden

Scherschneiden ist das Zerteilen von Werkstoffen durch zwei Schneiden, die sich aneinander vorbeibewegen.

Der Verlauf der Schneiden am Werkzeug und der Verlauf der Schnittlinien am Werkstück können dabei sowohl offen als auch geschlossen sein (**Bild 1**).

Begriffe, die das Werkzeug betreffen, erhalten die Stammsilbe „Schneid-“, wie z. B. Schneidstempel, Schneidplatte (**Bild 2 a**). Begriffe, die das Werkstück betreffen, erhalten die Stammsilbe „Schnitt-“, wie z. B. Schnittfläche, Schnittkante (**Bild 2 b**).

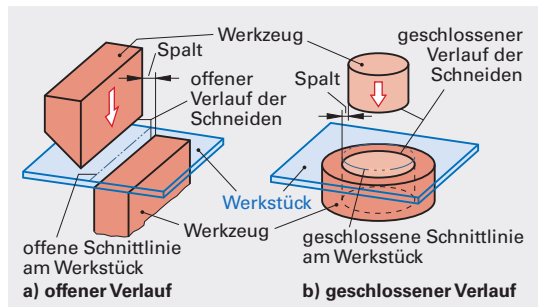


Bild 1: Scherschneiden

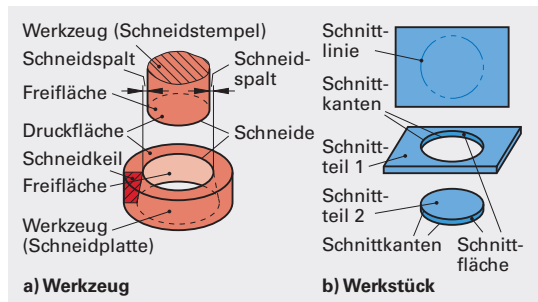


Bild 2: Begriffe am Werkzeug und am Werkstück

1.2.2 Scherschneidverfahren

Die Fertigungsverfahren beim Scherschneiden können unter anderem nach der Lage der Schnittlinie eingeteilt werden. Die einzelnen Verfahren heißen:

- ➔ **Ausschneiden**
- ➔ **Abschneiden**
- ➔ **Lochen**
- ➔ **Ausklinken**
- ➔ **Einschneiden**
- ➔ **Beschneiden mit Abgratschneiden**
- ➔ **Nachschneiden**
- ➔ **Trennschneiden**
- ➔ **Knabberschneiden**
- ➔ **Feinschneiden**

Tabelle 1: Scherschneidverfahren


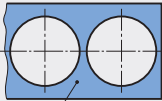


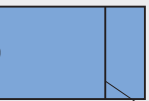


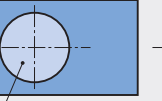
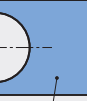
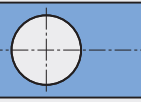
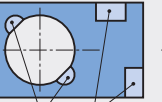

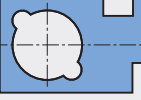



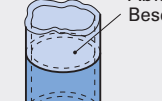


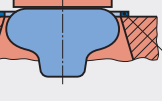

Verfahren	Ausgangsform	Fertigungsablauf	Endform	Anwendung
Ausschneiden ist das Schneiden längs einer in sich geschlossenen Schnittlinie zur Herstellung der Außenform eines Werkstückes.				Werkstücke mit genauen Außenformen
Abschneiden ist das Schneiden entlang einer offenen Schnittlinie. Das Abschneiden kann ohne oder mit Abfall erfolgen.				Einfache Werkstücke, Außenform wird nur teilweise geschnitten
Lochen ist das Schneiden des Werkstoffes längs einer in sich geschlossenen Schnittlinie zur Herstellung beliebiger Innenformen.				Werkstücke mit genauen Innenformen
Ausklinken ist das Herausschneiden von Flächenteilen an der Außen- oder Innenform längs einer offenen Schnittlinie.				An Werkstücken, die nicht in einem Arbeitsgang bearbeitbar sind
Einschneiden ist das teilweise Trennen am oder im Werkstück entlang einer offenen Schnittlinie.				Vorbereitung für Biege- und Zieharbeiten
Beschneiden ist das Trennen von Rändern oder Bearbeitungszugaben an Werkstücken längs einer offenen oder geschlossenen Schnittlinie.				Form- und maßgenaue Teile Abgraten von Rändern
Abgratschneiden ist das Entfernen der Grate an Guss-, Schmiede- oder Formpressteilen.				Überstehender Werkstoff an Guss- und Schmiedeteilen, der scharfe Kanten erzeugt

Tabelle 1: Scherschneidverfahren (Fortsetzung)				
Verfahren	Ausgangsform	Fertigungsablauf	Endform	Anwendung
<p>Nachschnneiden ist das Abtrennen schmaler Ränder entlang offener oder in sich geschlossener Schnittlinien an vorgeschrittenen Werkstücken.</p>				Vorgeschrittene Werkstücke, die eine glatte, senkrechte Schnittfläche benötigen
<p>Trennschnneiden ist das Schneiden längs einer offenen oder in sich geschlossenen Schnittlinie, wobei aus der Ausgangsform mehrere Werkstücke hergestellt werden.</p>				Endformen, die aus demselben Ausgangsteil bestehen sollen
<p>Knabberschnneiden ist das stückweise Abtrennen von Werkstoffteilchen entlang einer offenen Schnittlinie bei einer beliebig verlaufenden Vorschublinie.</p>				Werkstücke, die von Hand oder mit einer Maschine bearbeitet werden und eine freie Kontur besitzen.
<p>Feinschnneiden ist das Schneiden eines Werkstoffes zur Herstellung von Innen- und Außenformen, die rechtwinklig zur Planfläche des Werkstückes liegen und eine geringe Oberflächenrauheit aufweisen.</p>				Dicke Werkstücke, die eine genaue, rechtwinklige und glatte Schnittfläche benötigen

1.2.3 Lage der Schneiden beim Scherschneiden

Scherschneiden lässt sich auch nach der Lage der Schneiden zueinander und nach dem Arbeitsvorgang unterscheiden und bezeichnen (**Tabelle 2**).

Tabelle 2: Einteilung des Scherschneidens		
	Vollkantig Schneiden	Kreuzend Schneiden
Drückende Schneiden	 einhubiges Scherschneiden	 einhubiges oder mehrhubiges Scherschneiden
Ziehende Schneiden	 mehrhubiges, fortschreitendes Scherschneiden	 kontinuierliches Scherschneiden

1.2.4 Schneidvorgang

Beim Scherschneiden mit Schneidwerkzeugen wird der Werkstoff mit dem Schneidstempel und der Schneidplatte zerteilt. Der Schneidvorgang läuft in mehreren Stufen ab (**Bild 1**).

1. Stufe: Elastische Verformung

Der Werkstoff wird durch den eindringenden Stempel zunächst elastisch verformt.

2. Stufe: Bleibende Verformung

Beim weiteren Eindringen des Stempels in den Werkstoff werden die Werkstofffasern noch weiter gedehnt. Die Elastizitätsgrenze des Werkstoffes wird überschritten, so dass eine bleibende Verformung eintritt. Der Werkstoff wird von außen nach innen zur Schneide des Stempels gezogen. Dadurch bilden sich am Schnittteil Einziehungen.

3. Stufe: Abscherung

Dringt der Stempel noch weiter ein, wird die Scherfestigkeit des Werkstoffes überschritten. Der Werkstoff wird an der Schneidekante der Schneidplatte und des Schneidstempels abgeschert und bildet Schnittflächen. Im weiteren Verlauf entstehen von den Schneidkanten aus Risse, die aufeinander zulaufen.

4. Stufe: Bruch

Die Festigkeit des Restquerschnittes ist jetzt so gering, dass sich die Rissbildung beim weiteren Eindringen des Stempels fortsetzt, bis der Bruch des Werkstoffes eintritt. Die Bruchfläche verläuft jedoch nicht senkrecht, sondern schräg zur Schnittstreifen- bzw. Schnittteiloberfläche.

5. Stufe: Glättung der Schnittflächen

Nach dem Trennen des Werkstoffes wird der zurückgleitende Stempel an den Seitenflächen durch den Werkstoff stark beansprucht. Beim Rückhub drücken die Rückverformungskräfte F_e (Elastizität des Werkstoffes) auf den Stempel. Dadurch entsteht eine weitere Glättung der Schnittfläche. Durch einen Abstreifer muss der anhaftende Streifen abgestreift werden, wenn der Stempel zurückgeht.

6. Stufe: Rückfederung

Nach dem Rückhub des Stempels federt der Werkstoff zurück. Diese Rückfederung führt dazu, dass Lochungen etwas kleiner und ausgeschnittene Teile etwas größer als der Stempeldurchmesser bzw. der Schneidplattendurchbruch werden.

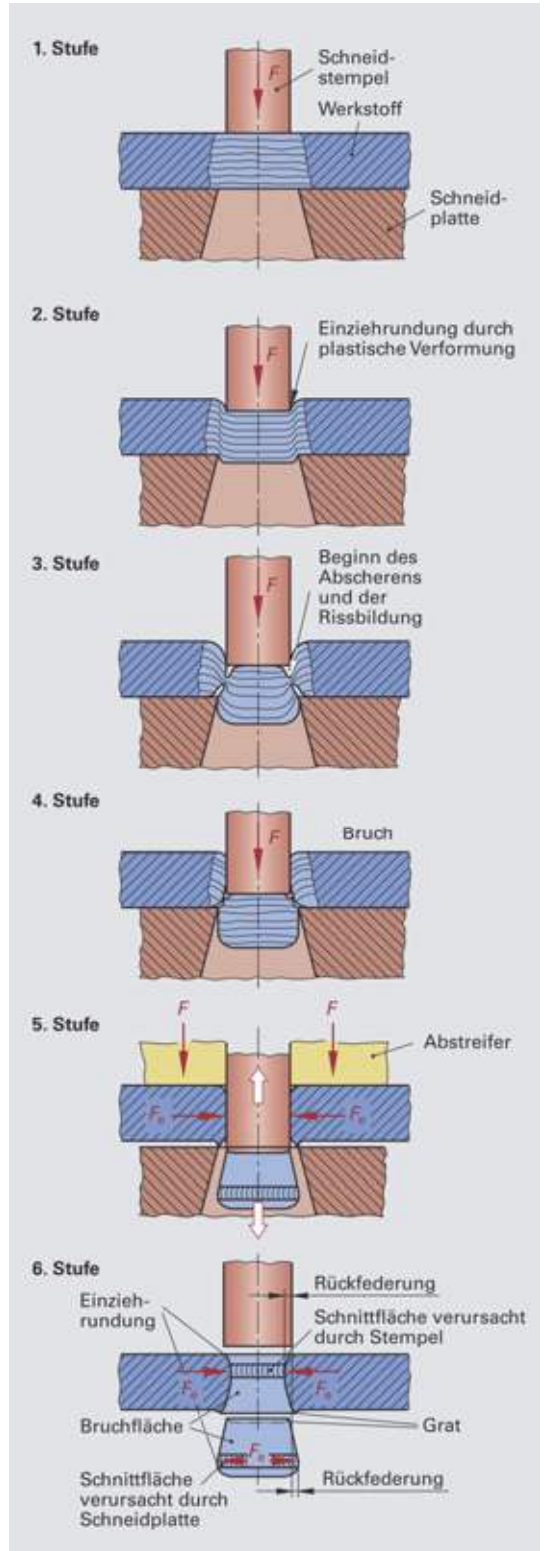


Bild 1: Schneidvorgang

1.3 Schneidwerkzeuge

Nach DIN 8588 werden Werkzeuge für das Scherschneiden kurz als Schneidwerkzeuge bezeichnet. Die Benennung kann dabei nach folgenden Gesichtspunkten erfolgen: Fertigungsverfahren, Fertigungsablauf, konstruktiver Aufbau.

1.3.1 Einteilung nach dem Fertigungsverfahren

Die Fertigungsverfahren des Scherschneidens werden in der Tabelle 1 auf der Seite 8 aufgeführt und dargestellt. Die zugehörigen Werkzeuge werden dementsprechend als Ausschneidwerkzeuge, Abschneidwerkzeuge, Lochwerkzeuge usw. bezeichnet.

1.3.2 Einteilung nach dem Fertigungsablauf

Werden die Schneidwerkzeuge nach dem Fertigungsablauf unterteilt, so wird die Anzahl der im Schneidwerkzeug angewendeten Verfahren sowie deren Reihenfolge zur Bezeichnung herangezogen (**Bild 1**).

1.3.2.1 Einverfahrschneidwerkzeuge

Beim Einverfahrschneidwerkzeug kommt immer nur ein Verfahren zur Anwendung, z. B. Abschneiden oder Lochen oder Beschneiden.

Mit dem Ausschneidwerkzeug können Schnittteile mit einer Endform oder mit einer Zwischenform, einer so genannten Platine, hergestellt werden (**Bild 2**). Das ausgeschnittene Teil kann dann in ein Lochwerkzeug eingelegt und gelocht werden. Für jeden Arbeitsgang ist ein Hub und ein eigenes Werkzeug erforderlich.

Der Werkstoffstreifen wird eingeschoben und an einem Anlagewinkel angeschlagen. Der Anlagewinkel dient als Anschlag, so dass damit eine gleich bleibende Stegbreite am Schnittstreifen entsteht und der Stempel allseitig schneiden muss. Bild 2 zeigt das Arbeitsprinzip.

Die Genauigkeit der Lage der Innen- zu der Außenform hängt sowohl von der Güte der Werkstückaufnahme als auch von der jeweiligen Stempelführung ab. Wird nur ein Verfahren angewendet, so hängt die Genauigkeit allein von der Stempelführung ab. Damit das Werkzeug auf den Pressentisch gespannt werden kann, sind die Werkzeuge mit einer Grundplatte versehen. Weil der Werkstoff beim Zerteilen zurückfedert, nimmt der hochgehende Stempel den Schnittstreifen mit, der dann an einer Abstreiferplatte zurückgehalten wird (**Bild 3**).

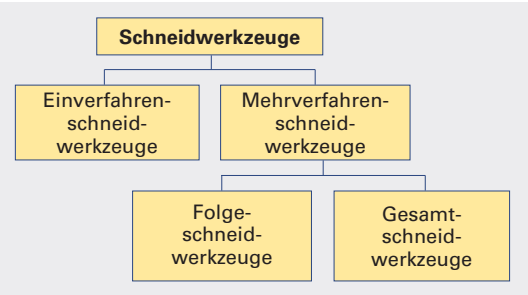


Bild 1: Einteilung der Schneidwerkzeuge nach dem Fertigungsablauf

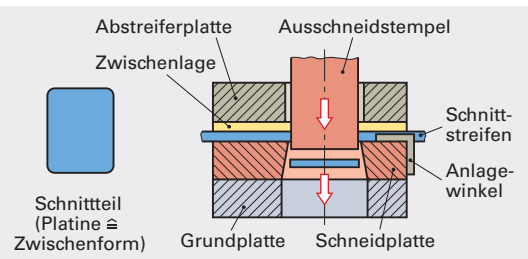


Bild 2: Arbeitsprinzip beim Einverfahrschneidwerkzeug

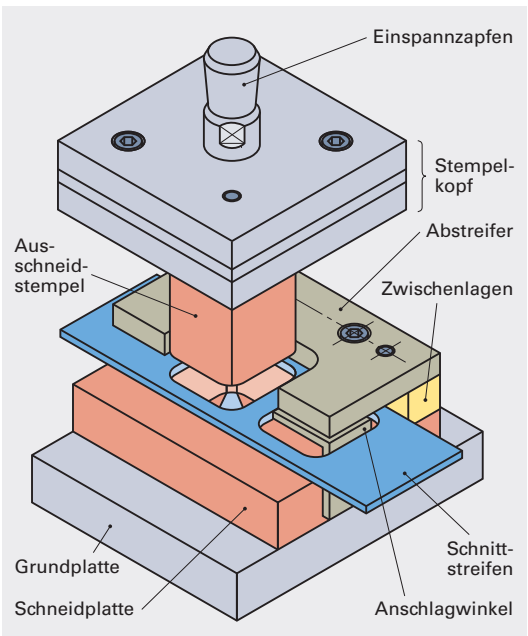


Bild 3: Ausschneidwerkzeug ohne Führung

Das vorgeschchnittene Werkstück (Platine) kann in einem zweiten Werkzeug, z. B. einem Lochwerkzeug, weiterverarbeitet werden. Für die genaue Lagebestimmung der eingelegten Platinen wird eine **Werkstückaufnahme** vorgesehen, die gleichzeitig auch als Zwischenlage dient. Diese bestimmt den notwendigen Abstand zwischen dem Abstreifer und der Schneidplatte (**Bild 1**).

Für das Entfernen des gelochten Schnittteiles aus dem Werkzeug wird sowohl ein **Abstreifer** vorgesehen, der das Werkstück von den hochgehenden Stempeln abstreift, als auch ein **Auswerfer**, der es aus dem Werkzeug befördert (**Bild 1**). Ist dies nicht möglich, so werden zum Entfernen die Einlegehilfen, wie Pinzetten, Zangen usw. oder Druckluft verwendet.

Wird aus bestimmten Gründen gefordert, dass die entstehenden Grate jeweils auf einer Seite liegen sollen, so wird dies durch ein entsprechendes Einlegen der Platine erreicht (z. B. Gratseite nach unten oder Gratseite nach oben).

Die Stempel sind, wenn nur kleine Stückzahlen gefertigt und geringe Genauigkeitsansprüche gestellt werden, ohne eigene Führung, das heißt, sie werden nur durch den Pressenstößel geführt, in den das Werkzeugoberteil eingespannt ist. Sollen hingegen genaue Schnittteile und große Stückzahlen angefertigt werden, so müssen die Stempel zusätzlich geführt werden, und die Abstreiferplatte erhält die Funktion einer Führungsplatte (**vgl. Bild 1, Seite 27**).

Damit das Werkzeug besser und leichter auf dem Pressentisch befestigt werden kann, ist es sinnvoll eine **Grundplatte** zu verwenden (**Bild 2**).

Wird zum Beispiel nur ausgeschnitten, so ist es zweckmäßig, die Schneidplatte in eine Spannplatte (Spannfrosch) aus Gusseisen einzusetzen (**Bild 3**). Dabei erhält die Schneidplatte einen Außen- und der Spannring einen Innenkegel. Der **Spanning** wird mit einem Feingewinde oder mit 4 bis 6 Zylinderschrauben gegen die Spannplatte gezogen. Er zentriert durch den Kegel die Schneidplatte. Bei dieser Ausführung kann die Schneidplatte leicht ausgewechselt und eine Spannplatte für viele Werkzeuge ähnlicher Größe verwendet werden.

Einverfahrenwerkzeuge werden überwiegend bei einfachen und großen Schnittteilen angewendet.

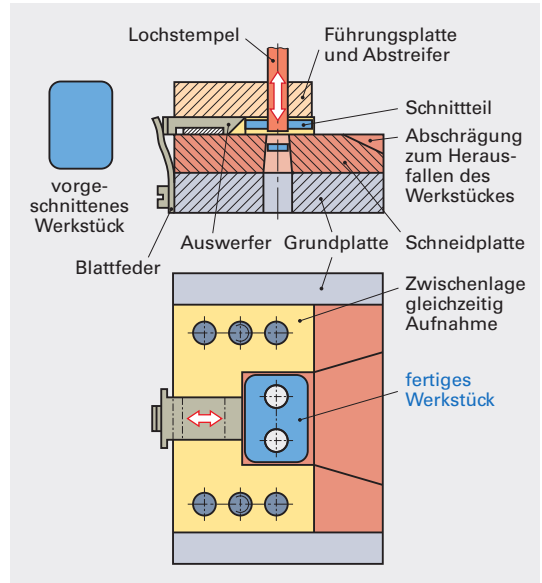


Bild 1: Arbeitsprinzip beim Einverfahren-Lochwerkzeug

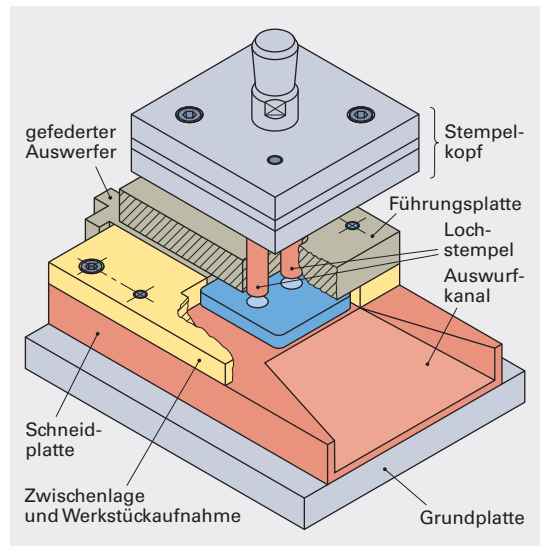


Bild 2: Ausführung eines Lochwerkzeugs

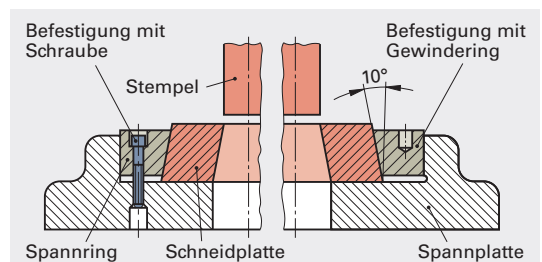


Bild 3: Spannplatte

1.3.2.2 Mehrverfahrenwerkzeuge

Folgeschneidwerkzeug

Beim Folgeschneiden werden verschiedenartige Schneidverfahren nacheinander und in direkter Folge in einem Werkzeug angewendet (**Bild 1**).

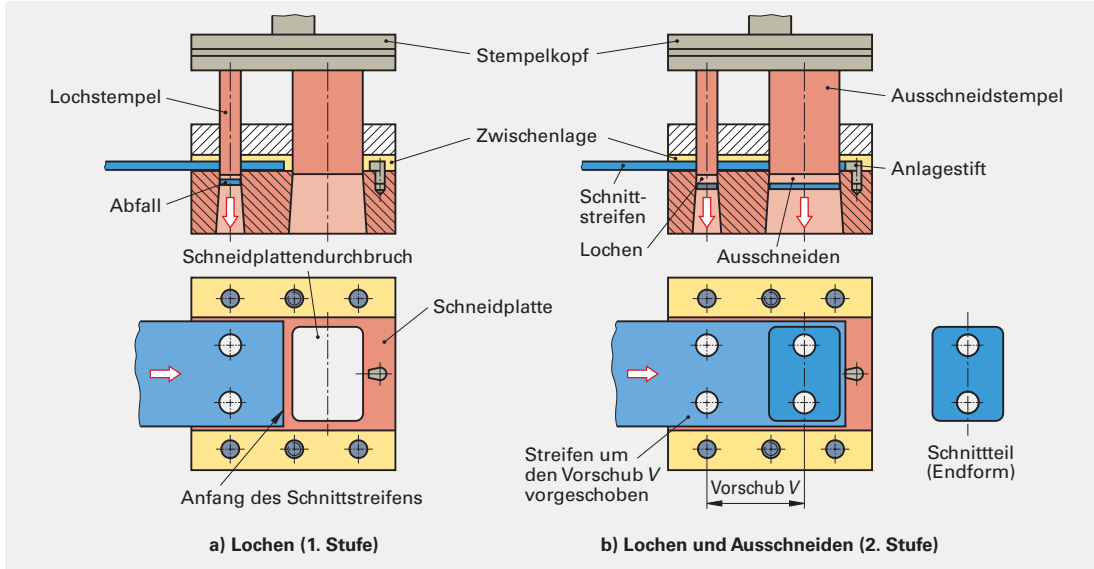


Bild 1: Arbeitsprinzip beim Folgeschneiden

Soll das Schnittteil **Bild 1b** hergestellt werden, so wird mit einem Hub der Schnittstreifen sowohl gelocht, als auch der bereits gelochte Teil des Schnittstreifens ausgeschnitten. Anschließend muss der Streifen exakt um den **Vorschub V** vorgeschoben werden, damit die Lage der Löcher zum Schneidplattendurchbruch für das Ausschneiden genau stimmt.

Die Herstellung eines Schnittteiles erfolgt in mehreren Hübten. Die Anzahl ist davon abhängig, in wie viel Stufen der Fertigungsablauf aufgeteilt wird. Bei dem Schnittteil **Bild 1** sind zwei Hübte notwendig: einmal Lochen und einmal Ausschneiden.

Durch die Aufteilung der Fertigung in Stufen ist es möglich auch schwierige Werkstückformen bei großer Maßgenauigkeit herzustellen. Der Aufwand lohnt sich allerdings nur bei größeren Stückzahlen.

Besonderheiten bei Folgeschneidwerkzeugen

Die gewählte Aufteilung der Fertigung in mehrere Stufen führt zu dünnen Stempeln, die dann im Werkzeug durch Platten und Säulen gestützt werden. Dies erst führt zur notwendigen Lagegenauigkeit und Stabilität der Stempel (**Bild 2**).

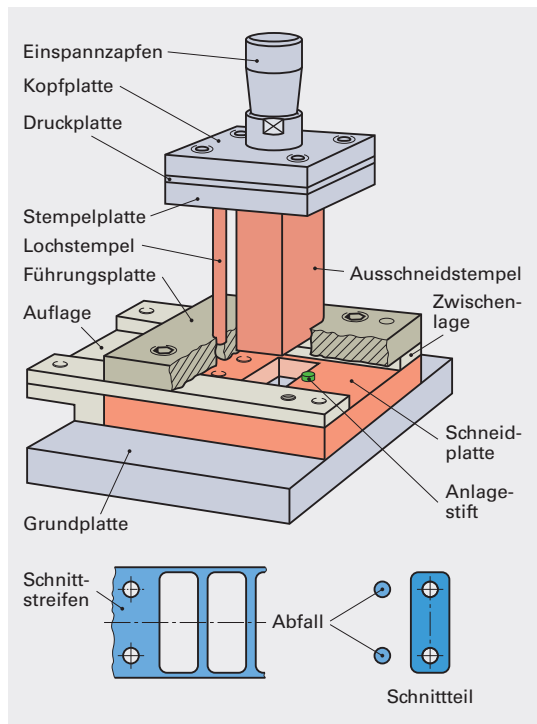


Bild 2: Folgeschneidwerkzeug mit Plattenführung

Eine große Anzahl von Stufen führt zu einer Verlängerung der Schneidplatte und zu einer Verlängerung des Folgeschneidwerkzeuges.

Wäre z. B. eine zusätzliche Rechtecklochung im Schnittteil (**Bild 1**) verlangt, so würden die Abstände „a“ zwischen den Schneidkanten der Bohrung und der Rechtecklochung sehr klein werden. Beim Härten oder beim Schneidvorgang könnten dann an diesen Stellen Risse auftreten. Deshalb muss eine zusätzliche Stufe für das Lochen eingebaut werden.

Liegen die Durchbrüche von zwei aufeinander folgenden Stufen zu dicht beieinander, so kann mit einer „Leerstufe“ gearbeitet werden.

Folgeschneidwerkzeuge werden für kleinere, komplizierte Schnittteile verwendet, wenn diese in größeren Stückzahlen gefertigt werden.

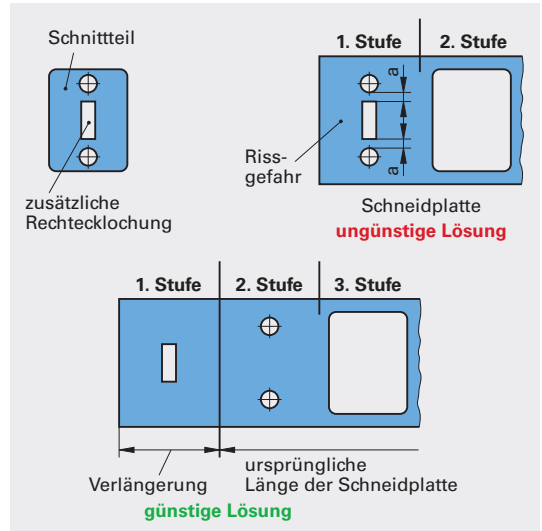


Bild 1: Lage der Schneidplattendurchbrüche

Gesamtschneidwerkzeuge

Beim Gesamtschneiden werden in einem Werkzeug verschiedenartige Schneidverfahren gleichzeitig angewendet (**Bild 2**).

Beim Gesamtschneiden ist der Ausschneidstempel im Unterteil des Werkzeuges befestigt. Er dient gleichzeitig als Schneidplatte für die Innenform (**Bild 2 a**).

Bewegen sich die Lochstempel und die Ausschneidplatte durch die Pressenbewegung nach unten, so dringen sie zuerst in den Schnittstreifen ein. Anschließend dringen die Lochstempel etwas in ihren Schneidplattendurchbruch ein und drücken die Butzen nach unten. Gleichzeitig drückt die Ausschneidplatte den Streifen und den gefederten Abstreifer nach unten. Der Schnittstreifen umgibt dann den Ausschneidstempel.

Das Schnittteil wird dadurch in die Ausschneidplatte hineingedrückt, wobei der gefederte Ausstoßer nach oben geschoben wird (**Bild 2 b**).

Werden nun die Ausschneidplatte und die Lochstempel nach oben zurückbewegt, so drücken die Federn 1 den Abstreifer und somit auch den Streifen nach oben. Gleichzeitig drücken die Federn 2 und der Ausstoßer das Schnittteil nach unten in den Streifen zurück (**Bild 2 c**).

Beim Weiterschieben des Streifens wird das Schnittteil aus dem Streifen entfernt.

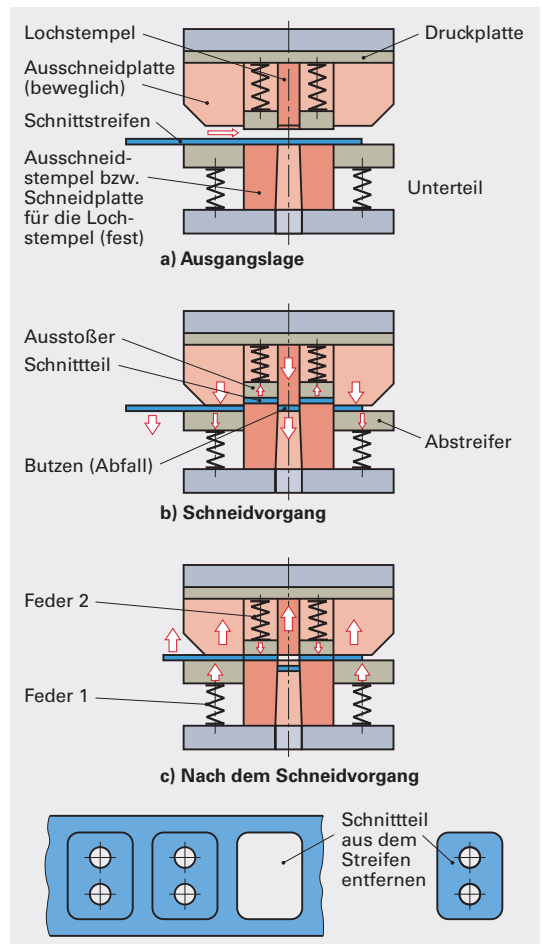


Bild 2: Arbeitsprinzip beim Gesamtschneiden

Zur Herstellung eines Schnittteiles ist immer nur ein Hub erforderlich, weil gleichzeitig gelocht und ausgeschnitten wird. Beim Gesamtschneiden können Werkstücke mit gleich bleibend exakter Lage der Innenform zur Außenform hergestellt werden.

Besonderheiten der Gesamtschneidwerkzeuge

Der Ausschneidstempel ist mit dem Unterteil verschraubt und verstiftet. Die Schneidplatte und der Lochstempel sind im Oberteil befestigt. Diese Anordnung von Stempel und Schneidplatte ist notwendig, damit der Abfall nach unten durch den Ausschneidstempel fallen kann (**Bild 1**).

Der **Ausstoßer** hat neben dem Ausstoßen des Schnittteiles die Aufgabe, die Lochstempel zu führen. Er muss deshalb in der Schneidplatte mit sehr geringem Spiel gleiten. Die Lochstempel sind auf diese Weise bis zum Eindringen in den Schnittstreifen geführt.

Sind die Lochstempel zu nahe beieinander oder liegen sie zu nah an der Außenform, so besteht die Gefahr, dass die Wanddicken in der Schneidplatte bzw. im Ausschneidstempel zu klein werden (**Bild 2**). An diesen Stellen können bei der Wärmebehandlung oder während des Werkzeugeinsatzes Risse entstehen.

Voraussetzung für die kleinen Lagetoleranzen (0,01 mm bis 0,02 mm) sind sehr genaue Führungen im Gesamtschneidwerkzeug (**Bild 3**).

Der Fertigungsaufwand wird sich erst lohnen, wenn die Werkstücke nicht nur sehr genau sein müssen, sondern auch in sehr großer Stückzahl benötigt werden.

Vorteilhaft ist, dass die beim Gesamtschneiden entstandenen Grate immer auf derselben Werkstückseite liegen.

Mit Gesamtschneidwerkzeugen werden Werkstücke hergestellt, bei denen die Lage der Innen- zur Außenform sehr genau sein muss und die in großen Stückzahlen benötigt werden.

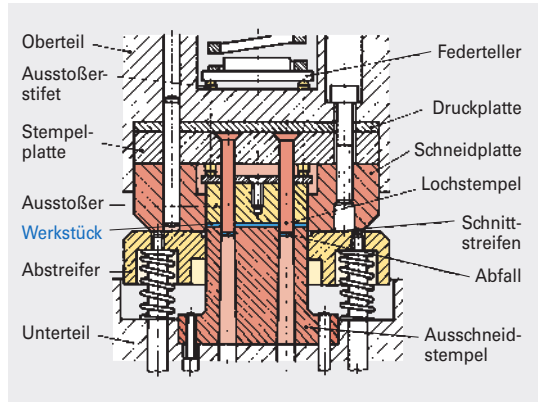


Bild 1: Hauptteile des Gesamtschneidwerkzeuges

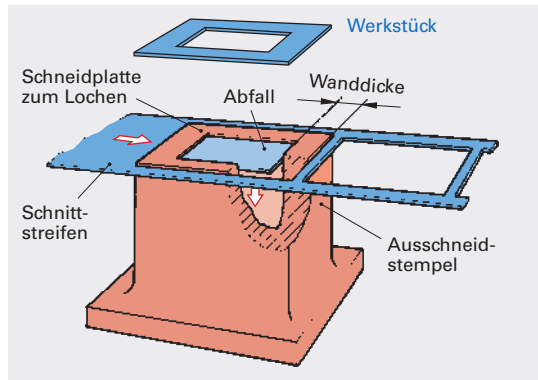


Bild 2: Ausschneidstempel

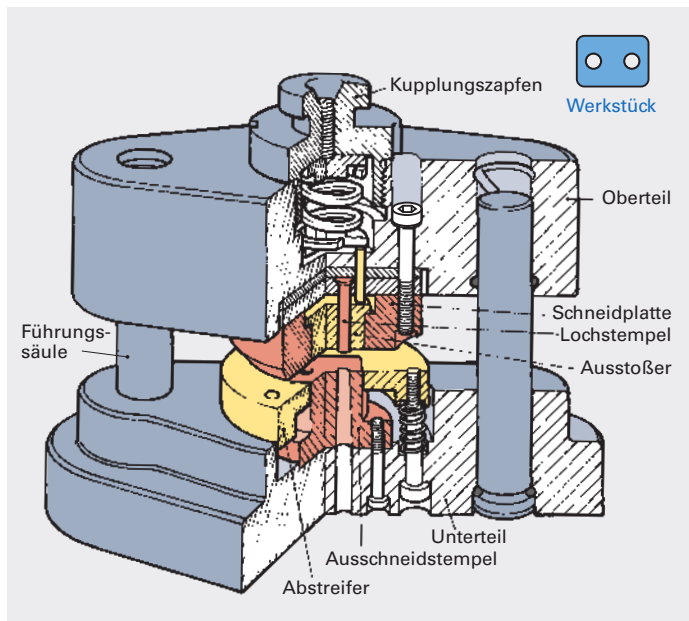


Bild 3: Gesamtschneidwerkzeug

1.3.3 Einteilung nach dem konstruktiven Aufbau

Werden Schneidwerkzeuge nach ihrem konstruktiven Aufbau unterteilt, so wird die Art der Stempelführung zur Bezeichnung verwendet (Bild 1).

1.3.3.1 Schneidwerkzeuge ohne Führung (Freischneidwerkzeuge)

Beim Schneidwerkzeug ohne Führung wird der Schneidstempel zum Werkzeugunterteil innerhalb des Schneidwerkzeuges nicht geführt. Die Führung erfolgt allein durch den Pressenstößel (Bild 2).

Schneidwerkzeuge ohne Führung sind einfache, kostengünstig herzustellende Schneidwerkzeuge. Sie werden meist als Einverfahrwerkzeuge zum Schneiden runder Scheiben oder von anderen einfachen Formen mit geringer Stückzahl verwendet.

1.3.3.2 Schneidwerkzeuge mit Führung

Bei diesen Werkzeugen erfolgt die Führung des Schneidstempels mit Hilfe von Führungsplatten, durch Führungssäulen oder durch die Schneidplatte.

Schneidwerkzeuge mit Plattenführung

Bei einem Schneidwerkzeug mit Plattenführung werden die einzelnen Stempel durch eine mit dem Werkzeug fest verbundene Führungsplatte in die Schneidplatte geführt (Bild 3).

Führungs- und Schneidplatte, Zwischenlagen und die Grundplatte sind mit Zylinderstiften fixiert und verschraubt. Die Stempel können daher seitlich nicht ausweichen und die Schneidplatte beschädigen (Bild 1, Seite 17).

Die Zwischenlagen, die gleichzeitig als Streifenführung dienen, sollen nur 5 mm bis 8 mm hoch sein, um die Stempel bis dicht über die Schneidplatte zu führen. Außerdem kann mit den Fingern nicht zwischen Stempel und Schneidplatte hineingegriffen werden.

Die geschlossene Bauweise erschwert die Überwachung des Schneidvorganges und des Werkstofftransportes. Nachteilig sind auch die relativ kurzen Gleitführungen und die nicht immer günstigen Gleitverhältnisse. Dies führt, vor allem bei seitlichen Kräften, schnell zu Verschleiß.

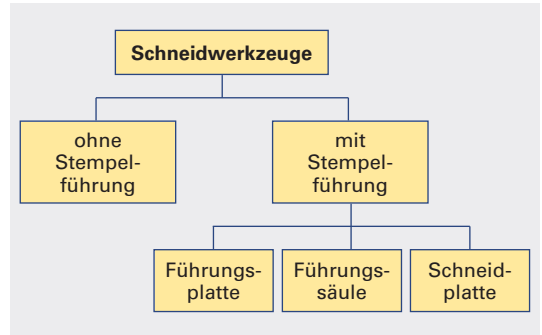


Bild 1: Schneidwerkzeuge nach der Art der Stempelführung

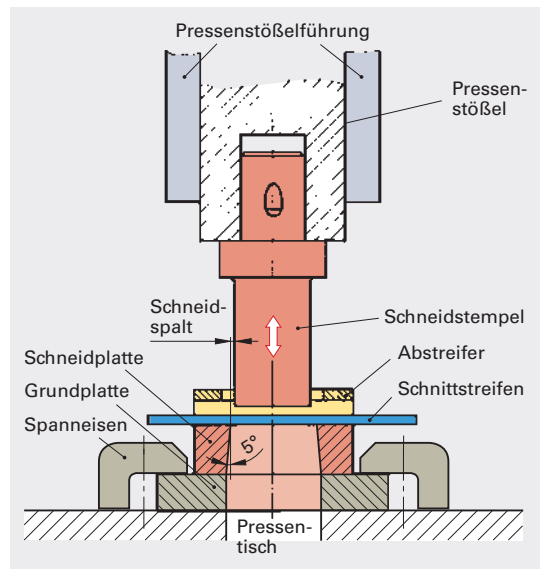


Bild 2: Schneidwerkzeug ohne Führung

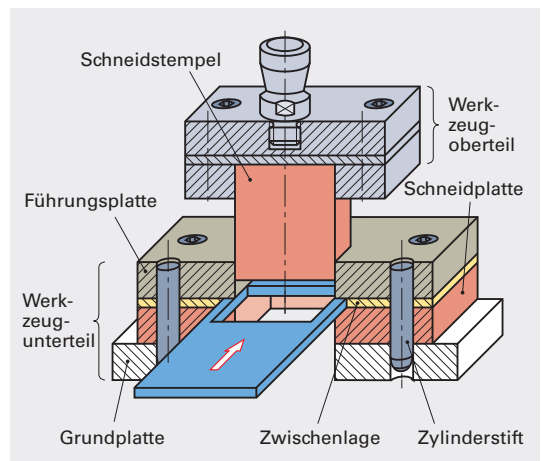


Bild 3: Schneidwerkzeug mit Plattenführung

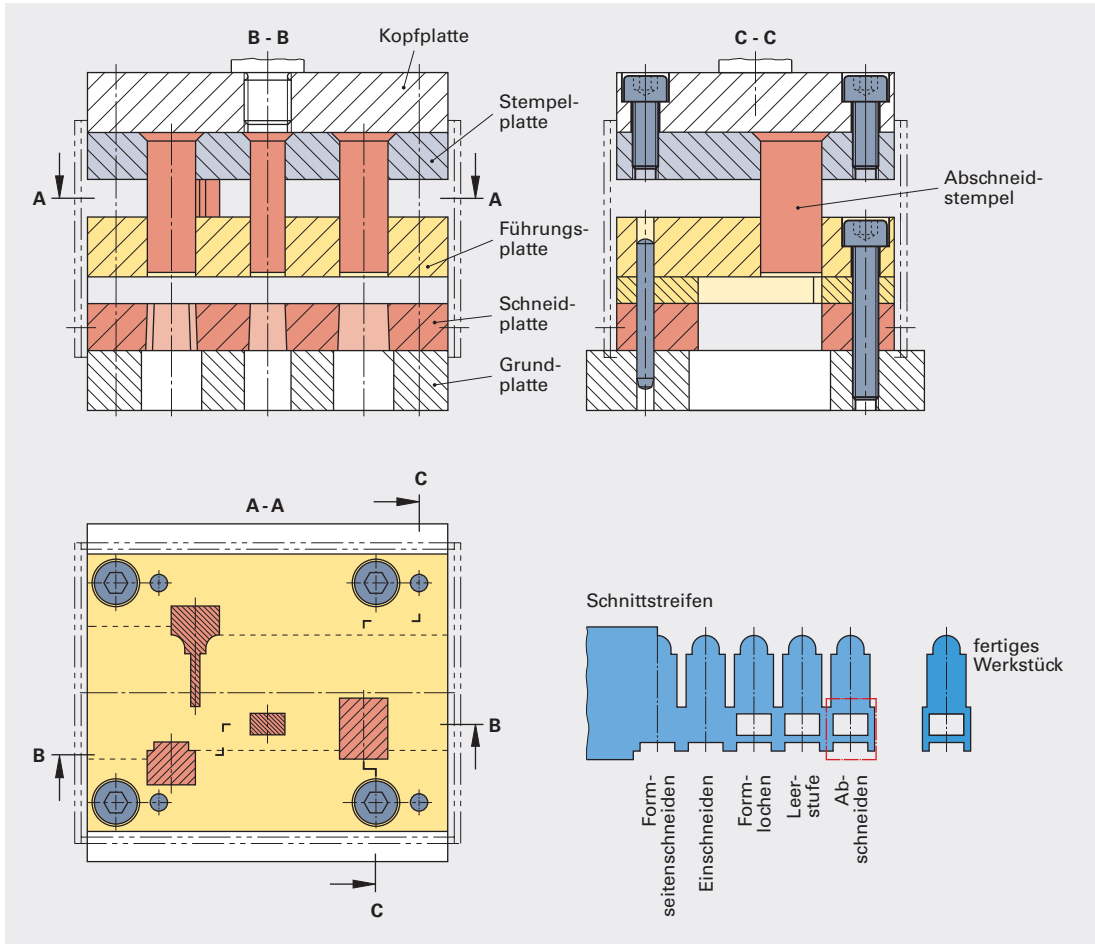


Bild 1: Plattenführungswerkzeug

Schneidwerkzeuge mit Säulenführung

Bei einem Schneidwerkzeug mit Säulenführung erfolgt die Führung der Stempel durch zwei, bei großen Werkzeugen auch durch vier gehärtete, geschliffene und geläppte Säulen (**Bild 2**).

Die Säulen sitzen in der Regel mit Übermaß im Werkzeugunterteil. Im Gegensatz zur Plattenführung wird bei der Säulenführung nicht der einzelne Stempel geführt, sondern das ganze Oberteil. Durch den großen Abstand der Führungssäulen ergibt sich eine wesentlich bessere Führung als bei einer Plattenführung.

Außerdem besteht eine viel größere Lebensdauer, weil die längeren Gleitflächen und die bessere Abstimmung der Gleitwerkstoffe auch bei ungünstigen Kraftverhältnissen nur geringen Verschleiß zulassen.

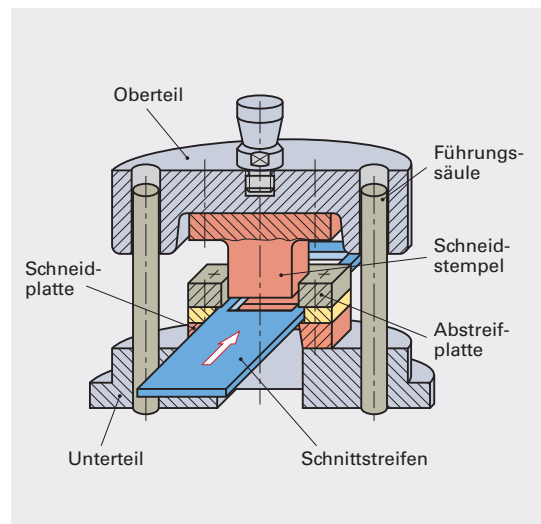


Bild 2: Schneidwerkzeug mit Säulenführung

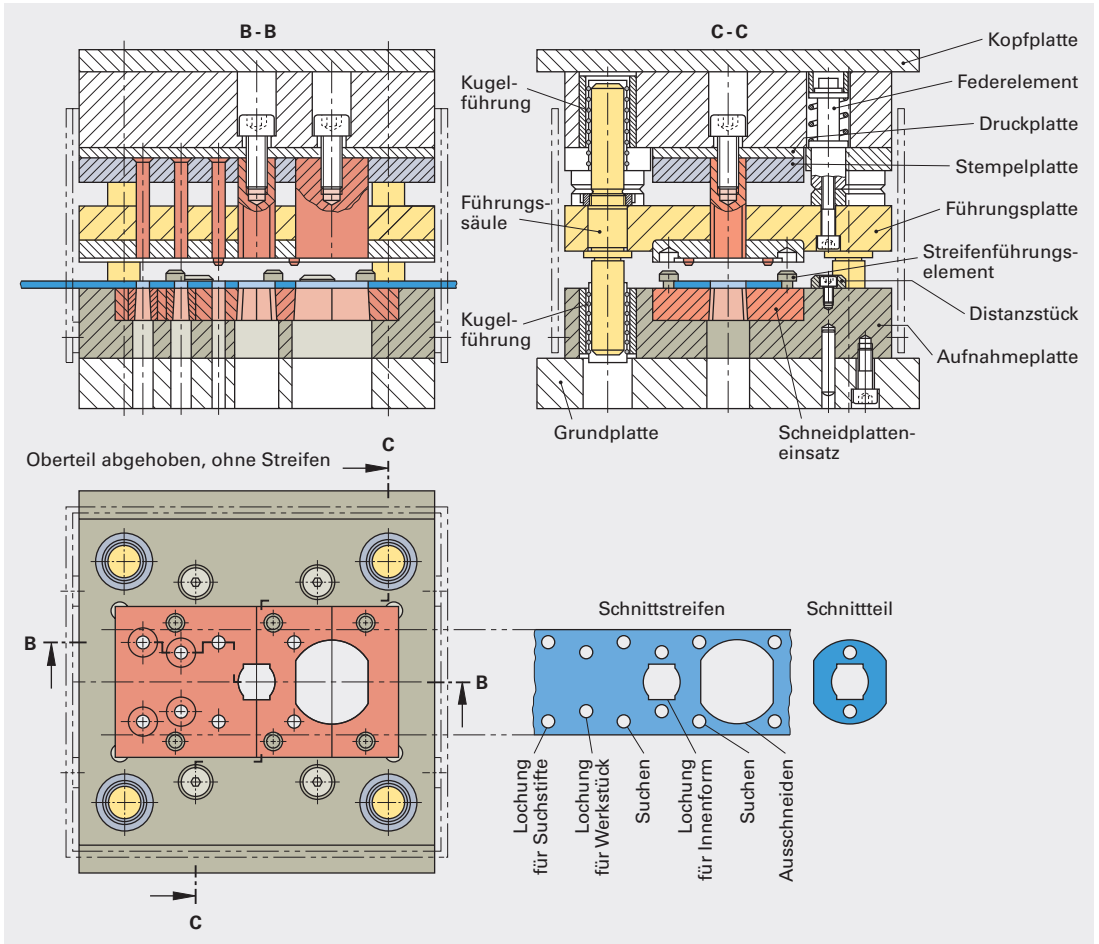


Bild 1: Säulenführungswerkzeug

Für dünne Stempel muss auch hier eine Führungssäule eingebaut werden (**Bild 1**).

Schneidwerkzeuge mit Schneidplattenführung

Bei Schneidwerkzeugen mit Schneidplattenführung erfolgt die Führung des Stempels durch die Schneidplatte. Der nicht schneidende Teil des Stempels wird so weit verlängert, dass dieser in den Schneidplattendurchbruch eintaucht.

Mit **Knabberschneidwerkzeugen (Bild 2)** werden Blechteile an ihren Rändern beschnitten. Die Blechbewegung kann durch Entlangfahren an einer Schablone oder durch eine NC-Steuerung erfolgen.

Ausklinkwerkzeuge (Bild 3) verwendet man zum Schneiden von Formen am Rand eines Werkstückes, unter anderem zum Ausklinken großer Rotor- und Statorteile, sowie zum Ausklinken grob gezahnter Sägen.

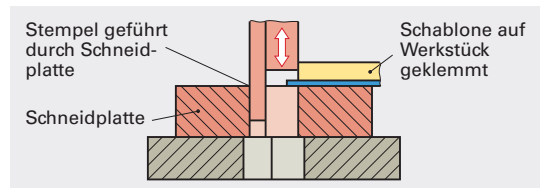


Bild 2: Knabberschneidwerkzeug

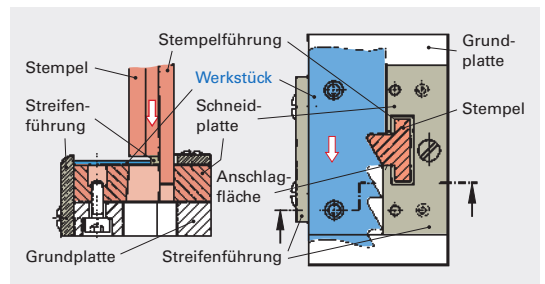


Bild 3: Ausklinkwerkzeug

1.3.4 Besondere Schneidwerkzeuge

1.3.4.1 Beschneidwerkzeuge

Mit Beschneidwerkzeugen werden bereits geformte, meist durch Tiefziehen hergestellte Hohlteile oder vorgearbeitete Teile an ihren Rändern durch einen zusätzlichen Arbeitsgang beschnitten. Damit können die Teile mit sauberen Kanten und maßhaltig hergestellt werden (**Bild 1**).

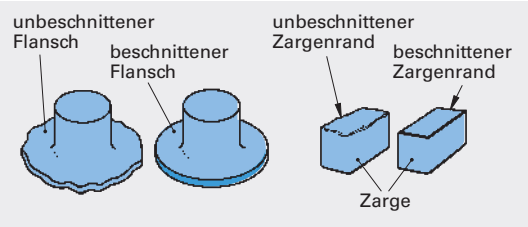


Bild 1: Unbeschnittene und beschnittene Ziehteile

Werden die Teile in das Beschneidwerkzeug eingelegt, so ist darauf zu achten, dass sie immer eine bestimmte Lage erhalten und fest in die Aufnahme geklemmt werden.

Die Lage der Werkstücke wird durch einen Aufnahmeteil des Werkzeuges bestimmt (**Bild 2 a**). Seine Form richtet sich nach dem Werkstück. Je nach Werkstück wird man dessen Umriss, Form, Durchbrüche oder Kombinationen davon für die Aufnahme vorsehen. Das Festhalten des eingelegten Werkstückes wird durch einen **Niederhalter** besorgt (**Bild 2 b**).

Ergeben sich beim Beschneiden Außenabfälle, so ist entweder ein Abstreifer notwendig oder es werden **Abfalltrenner** vorgesehen (**Bild 2 c**). Sie zerteilen den Abfall in kurze Stücke, die leicht entfernt werden können.

Bei **Beschneidwerkzeugen** mit Keiltrieb (**Bild 3**) werden die Werkstücke auf einen senkrecht stehenden Aufnahmedorn gesteckt. Der Aufnahmedorn entspricht der Innenform des fertigen Ziehteils. In der Höhe, die das Ziehteil erhalten soll, befinden sich die Schneidkanten. Die Schneidmesser sind auf Schiebern befestigt, die seitlich durch Keilstempel nach innen geschoben und durch Zugfedern oder zwangsweise durch die Keilstempel zurückgezogen werden. Die Anzahl der Messer und damit der Schieber und Keilstempel richtet sich nach der Form der Werkstücke. Meist sind drei oder vier erforderlich, damit eine günstige Schneidrichtung entsteht und ein kurzer Weg der Messer erreicht wird. Um glatte Schnittflächen zu erhalten, soll jedes Messer in den Schneidbereich des benachbarten Messers übergreifen. Darum müssen die Schneidbewegungen der Messer nacheinander erfolgen. Man erreicht das, indem man die Steuerflächen der Keilstempel versetzt anordnet und den Pressenhub entsprechend groß einstellt. Die schrägen Flächen der Keilstempel haben in der Regel einen Winkel von 30° zur Bewegungsrichtung des Stempels.

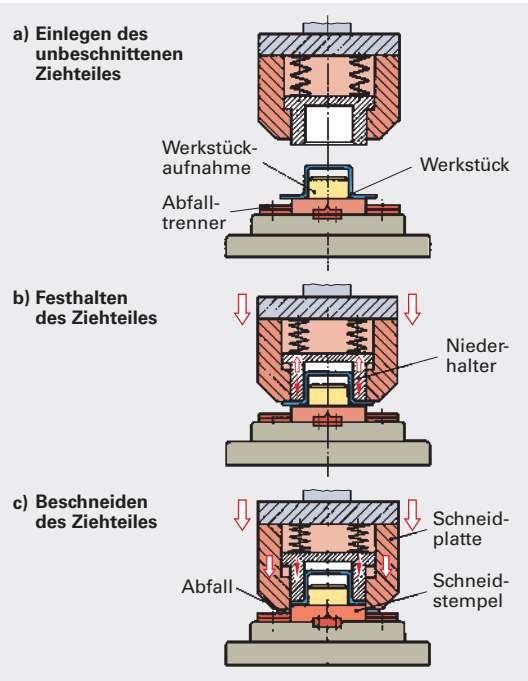


Bild 2: Arbeitsprinzip beim Beschneidwerkzeug

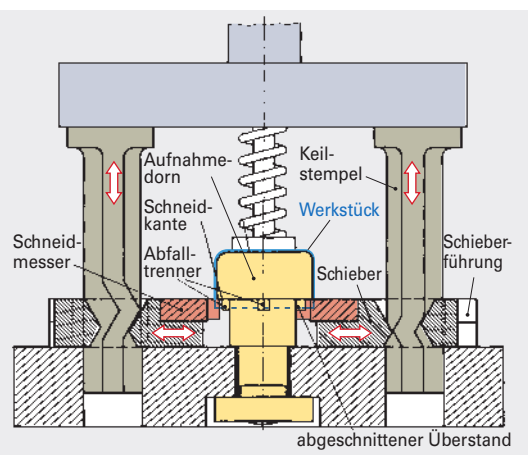


Bild 3: Beschneidwerkzeug mit Keiltrieb

Das in eine **Bockstanze (Bild 1)** eingebaute Beschneidwerkzeug ist ein einfaches Werkzeug. Mit ihr wird der überstehende Rand der Zieh-teile durch mehrere Stößelniedergänge abgetrennt.

Mit **Schüttelbeschneidwerkzeugen (Bild 2)**, auch Rüttel-, Wackel-, Taumel- oder Pendelschneidwerkzeuge genannt, werden die Werkstücke im Allgemeinen sauberer und genauer als mit Keiltrieb-Beschneidwerkzeugen, doch müssen die Schneidkanten der Werkzeuge öfter nachgeschliffen werden.

Das zu beschneidende Zieh-teil wird mit der Öffnung nach oben in die Schneidplatte eingelegt. Der am Ober-teil des Säulengestelles befestigte Stempel senkt sich beim Niedergang des Pressenstößels zuerst nur so tief, dass seine Schneidkanten denen der Schneidplatte in wa-gerechter Ebene genau gegenüberstehen. Dann drücken Distanzbolzen die auf federnden Stiften ruhende Schneidplatte mit nach unten. Die Schneidplatte hat außen Kurvenleisten, die an feststehenden Keilleisten entlangleiten. Die Kurvenleisten sind so angeordnet, dass einer hohlen Kurvenform immer eine erhabene ge-genüberliegt. Dadurch wird die Schneidplatte mit dem Zieh-teil horizontal nacheinander von allen Seiten gegen die Schneidkante des Stempels geschoben. Der überstehende Rand des Zieh-teiles wird von den Schneidkanten des Stempels, der die Schüttelbewegung nicht mit-macht, abgetrennt.

Da sowohl Beschneidwerkzeuge mit Keiltrieb als auch Schüttelbeschneidwerkzeuge viele dem Verschleiß unterworfenen, bewegliche Teile haben, sind Instandsetzungsarbeiten öfter als bei anderen Beschneidwerkzeugen notwendig.

1.3.4.2 Abgratschneidwerkzeuge

Beim Abgraten wird der Grat von Gesenk-schmiedestücken und Pressteilen abgetrennt (**Bild 3**).

Der Durchbruch der Schneidplatte entspricht der Außenform der Werkstücke. Der Stempel darf unten nur dann eben sein, wenn die Pressteile oben eine genügend große ebene Fläche haben. Ist dies nicht der Fall, so muss eine dem Werk-stück entsprechende Form in den Stempel ein-gearbeitet werden. Die Werkstücke fallen nach dem Abgraten durch die Schneidplatte oder wer-den von einem Ausstoßer nach oben ausge-stoßen.

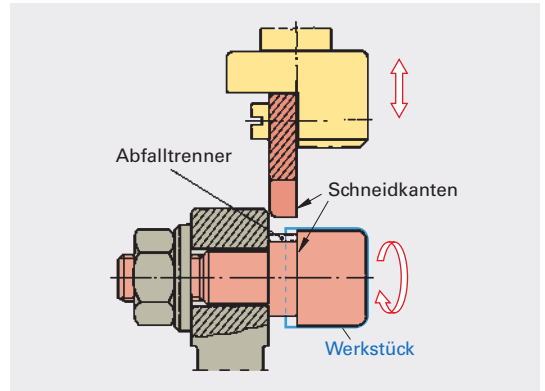


Bild 1: Beschneidwerkzeug als Bockstanze

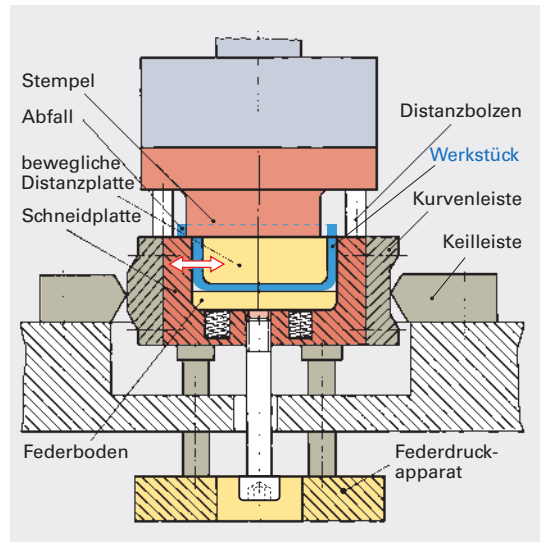


Bild 2: Schüttelbeschneidwerkzeug

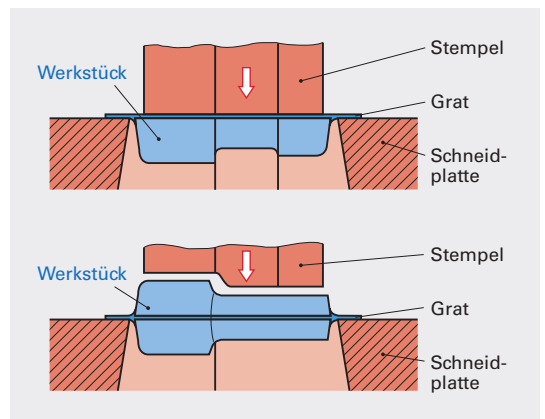


Bild 3: Abgraten