



EUROPA-FACHBUCHREIHE  
für Metallberufe

Mirja Didi  
Heiner Dolmetsch  
Frank Gengenbach

Roland Ihwe  
Wolfgang Klein  
Friedrich Ott

**METALLTECHNIK FACHBILDUNG**

# **Der Werkzeugbau**

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

**18. 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.

18. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2 1

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

ISBN 978-3-7585-1314-5

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

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten  
[www.europa-lehrmittel.de](http://www.europa-lehrmittel.de)

Satz: rkt, 51379 Leverkusen, [www.rktypo.com](http://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.

In der **18. Auflage** wurde das Layout weitergeführt. Die Kapitel 2.5.6 und 2.5.7 erfuhren eine Neugestaltung.

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** angeben, 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](mailto:lektorat@europa-lehrmittel.de), die zu einer weiteren Vervollständigung und Verbesserung des Buches beitragen können, sind Autoren und Verlag aufgeschlossen und dankbar.

Eisingen, im Sommer 2022

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

	<b>1</b>	<b>Stanztechnik</b> .....	<b>7</b>	<b>1.13</b>	<b>Großwerkzeuge in der Stanztechnik</b> ..	<b>96</b>
	<b>1.1</b>	<b>Begriffsbestimmungen</b> .....	<b>7</b>	1.13.1	Aufbau der Werkzeuge .....	96
<b>1</b>	<b>1.2</b>	<b>Zerteilen</b> .....	<b>7</b>	<b>1.14</b>	<b>Rechnergestützte Konstruktion von Stanzwerkzeugen</b> .....	<b>98</b>
	1.2.1	Scherschneiden .....	7	1.14.1	Arbeitsschritte .....	98
	1.2.2	Scherschneidverfahren .....	8	<b>1.15</b>	<b>Alternative Verfahren zur Stanztechnik</b>	<b>102</b>
	1.2.3	Lage der Schneiden beim Scherschneiden .....	9	<b>1.16</b>	<b>Pressen und Hilfseinrichtungen der Stanztechnik</b> .....	<b>104</b>
	1.2.4	Schneidvorgang .....	10	1.16.1	Pressenarten .....	104
<b>2</b>	<b>1.3</b>	<b>Schneidwerkzeuge</b> .....	<b>11</b>	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
<b>3</b>	<b>1.4</b>	<b>Bauelemente der Schneidwerkzeuge</b> ..	<b>24</b>	<b>1.17</b>	<b>Instandhaltung im Werkzeugbau</b> .....	<b>115</b>
	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	<b>2</b>	<b>Formenbau</b> .....	<b>118</b>
	1.4.5	Spannplatte .....	27	<b>2.1</b>	<b>Fertigungsverfahren</b> .....	<b>118</b>
	1.4.6	Schneidstempel .....	28	<b>2.2</b>	<b>Kokillengießen</b> .....	<b>118</b>
	1.4.7	Aufschlagstücke .....	29	<b>2.3</b>	<b>Druckgießen</b> .....	<b>119</b>
	1.4.8	Stempelplatte .....	30	2.3.1	Warmkammerverfahren .....	120
	1.4.9	Druckplatte .....	30	2.3.2	Kaltkammerverfahren .....	121
<b>4</b>	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	<b>2.4</b>	<b>Form- und Spritzpressen</b> .....	<b>128</b>
<b>5</b>	<b>1.5</b>	<b>Werkstoffbeispiele für die Bauteile eines Schneidwerkzeuges</b> .....	<b>40</b>	2.4.1	Formpressen .....	128
	<b>1.6</b>	<b>Einflüsse auf die Gestaltung von Schneidwerkzeugen</b> .....	<b>42</b>	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	<b>2.5</b>	<b>Spritzgießen</b> .....	<b>131</b>
	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
<b>6</b>	<b>1.7</b>	<b>Keilschneiden</b> .....	<b>57</b>	2.5.4	Aufbau von Spritzwerkzeugen .....	142
	1.7.1	Messerschneiden .....	57	2.5.5	Gießformen aus Normalien .....	157
	<b>1.8</b>	<b>Stechen</b> .....	<b>58</b>	2.5.6	Sonderbauarten von Werkzeugen .....	175
	<b>1.9</b>	<b>Unfallverhütung an Schneidwerkzeugen</b> .....	<b>59</b>	2.5.7	Sonderverfahren beim Spritzgießen ..	176
	<b>1.10</b>	<b>Fallbeispiel: Folgeschneidwerkzeug</b> ..	<b>60</b>	2.5.8	Prototypen .....	181
	1.10.1	Aufgabenstellung .....	60	<b>2.6</b>	<b>Additive Fertigung</b> .....	<b>181</b>
	1.10.2	Vorüberlegungen .....	60	2.6.1	Stereolithographie (SL) .....	182
<b>7</b>	1.10.3	Werkzeugaufbau .....	61	2.6.2	Solidier-Verfahren .....	182
	<b>1.11</b>	<b>Verfahren der Umformtechnik</b> .....	<b>62</b>	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	<b>2.7</b>	<b>Extrudieren</b> .....	<b>185</b>
	1.11.6	Innenhochdruckumformen .....	89	2.7.1	Vollstabwerkzeug .....	186
<b>8</b>	<b>1.12</b>	<b>Verbundwerkzeuge</b> .....	<b>91</b>	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			

<b>2.8</b>	<b>Urformen von Sinterwerkstoffen</b> . . . . .	194	3.6.2	Vorüberlegungen	248
2.8.1	Allgemeines . . . . .	194	3.6.3	Vorrichtungsaufbau . . . . .	249
2.8.2	Aufbau und Wirkungsweise eines Presswerkzeuges . . . . .	195			
<b>2.9</b>	<b>Kontrolle und Erprobung von Werkzeugen im Formenbau</b> . . . . .	195	<b>4</b>	<b>Messgeräte und Lehren</b> . . . . .	<b>250</b>
<b>2.10</b>	<b>Instandhaltung und Wartung von Werkzeugen im Formenbau</b> . . . . .	196	<b>4.1</b>	<b>Allgemeines</b> . . . . .	250
<b>2.11</b>	<b>Fallbeispiel: Spritzgießwerkzeug</b> . . . . .	198	4.1.1	Begriffsbestimmung . . . . .	250
2.11.1	Aufgabenstellung . . . . .	198	4.1.2	Prüfmittel . . . . .	250
2.11.2	Vorüberlegungen . . . . .	198	<b>4.2</b>	<b>Maßverkörperungen</b> . . . . .	251
2.11.3	Werkzeugaufbau . . . . .	199	4.2.1	Strichmaße . . . . .	251
			4.2.2	Parallelendmaße . . . . .	251
<b>3</b>	<b>Vorrichtungsbau</b> . . . . .	<b>200</b>	<b>4.3</b>	<b>Anzeigende Messgeräte</b> . . . . .	252
<b>3.1</b>	<b>Allgemeines</b> . . . . .	200	4.3.1	Grundbegriffe . . . . .	252
3.1.1	Begriffsbestimmung . . . . .	200	4.3.2	Messverfahren . . . . .	252
3.1.2	Verwendungszweck . . . . .	200	4.3.3	Messschrauben . . . . .	253
3.1.3	Einteilung der Vorrichtungen . . . . .	200	4.3.4	Messuhren und Feinzeiger . . . . .	253
3.1.4	Aufbau einer Vorrichtung . . . . .	201	<b>4.4</b>	<b>Optische Messgeräte</b> . . . . .	254
3.1.5	Vorgänge bei der Bedienung einer Vorrichtung . . . . .	201	4.4.1	Messmikroskop . . . . .	254
<b>3.2</b>	<b>Grundlagen des Vorrichtungsbaues</b> . . . . .	202	4.4.2	Profilprojektor . . . . .	255
3.2.1	Lagebestimmung . . . . .	202	<b>4.5</b>	<b>Optisch-elektrische Messgeräte</b> . . . . .	255
3.2.2	Wahl der Bestimmflächen . . . . .	202	4.5.1	Inkrementale Messtaster . . . . .	255
3.2.3	Bestimmelemente . . . . .	202	<b>4.6</b>	<b>Elektrische Messgeräte</b> . . . . .	256
3.2.4	Einlegen und Entnehmen des Werkstückes . . . . .	205	4.6.1	Allgemeines . . . . .	256
3.2.5	Spannen des Werkstückes . . . . .	207	4.6.2	Induktive Messtaster . . . . .	256
3.2.6	Spannkkräfte . . . . .	207	4.6.3	Induktive Messdorne . . . . .	257
3.2.7	Spannelemente . . . . .	207	4.6.4	Mehrstellenmessgeräte . . . . .	257
3.2.8	Hilfsspannelemente . . . . .	212	<b>4.7</b>	<b>Pneumatische Messgeräte</b> . . . . .	258
3.2.9	Bedienelemente . . . . .	216	4.7.1	Messverfahren . . . . .	258
3.2.10	Vorrichtungverschlüsse . . . . .	217	4.7.2	Messaufnehmer . . . . .	259
3.2.11	Feststellelemente . . . . .	218	4.7.3	Messanordnung . . . . .	259
3.2.12	Vorrichtungskörper . . . . .	219	<b>4.8</b>	<b>Winkelprüfung</b> . . . . .	260
3.2.13	Aufnahme der Vorrichtung in der Werkzeugmaschine . . . . .	220	4.8.1	Winkelendmaße . . . . .	260
<b>3.3</b>	<b>Vorrichtungsarten</b> . . . . .	223	4.8.2	Sinuslineal . . . . .	260
3.3.1	Bohrvorrichtungen . . . . .	223	<b>4.9</b>	<b>Koordinaten-Messgeräte</b> . . . . .	261
3.3.2	Fräsvorrichtungen . . . . .	229	4.9.1	Einkoordinaten-Messgeräte . . . . .	261
3.3.3	Drehvorrichtungen . . . . .	233	4.9.2	Dreikoordinaten-Messgeräte . . . . .	262
3.3.4	Fügevorrichtungen . . . . .	236	4.9.3	Messaufnahmesysteme . . . . .	264
<b>3.4</b>	<b>Werkstückträger</b> . . . . .	238	<b>4.10</b>	<b>Lehren</b> . . . . .	265
3.4.1	Palettierung . . . . .	238	4.10.1	Überprüfen und Instandsetzen von Prüfmitteln . . . . .	267
3.4.2	Anwendung von Mehrfach- spannsystemen . . . . .	239	<b>4.11</b>	<b>Digitalisieren</b> . . . . .	269
3.4.3	Nullpunktspannsysteme . . . . .	240	4.11.1	Digitalisieren mittels Tastkopf . . . . .	269
3.4.4	Werkstückspanner für 5-Achsbearbeitung . . . . .	242	4.11.2	Digitalisieren mittels optischer Verfahren . . . . .	269
3.4.5	Werkstückspanner für komplex geformte Werkstücke . . . . .	243	4.11.3	Digitalisieren mittels Röntgenstrahlen . . . . .	270
<b>3.5</b>	<b>Modulare Vorrichtungssysteme</b> . . . . .	244	4.11.4	Aufbereiten der Abtastdaten . . . . .	270
3.5.1	Baukastensysteme . . . . .	244	<b>5</b>	<b>Bearbeitungsverfahren im Werkzeugbau</b> . . . . .	<b>271</b>
3.5.2	Bauelemente . . . . .	245	<b>5.1</b>	<b>Allgemeine Verfahren</b> . . . . .	271
3.5.3	Vorgehensweise bei der Erstellung einer Vorrichtung . . . . .	245	5.1.1	Vorrichten und Anreißen . . . . .	271
3.5.4	Anwendung . . . . .	246	5.1.2	Stoßen . . . . .	272
3.5.5	Sondervorrichtungen . . . . .	247	5.1.3	Fräsen mit konventioneller Fräsmaschine . . . . .	272
<b>3.6</b>	<b>Fallbeispiel: Fräsvorrichtung</b> . . . . .	248	<b>5.2</b>	<b>Fräsen mit CNC-Fräsmaschinen</b> . . . . .	274
3.6.1	Aufgabenstellung . . . . .	248	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



<b>1</b>	<b>5.3 Bearbeitung mit CAM</b> ..... 281	<b>8 Lernfelder</b> ..... <b>346</b>
	5.3.1 Strukturen von CAD-Daten ..... 282	<b>8.1 Lernfeld 5:</b>
	5.3.2 Ablauf im CAD-CAM-System ..... 282	Formgeben von Bauelementen durch
	<b>5.4 Hochgeschwindigkeitsfräsen</b> ..... 283	spanende Fertigung ..... 346
	5.4.1 HSC in der Elektrodenherstellung .... 285	<b>8.2 Lernfeld 6:</b>
	<b>5.5 Schleifen</b> ..... 286	Herstellen technischer Teilsysteme
	5.5.1 Profilschleifen ..... 286	des Werkzeugbaus ..... 348
	5.5.2 Tiefschleifen ..... 287	<b>8.3 Lernfeld 7:</b>
	5.5.3 Koordinatenschleifen ..... 287	Fertigen mit numerisch
<b>2</b>	<b>5.6 Abtragen</b> ..... 288	gesteuerten Werkzeugmaschinen ..... 350
	5.6.1 Funkenerosionsverfahren ..... 288	<b>8.4 Lernfeld 8:</b>
	5.6.2 Funkenerosives Senken ..... 290	Planen und Inbetriebnahme
	5.6.3 Funkenerosives Schneiden ..... 296	steuerungstechnischer Systeme ..... 352
		<b>8.5 Lernfeld 9:</b>
		Herstellen von formgebenden
		Werkzeugoberflächen ..... 354
		<b>8.6 Lernfeld 10:</b>
		Fertigung von Bauelementen
		in der rechnergestützten Fertigung .... 356
<b>3</b>	<b>6 Werkstoffe und</b>	<b>8.7 Lernfeld 11:</b>
	<b>Wärmebehandlungsverfahren</b> ..... <b>301</b>	Herstellen der technischen
	<b>6.1 Werkstoffe im Vorrichtungs- und</b>	Systeme des Werkzeugbaus ..... 358
	<b>Werkzeugbau</b> ..... 301	<b>8.8 Lernfeld 12:</b>
	6.1.1 Einteilung der Stähle ..... 301	Inbetriebnahme und Instandhalten
	6.1.2 Baustähle ..... 301	von technischen Systemen
	6.1.3 Werkzeugstähle ..... 305	des Werkzeugbaus ..... 360
	6.1.4 Sinterwerkstoffe ..... 306	<b>8.9 Lernfeld 13:</b>
	6.1.5 Beschichtete Werkstoffe ..... 307	Planen und Fertigen technischer
	6.1.6 Keramische Werkstoffe ..... 308	Systeme des Werkzeugbaus ..... 362
	6.1.7 Nichteisenmetalle ..... 309	<b>8.10 Lernfeld 14:</b>
	6.1.8 Kunststoffe im Werkzeugbau ..... 311	Ändern und Anpassen technischer
<b>4</b>	<b>6.2 Allgemeine Beschreibung der</b>	Systeme des Werkzeugbaus ..... 364
	<b>Wärmebehandlungsverfahren</b> ..... 313	Normblattverzeichnis ..... 366
	6.2.1 Glühen ..... 313	Quellenverzeichnis ..... 367
	6.2.2 Härten ..... 315	Sachwortverzeichnis ..... 368
	6.2.3 Anlassen ..... 318	
	6.2.4 Maßnahmen beim Härten und	
	Anlassen ..... 319	
	6.2.5 Altern ..... 321	
<b>5</b>	<b>6.3 Wärmebehandlung der</b>	
	<b>Werkzeugstähle</b> ..... 321	
	6.3.1 Unlegierte Werkzeugstähle ..... 321	
	6.3.2 Kaltarbeitsstähle ..... 322	
	6.3.3 Warmarbeitsstähle ..... 322	
<b>6</b>	<b>6.4 Wärmebehandlung der Baustähle</b> .... 323	
	6.4.1 Vergüten ..... 323	
	6.4.2 Einsatzhärten ..... 324	
	6.4.3 Nitrieren ..... 325	
<b>7</b>	<b>7 Beispielsammlung</b> ..... <b>326</b>	
	<b>7.1 Folgeverbundwerkzeug</b>	
	<b>(plattengeführt)</b> ..... 326	
	<b>7.2 Folgeverbundwerkzeug</b>	
	<b>(säulengeführt)</b> ..... 328	
	<b>7.3 Gesamtverbundwerkzeug</b> ..... 330	
	<b>7.4 Zweifach-Spritzgießwerkzeug</b> ..... 332	
	<b>7.5 Spritzgießwerkzeug</b>	
	<b>(Backenwerkzeug)</b> ..... 334	
	<b>7.6 Druckgießwerkzeug</b> ..... 336	
	<b>7.7 Fräsvorrichtung</b> ..... 338	
	<b>7.8 Bohrvorrichtung</b> ..... 340	
	<b>7.9 Messvorrichtung</b> ..... 342	
<b>8</b>	<b>7.10 Baukastenvorrichtung</b> ..... 344	

# 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.

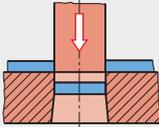
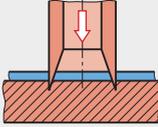
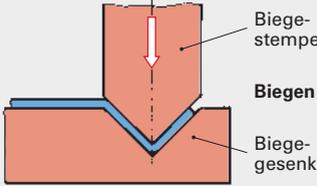
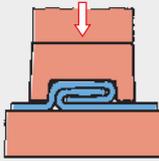
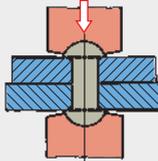
Mit Hilfe der Stanztechnik fertigt man vorwiegend Werkstücke aus Blechstreifen, Metallbändern, Platten oder Bahnen aus Kunststoff, Papier, Leder, Textilien und aus Dichtungswerkstoffen. Die zweiteiligen, formgebundenen Werkzeuge werden meist in Pressen eingebaut und besitzen ein Ober- und ein Unterteil.

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

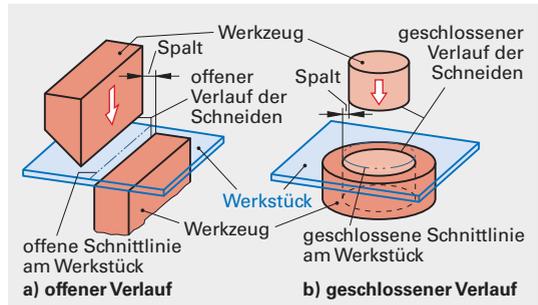
## 1.2 Zerteilen

### 1.2.1 Scherschneiden

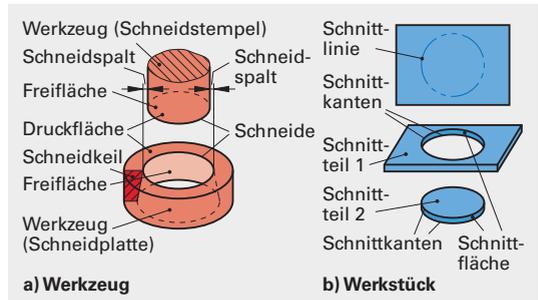
Scherschneiden ist das Zerteilen von Werkstoffen durch zwei Schneiden, die sich aneinander vorbeibewegen.

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

**Tabelle 1: Scherschneidverfahren**

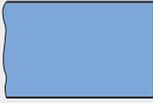
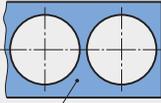
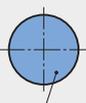
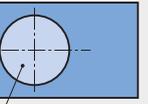
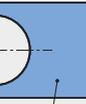
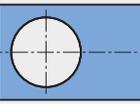
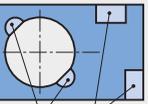
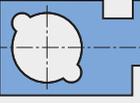
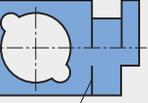
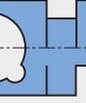
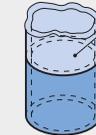
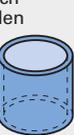
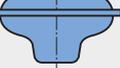
Verfahren	Ausgangsform	Fertigungsablauf	Endform	Anwendung
<p><b>Ausschneiden</b> ist das Schneiden längs einer in sich geschlossenen Schnittlinie zur Herstellung der Außenform eines Werkstückes.</p>	 <p>Band oder Streifen</p>	 <p>Abfall durch Ausschneiden</p>	 <p>Schnittteil</p>	Werkstücke mit genauen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

Tabelle 1: Scherschneidverfahren (Fortsetzung)				
Verfahren	Ausgangsform	Fertigungsablauf	Endform	Anwendung
<p><b>Nachschnneiden</b> ist das Abtrennen schmaler Ränder entlang offener oder in sich geschlossener Schnittlinien an vorge-schnittenen Werkstücken.</p>				Vorgeschnittene Werkstücke, die eine glatte, senkrechte Schnittfläche benötigen
<p><b>Trennschnneiden</b> 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><b>Knabberschnneiden</b> 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><b>Feinschnneiden</b> 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 abgeschernt 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.

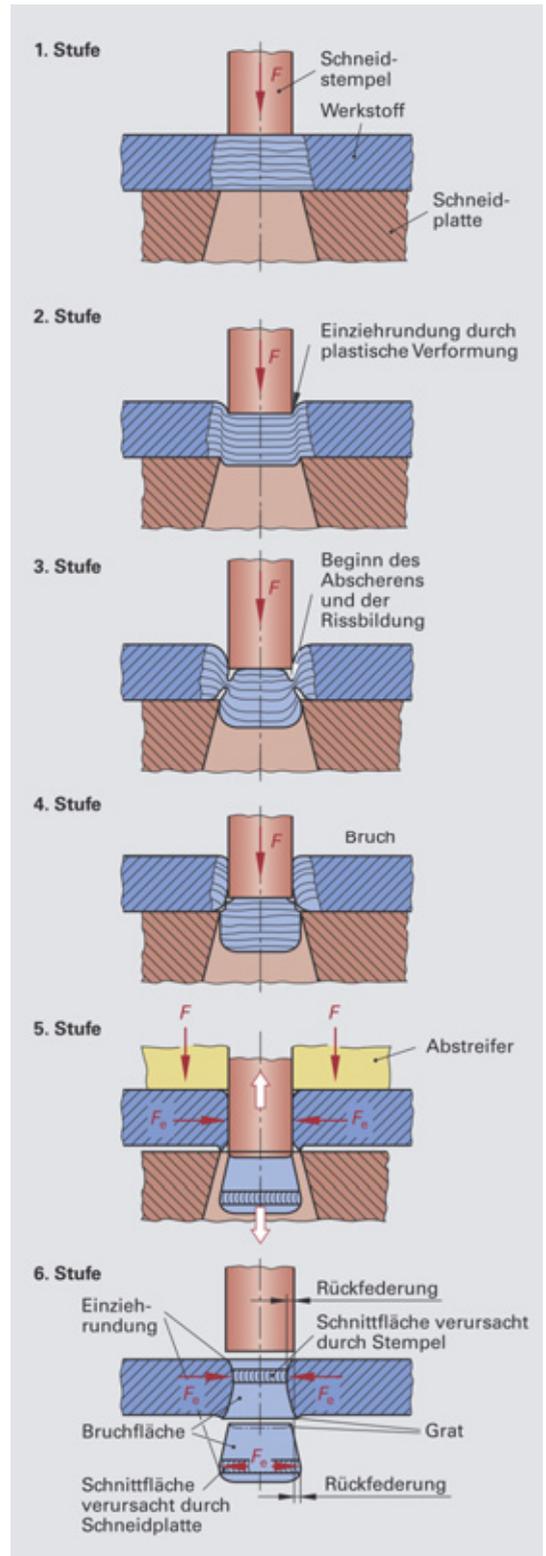


Bild 1: Schneidvorgang

## 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**).

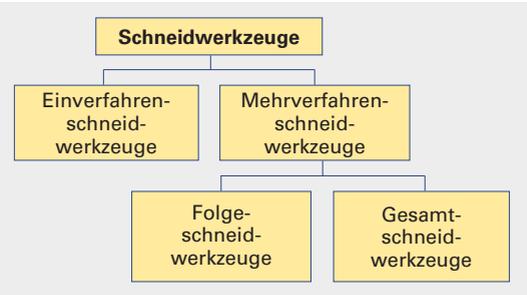
#### 1.3.2.1 Einverfahrenschneidwerkzeuge

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

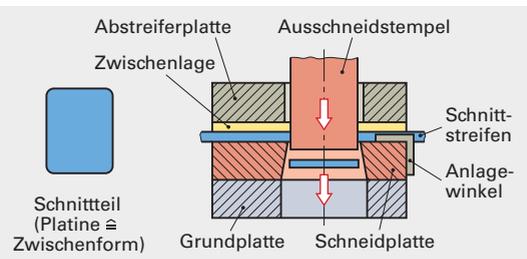
Mit dem Ausschneidwerkzeug können Schnittteile mit einer Endform oder mit einer Zwischenform, einer so genannten Platine, hergestellt werden (**Bild 2**). Das ausgeschnittene Teil kann dann in ein Lochwerkzeug eingelegt und gelocht werden. Für jeden Arbeitsgang ist ein Hub und ein eigenes Werkzeug erforderlich.

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.

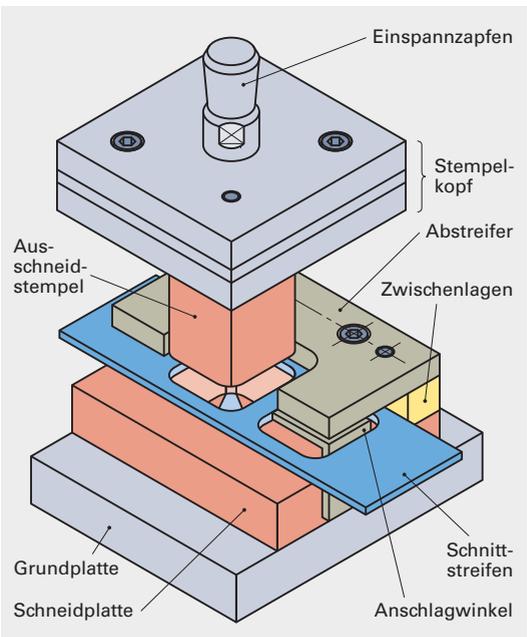
Die Genauigkeit der Lage der Innen- zu der Außenform hängt sowohl von der Güte der Werkstückaufnahme als auch von der jeweiligen Stempelführung ab. Wird nur ein Verfahren angewendet, so hängt die Genauigkeit allein von der Stempelführung ab. Damit das Werkzeug auf den Pressentisch gespannt werden kann, 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 Einverfahren-Ausschneidwerkzeug**



**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.

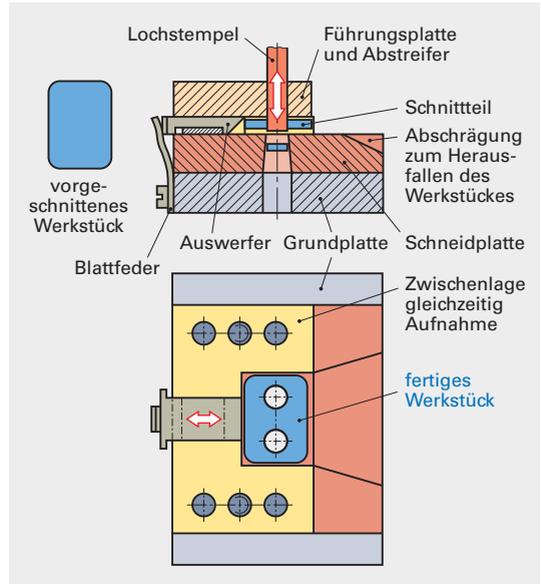
Wird aus bestimmten Gründen gefordert, dass die entstehenden Grate jeweils auf einer Seite liegen sollen, so wird dies durch ein entsprechendes Einlegen der Platine erreicht (z. B. Gratseite nach unten oder Gratseite nach oben).

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**).

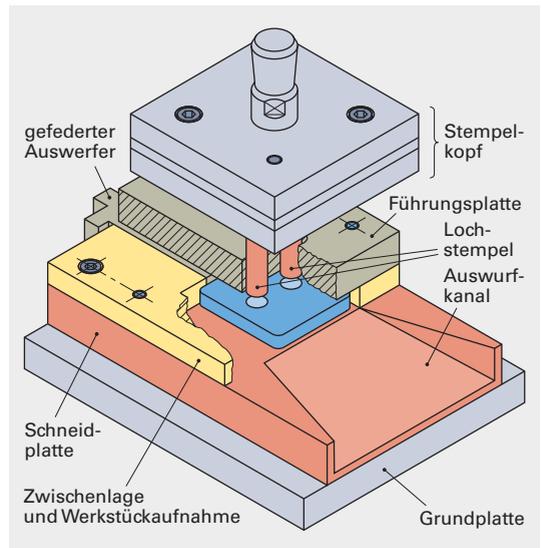
Damit das Werkzeug besser und leichter auf dem Pressentisch befestigt werden kann, ist es sinnvoll eine **Grundplatte** zu verwenden (**Bild 2**).

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.

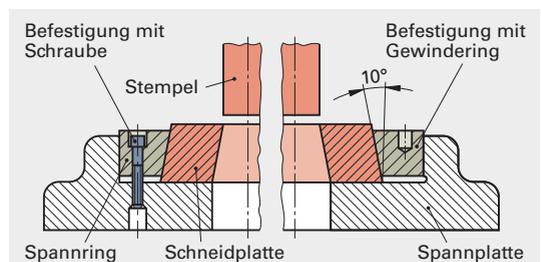
Einverfahrenwerkzeuge werden überwiegend bei einfachen und großen Schnittteilen angewendet.



**Bild 1: Arbeitsprinzip beim Einverfahren-Lochwerkzeug**



**Bild 2: Ausführung eines Lochwerkzeuges**

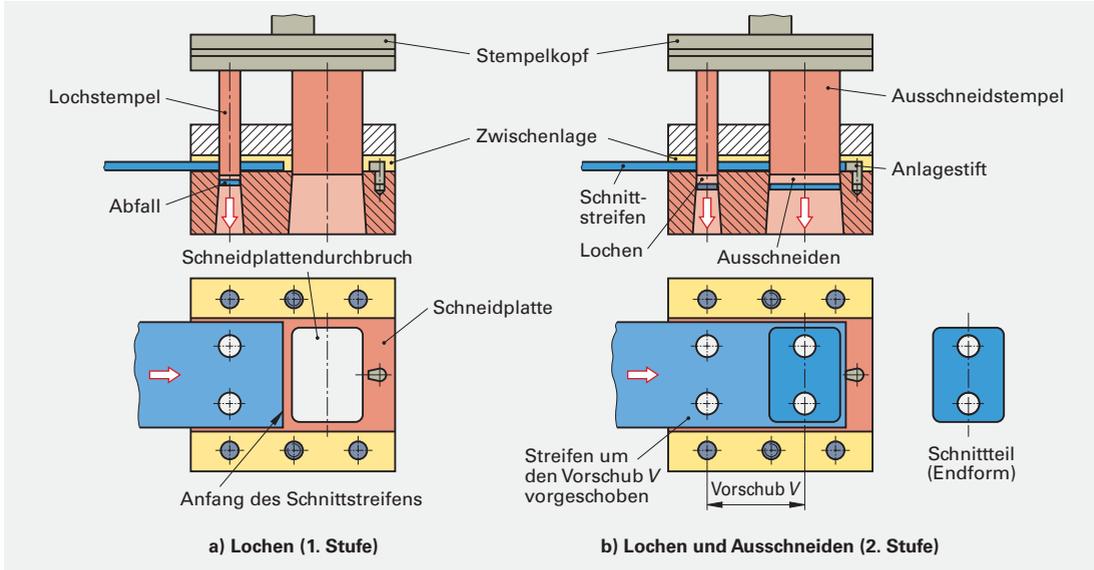


**Bild 3: Spannplatte**

### 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**

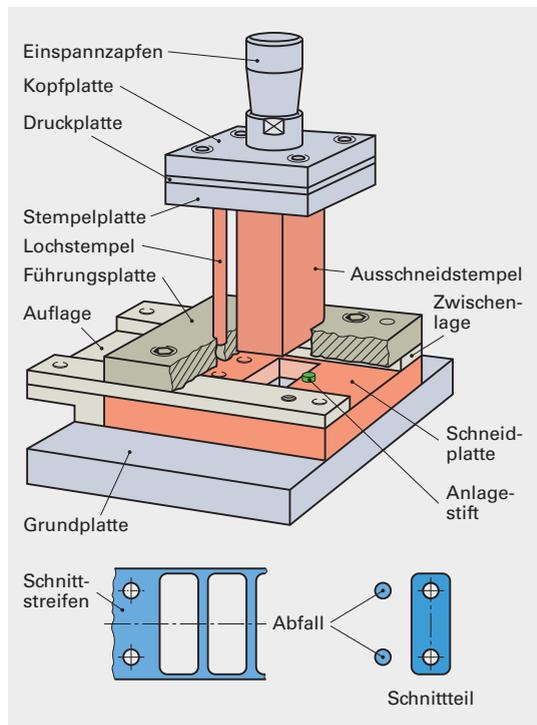
Soll das Schnittteil **Bild 1b** hergestellt werden, so wird mit einem Hub der Schnittstreifen sowohl gelocht, als auch der bereits gelochte Teil des Schnittstreifens ausgeschnitten. Anschließend muss der Streifen exakt um den **Vorschub  $V$**  vorgeschoben werden, damit die Lage der Löcher zum Schneidplattendurchbruch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

## 1.10 Fallbeispiel – Folgeschneidwerkzeug

1

### 1.10.1 Aufgabenstellung

Für die Anschlagleiste (**Bild 1**) ist unter folgenden Vorgaben ein Folgeschneidwerkzeug mit Handvorschub zu planen.

Halbzeug: Band EN 10 131-1,5 × 52  
 Werkstoff: DC 01;  $R_m = 270$  bis  $410$  N/mm<sup>2</sup>  
 Exzenterpresse;  $F = 250$  kN;  $n = 130$ /min  
 Stückzahl: 40 000/Jahr

### 1.10.2 Vorüberlegungen

Die Vorüberlegungen können entsprechend den Lösungsschritten nach **Bild 2** erfolgen.

#### → Welche Arbeitsstufen sind zweckmäßig?

Um die verlangte Lagetoleranz von 0,05 mm und eine stabile Schneidplatte zu erhalten, werden der Schlitz und die Bohrung zusammen gelocht (**Bild 3**).

Die **Leerstufe** schafft mehr Platz zwischen dem Loch- und dem Ausschneidstempel in der Stempelplatte und verringert die Rissgefahr beim Härten der Schneidplatte.

#### → Welche Streifenmaße ergeben sich?

Die Streifenmaße sind von der Blechdicke und von den Außenmaßen des Teils abhängig (**Bild 4**). Nach Tabelle 1 Seite 51 ergibt sich:

für  $l_a = 12$  mm eine Randbreite  $a_1 = 1,4$  mm  
 für  $R = 6$  mm eine Randbreite  $a_2 = 1,3$  mm  
 für  $l_e = 40$  mm eine Stegbreite  $e = 1,4$  mm  
 für  $s = 1,5$  mm ist der seitliche Abfall  $i = 2,2$  mm

#### Lösung:

Streifenbreite  $B = b + 1 \text{ mm} + a_1 + a_2 + i$   
 $B = 46 \text{ mm} + 1 \text{ mm} + 1,4 \text{ mm} + 1,3 + 2,2 \text{ mm}$   
 $B = 51,9 \text{ mm}$ ,  $B_{\text{ger}} = 52 \text{ mm}$   
 Streifenvorschub  $V = l_a + e$   
 $= (12 + 1,4) \text{ mm} = 13,4 \text{ mm}$

#### → Welche Schneidkraft ist erforderlich?

#### Lösung:

Schnittlänge mit Seitenschneider  
 $l_s = \sum l = 165,4 \text{ mm}$   
 Schnittfläche  $S = l_s \cdot s = (165,4 \cdot 1,5) \text{ mm}^2$   
 $= 248,1 \text{ mm}^2$   
 Scherfestigkeit  $\tau_{aB\text{max}} = 0,8 \cdot R_{m\text{max}}$   
 $= 0,8 \cdot 410 \text{ N/mm}^2 = 328 \text{ N/mm}^2$   
 Schneidkraft  $F = S \cdot \tau_{aB\text{max}}$   
 $= 248,1 \text{ mm}^2 \cdot 328 \text{ N/mm}^2 = 81\,376 \text{ N}$   
 Mindestpressenkraft bei 20% Verfahrenszuschlag  
 $F_p = 1,2 \cdot F = 1,2 \cdot 82 \text{ kN} \approx 100 \text{ kN}$

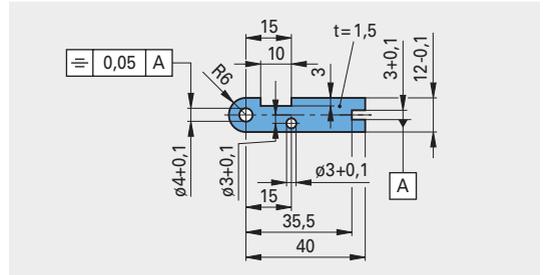


Bild 1: Anschlagleiste

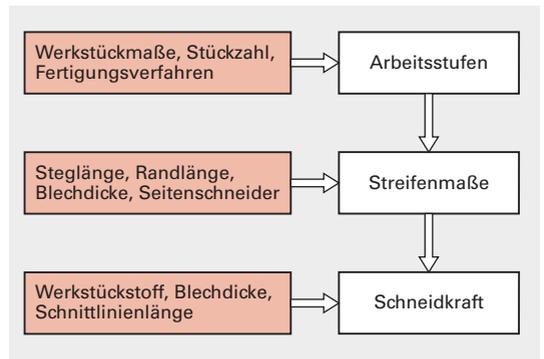


Bild 2: Lösungsschritte

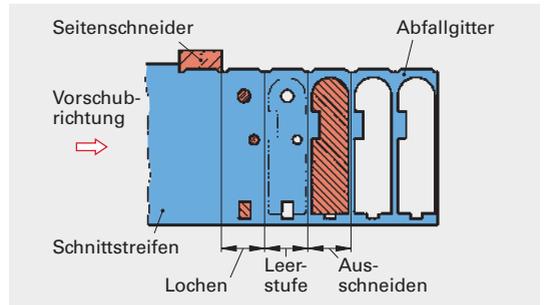


Bild 3: Arbeitsstufen (Streifenbild)

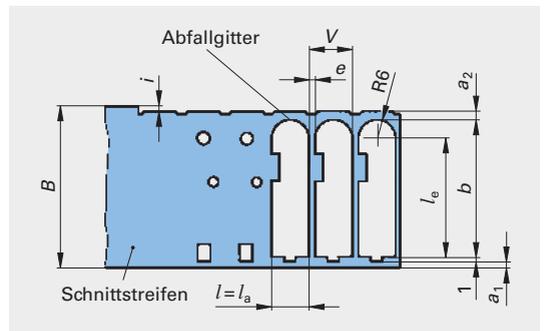


Bild 4: Streifenmaße

### 1.10.3 Werkzeugaufbau

Um geringe Werkzeugkosten und kurze Herstellzeiten zu erreichen, sollte der Werkzeugaufbau so weit wie möglich mit **Normalien** erfolgen (Bild 1).

→ **Welcher Werkzeugaufbau ist zu wählen?**

Da es sich um ein einfaches Teil ohne erhöhte Genauigkeitsanforderungen handelt, ist ein Werkzeug mit **Plattenführung** zweckmäßig. Bei seiner Herstellung können überwiegend Normalien verwendet werden.

→ **Aus welchen Gründen ist die Verwendung eines Seitenschneiders bei diesem Werkzeug sinnvoll?**

Da der Vorschub von Hand erfolgt, kann er schneller erfolgen, da das Band nicht angehoben werden muss. Ferner ergibt sich eine genauere Bandführung. Um die Vorschubgenauigkeit zu erhöhen, könnte noch ein **Suchstift** vorgesehen werden.

→ **Warum wird ein Schutzgitter vorgesehen?**

Dadurch erhöht sich die **Arbeitssicherheit**. Ferner können kürzere Stempel verwendet werden.

→ **Wie kann die Befestigung des Ausschneidstempels (Pos. 10) erfolgen?**

Sie kann durch Anstauchen des Stempelkopfes oder durch Verschrauben mit der Kopfplatte (Pos. 6) erfolgen.

Um eine **spielfreie Anlage** der Stempel mit der Druckplatte zu erreichen, müssen sie nach der Montage gemeinsam mit der Stempelplatte überschleift werden.

→ **Welche Werkstoffe eignen sich für die Bauteile Pos. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10?**

- Pos. 1: E295(St 50-2)      Pos. 5: C105U
- Pos. 2: X210CrW12      Pos. 6: E295 (St 50-2)
- Pos. 3 + 4: C45U          Pos. 10: X210CrW12

→ **Wie hoch ist die Streifenausnutzung?**

Die Streifenausnutzung ist von der Form des Werkstückes und seiner Lage im Schnittstreifen in Vorschubrichtung abhängig.

**Lösung:**

$$A_1 = l \cdot b = 40 \text{ mm} \cdot 12 \text{ mm} = 480,0 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \frac{d^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} = \frac{12^2 \text{ mm}^2 \cdot \pi}{4 \cdot 2} = 56,5 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = l \cdot b = 10 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm} = 30 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{ges}} = (480 + 56,5 - 30) \text{ mm}^2 = 506,5 \text{ mm}^2$$

$$\eta = \frac{R \cdot A}{V \cdot B} = \frac{1 \cdot 506,5 \text{ mm}^2}{13,4 \text{ mm} \cdot 52 \text{ mm}} = 0,72 \cong 72\%$$

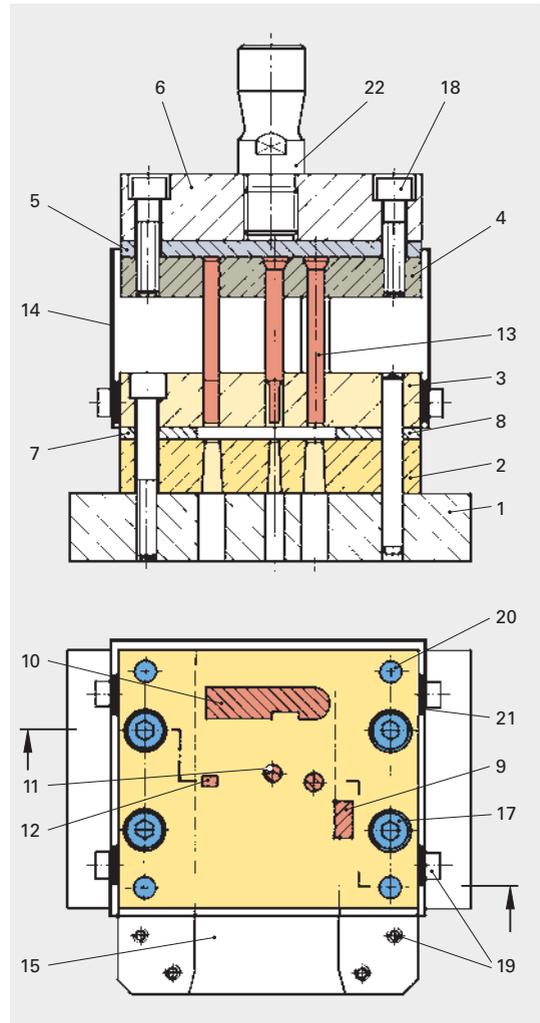


Bild 1: Folgeschneidwerkzeug

11	1	Lochstempel	X210CrW12
10	1	Ausschneidstempel	
9	1	Seitenschneider	X210CrW12
8	1	Zwischenlage	C80U
7	1	Zwischenlage	C80U
6	1	Kopfplatte	
5	1	Druckplatte	
4	1	Stempelplatte	
3	1	Führungsplatte	
2	1	Schneidplatte	
1	1	Grundplatte	
Pos.	Menge	Benennung	Werkstoff

Bild 2: Stückliste – Folgeschneidwerkzeug (Auszug)



## 1.13 Großwerkzeuge in der Stanztechnik

1

Großwerkzeuge in der Stanztechnik, mit denen Karosserieteile für die Autoindustrie gefertigt werden, unterscheiden sich in ihrem Aufbau nicht von Werkzeugen für Kleinteile.

Das Werkzeug besteht aus einem Oberteil, einem Unterteil, der Zieh- oder Schneidmatrize, einem Blechhalter oder Niederhalter und dem Stempel zum Schneiden oder Umformen (**Bild 1**). Die Grundlage des Werkzeuges bildet ein Gussgestell aus Gusseisen mit Lamellengrafit (EN-GJL-300) oft mit Legierungselemente wie Chrom, Molybdän, Vanadium und Nickel, oder Gusseisen mit Kugelgrafit (EN-GJS-500-7) mit bis zu 25 t Masse.

Die großen beweglichen Teile, wie Niederhalter oder Umformstempel sind häufig ebenfalls als Gusskonstruktion ausgeführt. Die Werkzeuge sind je nach Ausführung und Aufgabenstellung mit einer Säulenführung oder mit einer Flachführung ausgestattet.

Mit CNC-Maschinen erfolgt eine Komplettbearbeitung nach CAD-Daten. Die Umformflächen können mit Hochgeschwindigkeits-Portalfräsmaschinen wirtschaftlich bearbeitet werden. Aufgrund der HSC-Technologie sind manuelle Nacharbeiten kaum notwendig (**Bild 2**).

### 1.13.1 Aufbau der Werkzeuge

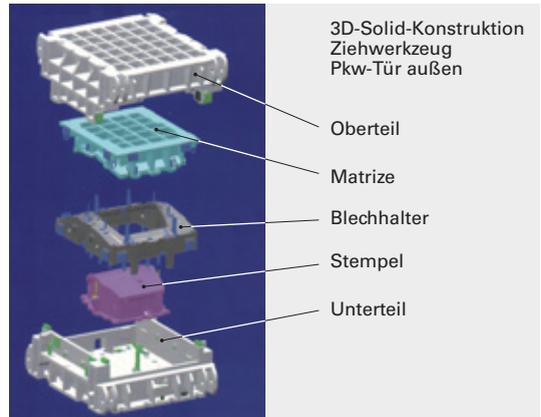
Großwerkzeuge werden in der Fertigung von Blechteilen für den Fahrzeugbau oft in Pressenstraßen nebeneinander eingebaut (**siehe Seite 111**). Dabei werden die Arbeitsgänge Tiefziehen, Abkanten, Ausschneiden oder Lochen an einem Werkstück nacheinander durchgeführt wobei das Werkstück mit Hilfe von Greif und Transportiereinrichtungen von Presse zu Presse weitergegeben wird.

#### Aufbau Ziehwerkzeug

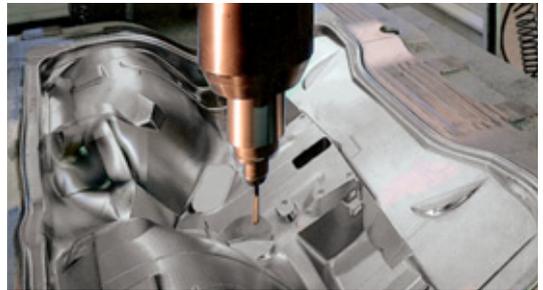
Einfache Zieharbeiten erfordern stabile Werkzeuge mit Säulenführung (**Bild 3**). Um komplexe Zieharbeiten durchführen zu können sind die Ziehwerkzeuge mehrfach wirkend (**Bild 4**). Die dazu notwendigen Bewegungen im Werkzeug müssen von der Presse aufgebracht werden.

Über einen beweglichen Niederhalter wird das Blech auf den Ziehstempel gedrückt. Der Tiefziehvorgang erfolgt über die Ziehmatrize die mit seitlichen Führungselementen am Ausweichen gehindert wird.

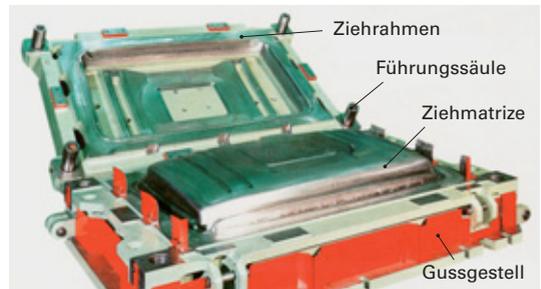
Die Tiefzieh- bzw. Umformvorgänge entsprechen den Darstellungen wie im **Kapitel 1.11.2 Seite 72 ff.**



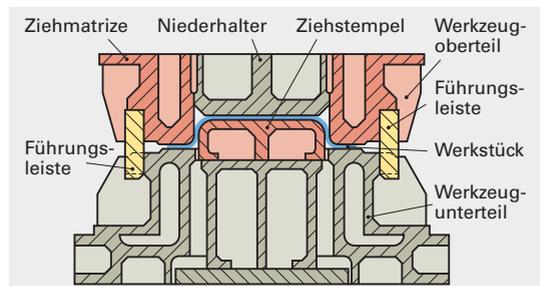
**Bild 1: Werkzeugaufbau**



**Bild 2: HSC-Bearbeitung**



**Bild 3: Einfachwirkendes Ziehwerkzeug**



**Bild 4: Mehrfachwirkendes Ziehwerkzeug**

## Aufbau Schneidwerkzeuge

Die Grundkörper für die Großwerkzeuge und die beweglichen Werkzeugteile sind aus relativ weichen Gusswerkstoffen. Deshalb müssen die Werkzeugteile zum Schneiden, Lochen oder Ausschneiden mit Segmenten versehen und in das Werkzeug eingesetzt werden (**Bild 1**).

Da Trennoperationen an Blechen durchzuführen sind, die eine Dicke von 2 bis 4 mm und eine Zugfestigkeit bis zu  $500 \text{ N/mm}^2$  besitzen, bestehen die Schneidsegmente aus hochlegiertem Stahl oder aus Hartmetall (**Bild 2**).

Sie werden durch mechanische Zerspaltung oder durch elektroerosive Verfahren hergestellt und oftmals einer Wärmebehandlung zur Steigerung der Gebrauchseigenschaften unterzogen.

Bei Aluminium als Blechwerkstoff zeigen sich hohe adhäsive<sup>1)</sup> Verschleißerscheinungen an den schneidenden Teilen, deshalb werden die Segmente mit auf den jeweilig zu bearbeitenden Blechwerkstoff abgestimmten Hartstoffen beschichtet (**siehe Seite 307**).

Komplexe räumlich verlaufende Schnittkonturen werden sinnvoll aufgeteilt und mit Schneidelementen versehen. Schneidelemente, auch als Schneidmesser bezeichnet, werden in Bearbeitungsrichtung im Werkzeug aufgebaut. Sie sind mit Schrauben und mit Stiften am Schneid- oder Stützrahmen befestigt, gesichert und positioniert (**Bild 3**).

Seitlich oder schräge Schnitte werden mit Schieberenlementen, an denen die Schneidmesser befestigt sind, ausgeführt. Die notwendige Schneidbewegungen erfolgen über Keilantriebe im niedergehenden Werkzeug (**Bild 4**).

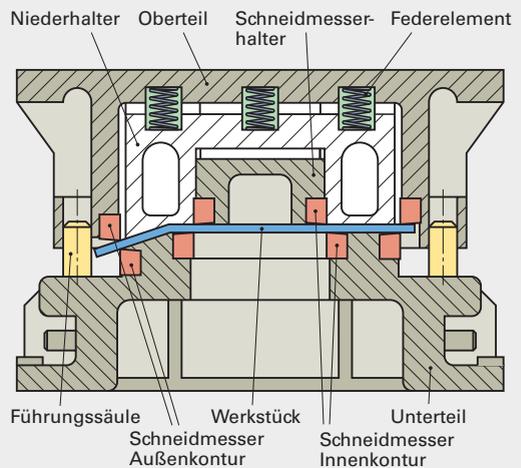
Der erforderliche Schneidspalt wird in Abhängigkeit von der Blechdicke  $s$  und der Zugfestigkeit  $R_m$  des Blechwerkstoffes bestimmt. Die falsche Auslegung des Schneidspaltes hat wie beim Schneiden mit kleinen Werkzeugen die selben Auswirkungen, wie erhöhter Werkzeugverschleiß, höhere Schneidkraft und Gratbildung am Schnittteil.

Bei Blechen mit  $R_m$  kleiner  $450 \text{ N/mm}^2$  wird ein Schneidspalt  $u = 0,06 \cdot s$  bis  $u = 0,08 \cdot s$  gewählt. Bei Blechen mit  $R_m$  größer  $450 \text{ N/mm}^2$  wählt man  $u = 0,09 \cdot s$  bis  $u = 0,12 \cdot s$ .

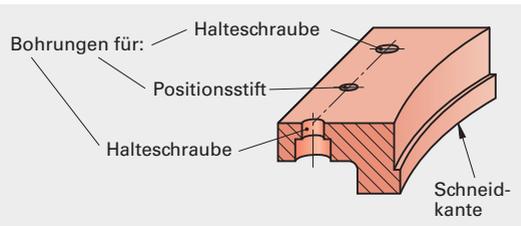
## Abfalleitung

Da bei der Herstellung von großen Blechteilen fallen große, schwere Abfallstücke an. Diese sind prozesssicher abzuleiten und aus dem Werkzeug zu entfernen. Es dürfen deshalb keine störenden Kanten im Werkzeug vorhanden sein, der Abfall muss störungsfrei abfallen oder abrutschen können. Leitbleche, Förderbänder und Vibrationsförderer unterstützen den Vorgang.

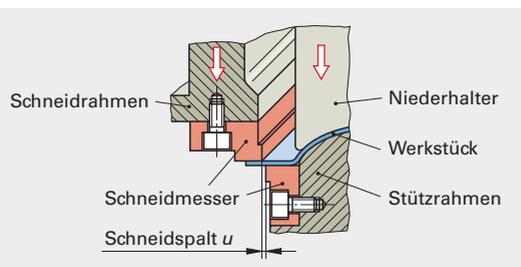
<sup>1)</sup> adhäsiv (lat.) = anhaftend



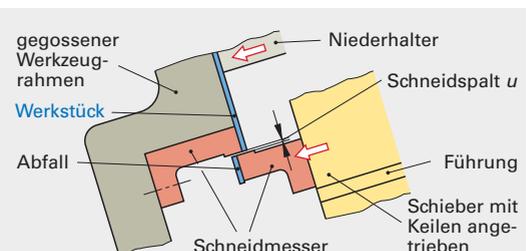
**Bild 1: Schneidwerkzeug**



**Bild 2: Schneidsegment**



**Bild 3: Befestigung der Schneidsegmente**



**Bild 4: Schräger Schnitt**

### 2.5.5.1 Normalien für den Formaufbau

Nach der Art des Aufbaus werden Zweiplatten-, Dreiplatten- und Backenwerkzeugnormalien unterschieden.

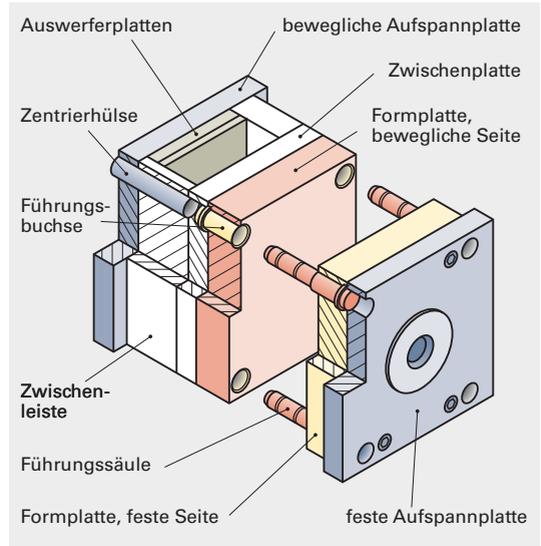
Nach dem Vorfertigungsgrad sind zwei Ausführungen üblich, nämlich Formaufbauten mit gebohrten und solche mit nicht gebohrten Platten. Bei den gebohrten Platten sind die Bohrungen für die Führungs- und Verbindungselemente bereits gebohrt.

#### Formaufbau für Zweiplattenwerkzeuge

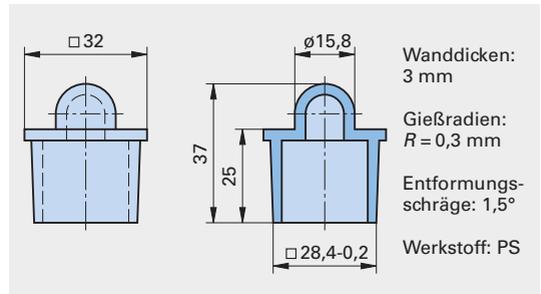
Zweiplattenwerkzeuge sind dadurch gekennzeichnet, dass sie eine feste und eine bewegliche Formplatte haben. Sie gehören zu den meist verwendeten Werkzeugarten.

Der Formaufbau besteht neben den Aufspann-, Form- und Zwischenplatten aus den Zwischenleisten und den Auswerferplatten (**Bild 1**). Die bewegliche Aufspannplatte wird über Zentrierhülsen mit den Zwischenleisten und der Zwischenplatte sowie der beweglichen Formplatte fixiert und mit Innensechskantschrauben verbunden. Die feste Aufspan- und die Formplatte führen über Säulenführungen die anderen Platten. Die Auswerferplatten nehmen die Auswerferelemente auf.

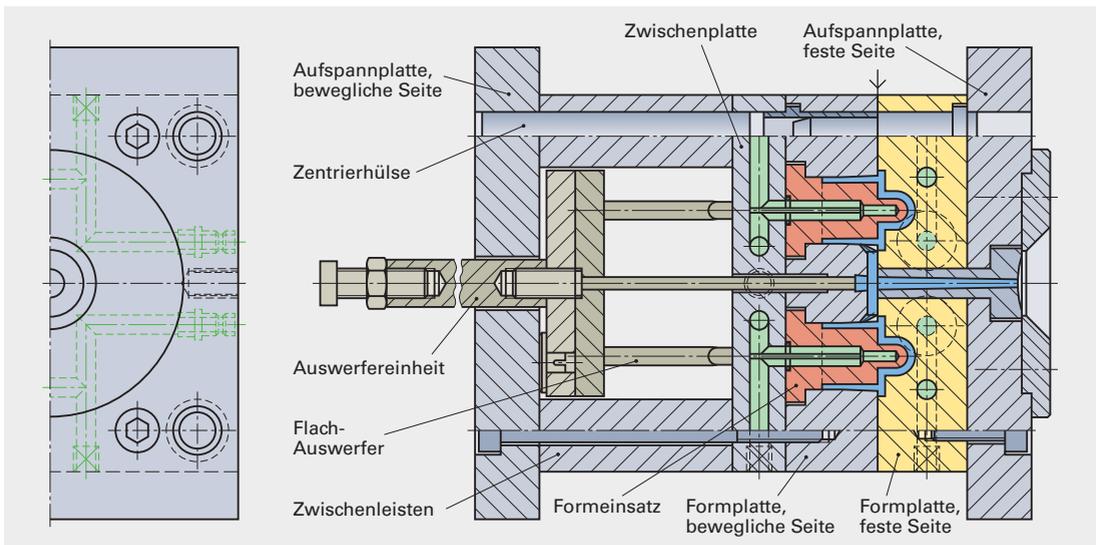
Dieser Formaufbau kommt zur **Anwendung** bei Formteilen, die einfach zu entformen sind (**Bild 2**). Er eignet sich für Einfach- und Mehrfachwerkzeuge, bei denen die Formteile über Auswerferstifte entformt werden (**Bild 3**).



**Bild 1: Aufbau Zweiplattenwerkzeug**



**Bild 2: Lagerzapfen**



**Bild 3: Zweiplattenspritzgießwerkzeug für Lagerzapfen**

Beim Werkzeug **Bild 3 Seite 158** wird die Kavität durch die feste Formplatte, die bewegliche Formplatte und durch die Formeinsätze gebildet. Da das Formteil keine Hinterschneidungen aufweist, wurde aus Kostengründen ein Aufbau als Zweiplattenwerkzeug gewählt.

Die Formteile werden seitlich über einen Tunnelanguss angegossen. Zwei Ausführungsformen des Anschnitts zeigt **Bild 1**. Die stumpfkegelige Ausführung ergibt einen elliptischen Übergang zum Formhohlraum, die spitzkegelige einen etwas kleineren, punktförmigen. Da das Formteil recht klein ist, wurde bei diesem Werkzeug der spitzkegelige Anschnitt gewählt. Die Entformung des Formteils erfolgt durch je zwei Flachauswerfer. Das Angussystem wird durch einen zentral angeordneten Auswerferstift entformt. Das Werkzeug arbeitet mit zwei Temperierkreisläufen, was bei diesem Formteil sicher ausreichend ist.

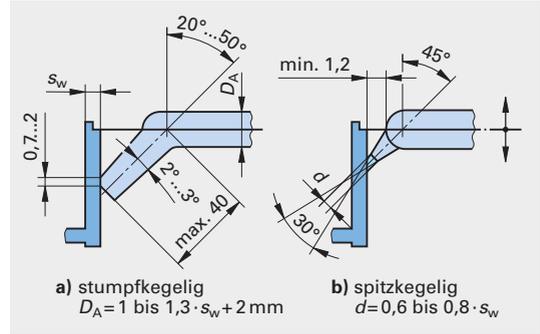
**Formaufbau für Dreiplattenwerkzeuge**

Der Aufbau für Dreiplattenwerkzeuge ist dadurch gekennzeichnet, dass er drei Formplatten aufweist.

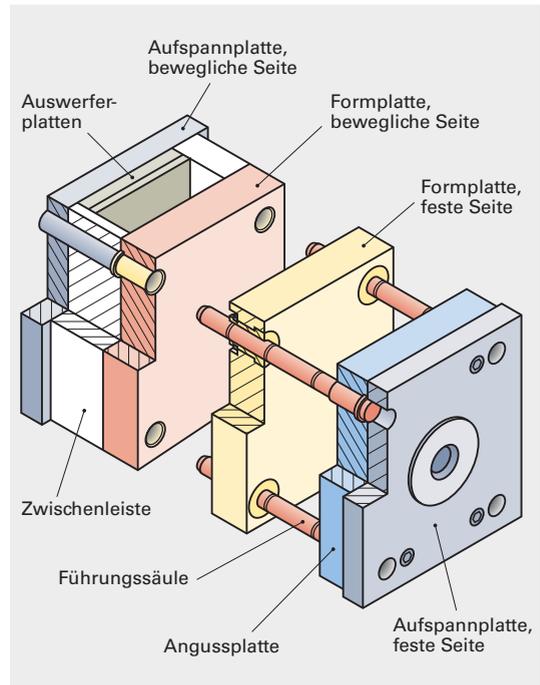
Die in der feststehenden Werkzeughälfte angeordnete erste Formplatte wird meist als Angussplatte bezeichnet (**Bild 2**). Da alle drei Formplatten zueinander beweglich sein können, ergeben sich bis zu drei Trennebenen. Die Steuerung der Öffnungsbewegungen erfolgt über Klinkensysteme oder mittels Zugbolzen (**vergleiche Bild 1, Seite 160**). Durch diese Bauweise ist es möglich das Formteil und den Anguss in der Form automatisch zu trennen und über eine eigene Trennebene auszuwerfen. Hierdurch lässt sich das Angussrecycling direkt an der Maschine durchführen. Ferner können die Formteile durch eine Handlingseinrichtung leichter entnommen werden. Der Aufbau ist je nach Entformung mit oder ohne Auswerferplatten gestaltet.

Der Formaufbau für Dreiplattenwerkzeuge kommt zur **Anwendung**, wenn Formteile in einer Form mittig angegossen werden sollen und aus Kostengründen ohne Heißkanalsystem gearbeitet wird. Mittiges Angießen ist bei scheibenförmigen Formteilen wichtig um einen symmetrischen Füllvorgang zu erreichen.

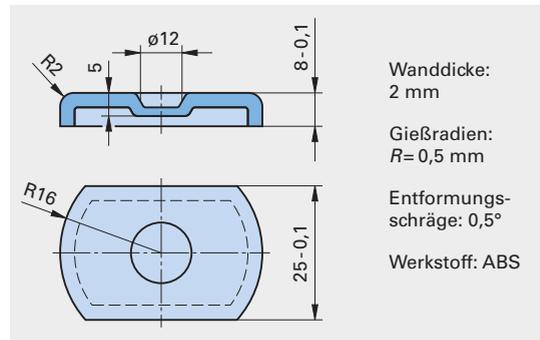
Der Abschlussdeckel **Bild 3** weist z.T. sehr kleine Toleranzen auf und soll in größeren Stückzahlen ohne Heißkanalsystem gegossen werden. Ferner muss beim Auswerfvorgang eine Trennung zwischen Formteil und Angussystem erfolgen. Aus diesen Gründen wird ein Aufbau für Dreiplattenwerkzeuge gewählt.



**Bild 1: Tunnelanguss**

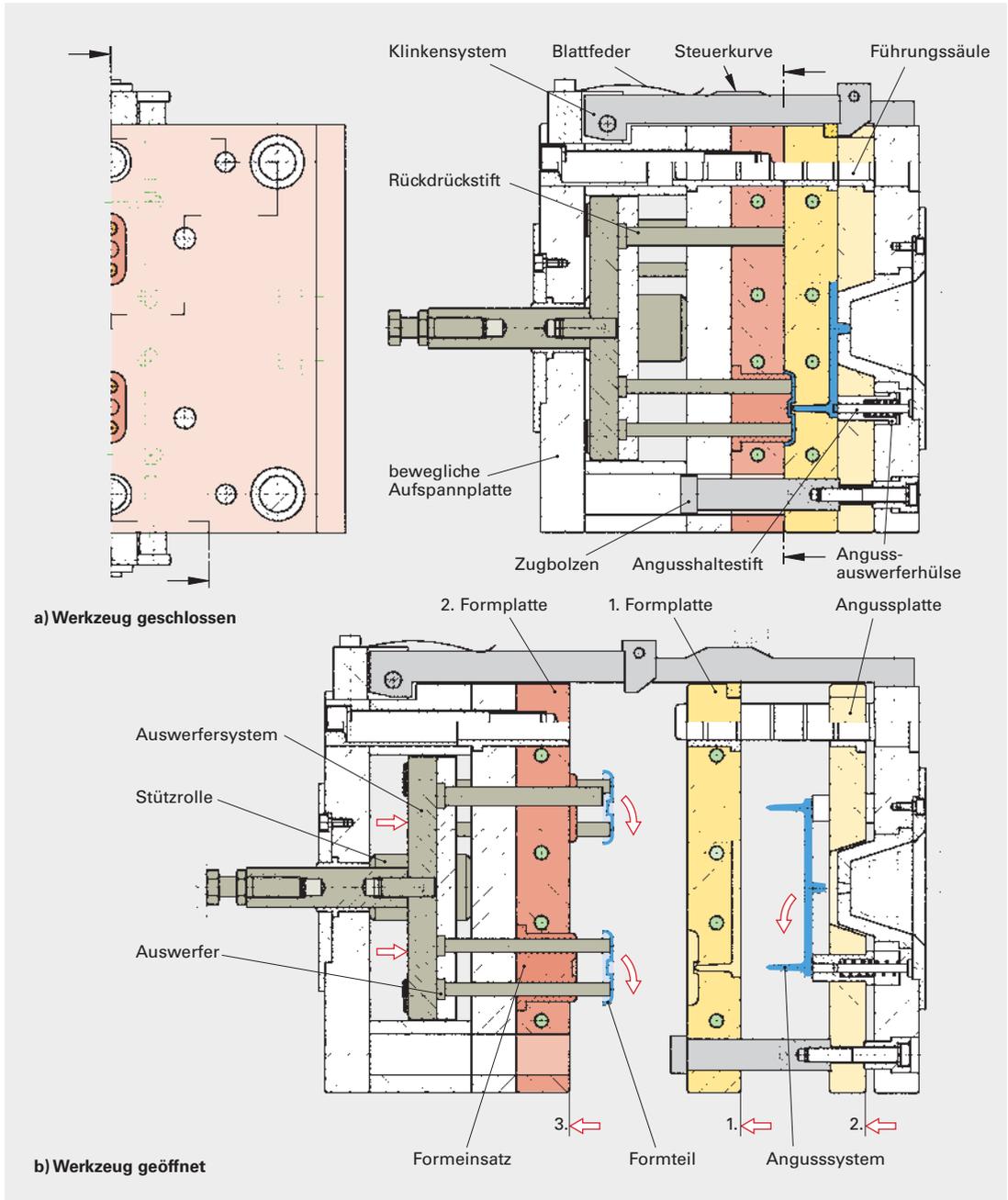


**Bild 2: Aufbau Dreiplattenwerkzeug**



**Bild 3: Abschlussdeckel**

Das Dreiplattenwerkzeug für den Abschlussdeckel zeigt **Bild 1**. Bei dem Zweifachwerkzeug werden die Teile zentral angegossen und durch die 1. Formplatte und dem Formeinsatz der 2. Formplatte geformt. Nach dem Gießvorgang öffnet das Werkzeug in der Nebentrennebene 1. Durch das Klinkensystem und den Angussstift bleiben zunächst die Trennebene 3 und 2 geschlossen. Nachdem der Zugbolzen zur Anlage gekommen ist, öffnet die Ebene 2 und das Angussystem wird durch die Auswerferhülse ausgeworfen. Das über eine Kurve gesteuerte Klinkensystem gibt jetzt die Haupttrennebene 3 frei und die Auswerferstifte können die Formteile auswerfen. Die Temperierung des Werkzeugs erfolgt durch je einen Kreislauf in den Formplatten.



**Bild 1: Dreiplattenwerkzeug für Abschlussdeckel**

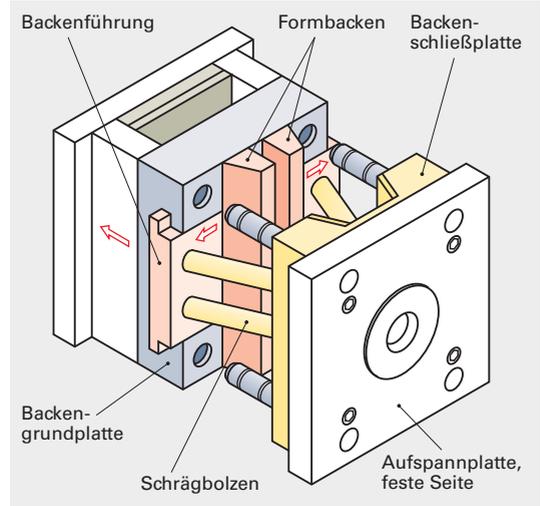
### Formaufbau für Backenwerkzeuge

Backenwerkzeuge werden dann eingesetzt, wenn umlaufende Außenhinterschneidungen entformt werden müssen.

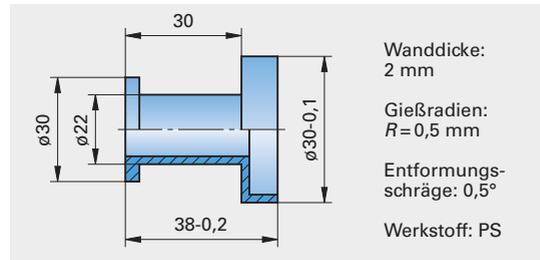
Aufbauten für Backenwerkzeuge (**Bild 1**) bestehen aus einer prismatisch ausgesparten Backenschließplatte, die mit der festen Aufspannplatte verschraubt ist. Wichtige Bauteile sind ferner die senkrecht zur Werkzeugachse beweglich angeordneten Backen, die über Flachführungen in der Backengrundplatte genau geführt werden. Die Bewegung der Backen kann über in der Backenschließplatte gelagerte Schrägbolzen oder über seitlich an dieser angebrachte Entriegelungsleisten geschehen. Die Zuhaltung der Backen erfolgt über die Backenschließplatte. Die übrigen Platten und Führungselemente entsprechen denen bei den anderen Aufbauten. Die **Vorteile** von Backenwerkzeugen sind:

- große Backenöffnungswege
- große Backenzuhaltekräfte
- freier Fall der entformten Teile

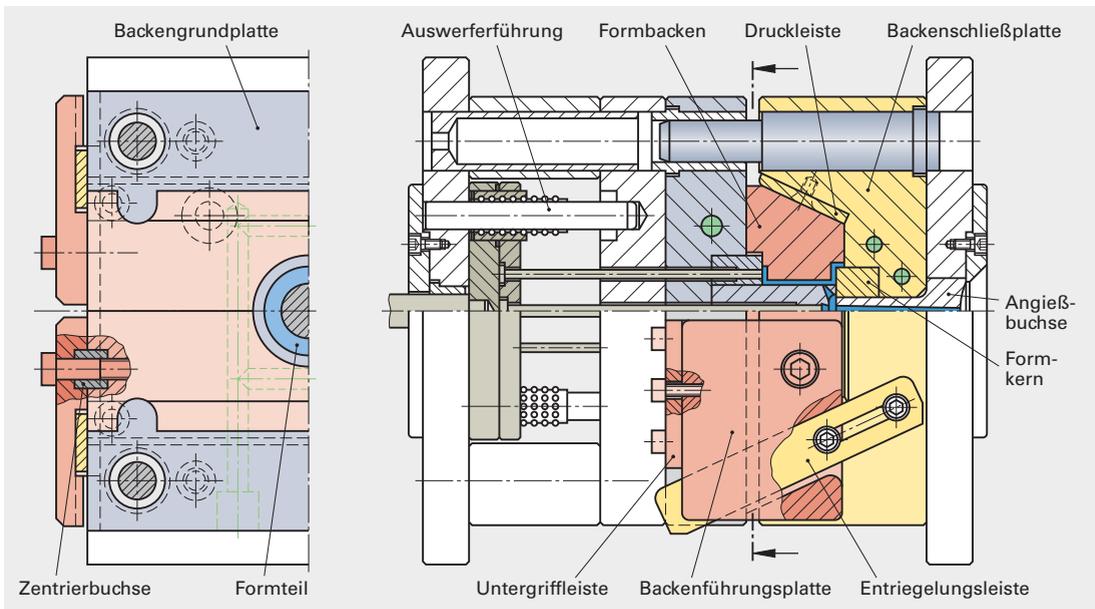
Ein typisches Anwendungsbeispiel für Backenwerkzeuge ist der Spulenkörper **Bild 2**. Die Ränder an der Unter- und Oberseite des Formteils ergeben große Hinterschneidungen, die nur über entsprechende Backenbewegungen entformt werden können. Das entsprechende Werkzeug zeigt **Bild 3**. Bei diesem Werkzeug handelt es sich um ein Backenwerkzeug, bei dem die Backenbewegung über Entriegelungsleisten erfolgt.



**Bild 1: Aufbau Backenwerkzeug**



**Bild 2: Spulenkörper**



**Bild 3: Backenwerkzeug für Spulenkörper**

### 3.1.4 Aufbau einer Vorrichtung

Fast alle Vorrichtungen sind durch einen bestimmten Konstruktionsaufbau gekennzeichnet (**Bild 1**). Dieser ergibt sich aus den Aufgaben, die eine Vorrichtung erfüllen muss.

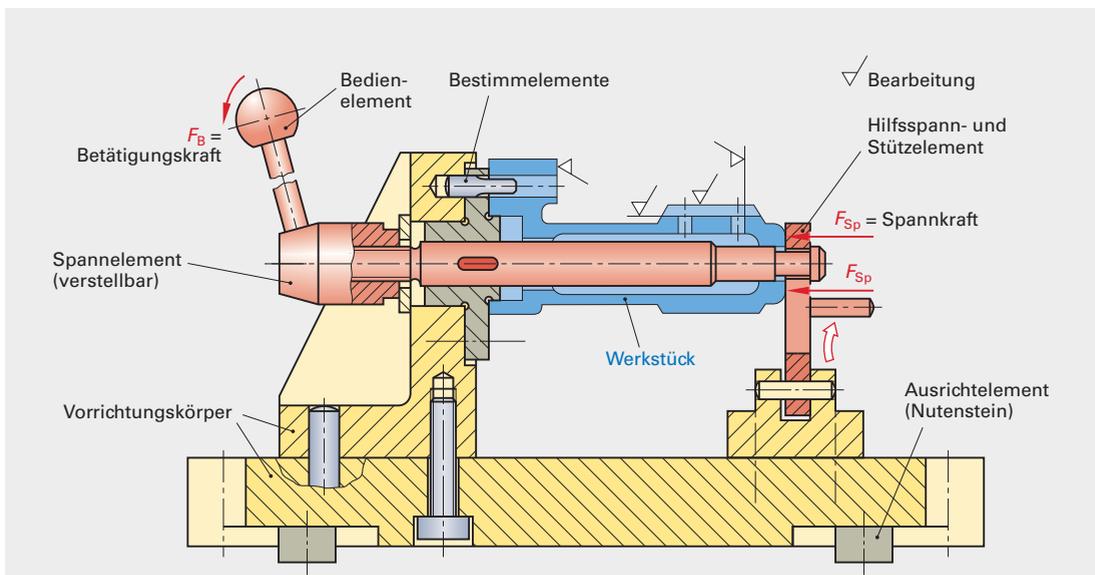
Die einzelnen Bauelemente übernehmen dabei bestimmte Funktionen. So dienen **Lagebestimm-elemente** dazu, die Werkstücke aufzunehmen und sie in ihrer Lage zu bestimmen, sodass kein Ausrichten der Werkstücke nötig ist. Über **Bedienelemente** wird die Betätigungskraft  $F_B$  eingeleitet. **Spannelemente** verstärken die Kraft und geben sie an **Hilfsspannelemente** weiter, die sie auf das Werkstück übertragen. Die Spannkraft  $F_{Sp}$  hält das Werkstück fest, sodass es auch unter dem Einfluss der Bearbeitungskräfte bestimmt bleibt. Der **Vorrichtungskörper** ist Träger der Spann- und Bestimmelemente einer Vorrichtung und bildet die Verbindung zum Maschinentisch. Neben diesen Bauelementen sind bei manchen Vorrichtungen noch spezielle Elemente zu finden, z. B. Ausrichtelemente, Stützelemente oder Werkzeugführungselemente.

### 3.1.5 Vorgänge bei der Bedienung einer Vorrichtung

Beim Bedienen einer Vorrichtung können folgende Vorgänge unterschieden werden: Einlegen des Werkstückes, Schließen der Vorrichtung, Spannen des Werkstückes, Bearbeitung, Entspannen und Öffnen der Vorrichtung, Entnehmen des Werkstückes, Säubern der Vorrichtung. Da die Bedienzeit einer Vorrichtung fast immer eine Nebennutzungszeit darstellt, muss sie aus Kostengründen möglichst klein gehalten werden. Dies kann besonders durch zweckmäßige Gestaltung der Vorrichtung erreicht werden. Folgende Forderungen sollten dabei beachtet werden:

- Das Einlegen des Werkstückes soll ohne Ausrichten schnell und sicher möglich sein
- Das Spannen soll schnell, einfach, zuverlässig und ohne Verformung des Werkstückes erfolgen
- Die Spänebeseitigung und Reinigung der Vorrichtung soll einfach möglich sein
- Die Bedienteile sollen so angeordnet sein, dass keine Verletzungsgefahr besteht.

Für die Handhabung des **Werkstückes** in der Vorrichtung spielen dessen Form, Größe und Gewicht eine Rolle. Der Werkstoff beeinflusst die Schnittkräfte und die Spannbildung. Die Art des **Werkzeuges** beeinflusst die Spanform und die Schnittkräfte. Die Leistung der **Werkzeugmaschine** beeinflusst vor allem die Größe der Schnittwerte.



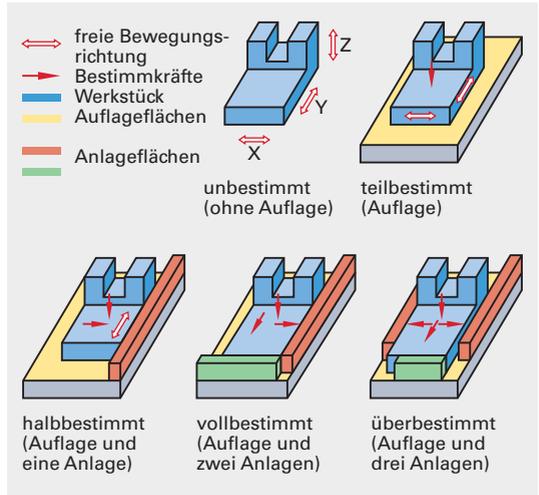
**Bild 1: Aufbau einer Vorrichtung**

## 3.2 Grundlagen des Vorrichtungsbau

### 3.2.1 Lagebestimmung (Positionieren)

Eine Vorrichtung hat die Aufgabe, ein oder mehrere Werkstücke in einer genau bestimmten Lage (Position) festzuhalten. Dabei soll die Lage des Werkstückes vollbestimmt, aber nicht überbestimmt sein (**Bild 1**).

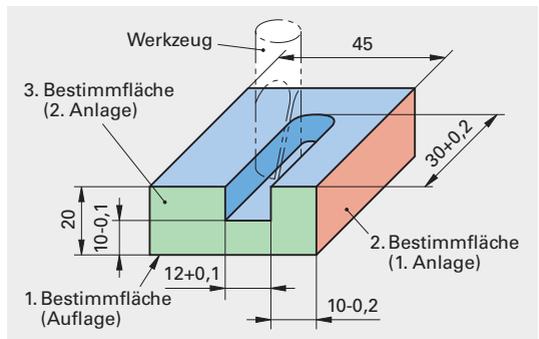
Jeder Körper ist durch die Lage seiner drei Achsen (x-, y-, z-Achse) bestimmt. Ein Werkstück muss daher, je nach Bearbeitungsaufgabe, in einer, zwei oder drei Ebenen bestimmt werden. Überbestimmt ist ein Werkstück, wenn in einer Bestimmebene mehr als eine Fläche zum Bestimmen verwendet wird. Ein überbestimmtes Werkstück liegt ungleich auf, wodurch es zu Maßänderungen und Formfehlern kommen kann.



**Bild 1: Lagebestimmung des Werkstückes**

### 3.2.2 Wahl der Bestimmflächen

Das Werkstück kann in der Vorrichtung, je nach seinem Bearbeitungszustand und seiner Form, an rohen oder bearbeiteten ebenen Flächen, Bohrungen oder anderen Formelementen bestimmt werden. Als Bestimmfläche ist grundsätzlich die Werkstückfläche oder Form zu wählen, von der die Bemaßung für die zu bearbeitende Fläche ausgeht (**Bild 2**).



**Bild 2: Wahl der Bestimmflächen**

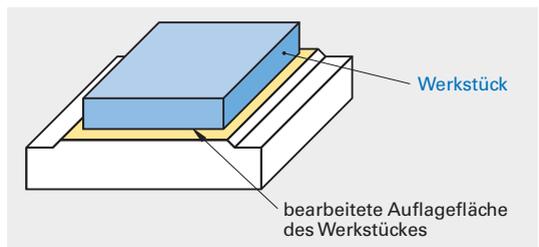
Bei unbearbeiteten Gussteilen ist es oft zweckmäßig, eine oder zwei Bestimmflächen durch eine Vorbearbeitung zu schaffen, an welchen dann das Werkstück jeweils aufgenommen wird.

### 3.2.3 Bestimmelemente

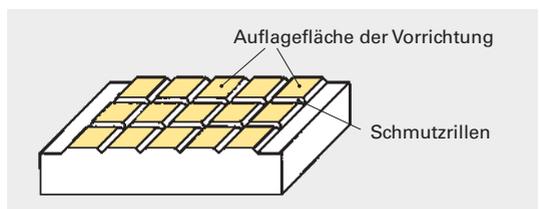
Im Vorrichtungsbau werden als Bestimmelemente hauptsächlich Auflagen, Anschläge, Bolzen, Stifte, Prismen, Ringaufnahmen und Aufnahmebleche verwendet. Alle Bestimmelemente sind aus Werkzeug- oder Einsatzstahl herzustellen und entsprechend zu härten, um den Verschleiß zu verringern.

#### Auflagen

**Vorbearbeitete** Werkstücke werden durch Flächenauflagen bestimmt (**Bild 3**). Kleine Werkstücke können auf der ganzen Fläche, größere Werkstücke auf Auflageleisten aufliegen. Große Auflageflächen versieht man häufig mit **Schmutzrillen** (**Bild 4**), wodurch sie leichter sauber zu halten sind.



**Bild 3: Flächenauflage**



**Bild 4: Auflageflächen mit Schmutzrillen**

## 5.2.4 Programmierung von CNC-Fräsmaschinen

Jede numerische Steuerung folgt exakt den Programmanweisungen, die aus dem CNC-Programm systematisch abgearbeitet werden. Ziel ist die fehlerfreie Fertigung des zu produzierenden Werkstückes entsprechend der Zeichnung. Dafür enthält ein CNC-Programm neben den Weginformationen und Koordinaten auch zusätzliche Technologiefunktionen und Maschinenfunktionen. Damit erfolgt die Herstellung eines Werkstückes automatisch. Zur Sicherheit erfolgt vor dem eigentlichen Produktionsprozess die grafische Simulation am Rechner oder an der Werkzeugmaschine als Probe-lauf.

Zur Erstellung eines CNC-Programmes ist es notwendig, den vollständigen Fertigungsablauf gedanklich vorzuplanen. Bis heute hat sich eine technologieübergreifende, einheitliche Steuerungssoftware zur Umsetzung der CNC-Programme nicht durchgesetzt. Die am Markt befindlichen Steuerungshersteller realisieren ihre Lösungen jeweils individuell.

Aus der historischen Entwicklung heraus stammt der Ansatz der manuellen Programmierung angelehnt an die DIN 66025:

Bei dieser Art der Programmierung steht nur ein begrenzter Vorrat an Anweisungen zur Verfügung. Alle Koordinaten und Funktionen selbst sind Satz für Satz einzugeben. Hierbei werden die Wegbedingungen mittels des sogenannten G-Codes (G engl. = go) programmiert. Der Vorteil dieser Programmierung ist die Portabilität: ein CNC-Programm, welches nach DIN 66025 programmiert ist, ist auf nahezu jeder CNC-Fräsmaschine lauffähig. Dagegen ist die Art und Weise dieser Programmierung eher umständlich und ineffektiv. Sie bildet somit nur den Einstieg in die CNC-Programmierung.

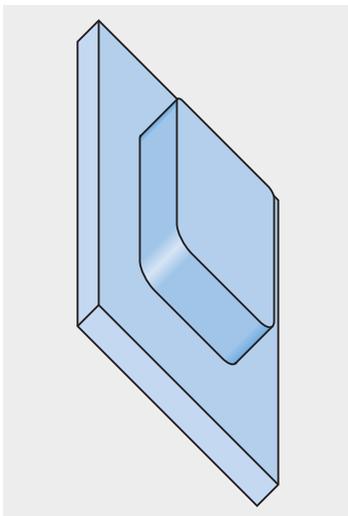
**Hinweis:** Bei der Programmierung mittels CAM<sup>1)</sup> erzeugt der sogenannte Postprozessor für die 2- und 3-D-Konturen auch einen Programcode nach DIN 66025; dabei besteht eine nur begrenzte Korrekturmöglichkeit .

Am folgenden Arbeitsbeispiel werden die verschiedenen Programmierstrategien vorgestellt:

**Arbeitsbeispiel Formeinsatz (Bild 1):**

### 5.2.4.1 Manuelle Programmierung; angelehnt an DIN 66025

Für den in Bild 1 als Arbeitsbeispiel gezeichneten Formeinsatz ist die Schlichtbearbeitung der Absatzkontur als CNC-Programm mit Kommentaren im G-Code dargestellt (**Bild 2**). Der Werkstücknullpunkt befindet sich in der Mitte des Bauteiles. **Bild 1** der nächsten Seite zeigt den Formeinsatz mit Bemessung.



**Bild 1: Volumenmodell**

G17;	Bearbeitungsebene xy
G90 G54;	Absoluteingabe, gespeichert NPV
G64;	Bahnbetrieb
Trans Z0;	programmierte NPV
Rot Z0;	Rotation
T= FRAESER 20;	Werkzeugaufruf
M3 S1200;	Drehrichtung, Drehzahl
G0 X0Y-90 Z10;	Vorpositionierung
G1 Z-35 F3000;	Eintauchen mit Vorschub
G1 G41 Y-32,5;	1. Konturpunkt anfahren mit Bahnkorrektur
G1 X-48 RND=4;	2. Konturpunkt, verrunden mit R4
G1 Y32,5 RND=4;	3. Konturpunkt, verrunden mit R4
G1 X48 RND=10;	4. Konturpunkt, verrunden mit R10
G1 Y-32,5 RND=10;	5. Konturpunkt, verrunden mit R10
G1 X0;	Endpunkt Kontur
G1 Y-60;	Kontur verlassen
G0 Z2;	Abheben in Z
G0 G40 Z100;	Bahnkorrektur löschen
M30;	Programmende und Rücksprung

**Bild 2: Programmausdruck für den Formeinsatz**

<sup>1)</sup> CAM: engl. Computer Aided Manufacturing, Computer unterstützte Fertigung. Dabei werden die aus einem CAD-Datenmodell erzeugten Daten direkt für die CNC-Programmierung mittels der CAD-CAM-Kopplung genutzt.

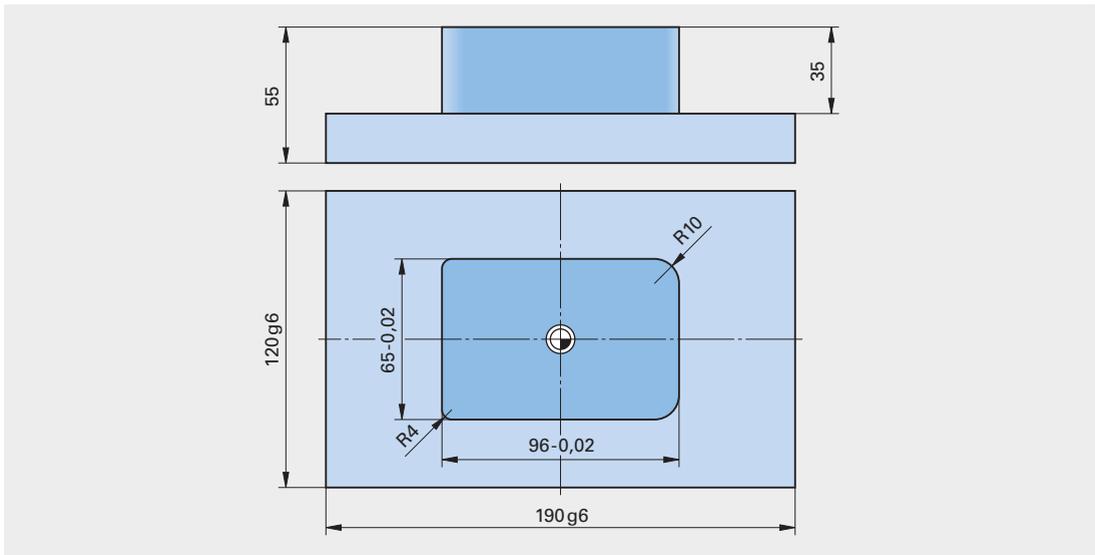


Bild 1: Formeinsatz mit Bemaßung

#### 5.2.4.2 Programmierung mit Hilfe von Zyklen

Zyklen<sup>1)</sup> sind in den meisten numerischen Steuerungen fest vorprogrammiert. Bild 2 zeigt für den Standardzyklus *Rechteckzapfen* die Dialogeingabe. Die verlangten Parameterwerte müssen entsprechend gesetzt werden. Damit kann die Programmierung vereinfacht und die Programmlänge reduziert werden.

Die Verrundungen, wie in dem Beispiel am Formeinsatz (R4 und R10) gefordert, sind mit diesem Standardzyklus **nicht** möglich. Es ist ein zweiter Zyklusaufwurf notwendig.

NC/UKS/EUROPAUERLAG/ZYKLEN

P Y

END

Rechteckzapfen

T CUTTER 20 D 1

F 0.120 mm/Zahn

U 180 m/min

Bezugspunkt

Bearbeitung

Einzelposition	
X0	0.000
Y0	0.000
Z0	0.000
W1	120.000
L1	180.000
W	65.000
L	96.000
R	4.000
α0	0.000 °
Z1	-35.000 abs
DZ	18.000
UXY	0.200
UZ	0.200

Nur ein Radius programmierbar

Bild 2: Dialogeingabegrafik für die Programmerstellung mit dem Zyklus Rechteckzapfen

<sup>1)</sup> Zyklen: typische, sich wiederholende Fertigungsabläufe. Diese werden einmal aufgerufen und mit Parameterwerten ergänzt.

### 5.2.4.3 Grafische Programmierung

Bei der grafischen Programmierung erstellt man zunächst die Geometrie des zu bearbeitenden Bauteils aus geometrischen Elementen wie zum Beispiel Geraden oder Übergängen. Auf dem Bildschirm erscheint die so definierte Kontur als dynamische Strichgrafik in maßstäblicher Darstellung (Bild 1).

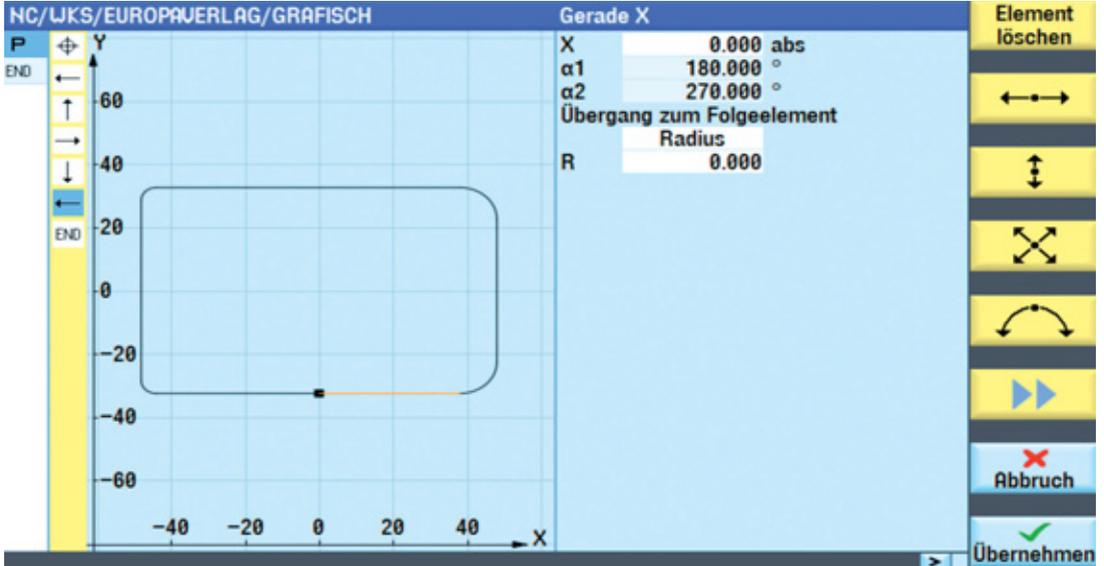


Bild 1: Definition des Elementes Gerade für die Werkstückkontur

Zur Eingabeunterstützung werden dynamische Hilfsgrafiken, wie im Bild 2 zur Eingabe der Geraden abgebildet, angezeigt. Dafür wird die Koordinate X, die Winkel  $\alpha_1$  und  $\alpha_2$  sowie der Übergang zum Folgeelement abgefragt.

Die für den Formeinsatz geforderten unterschiedlichen Radien, R4 und R10, stellen dabei kein Problem mehr dar. Die Hilfsgrafik für die Winkel ist auf der folgenden Seite 279, Bild 1 dargestellt.

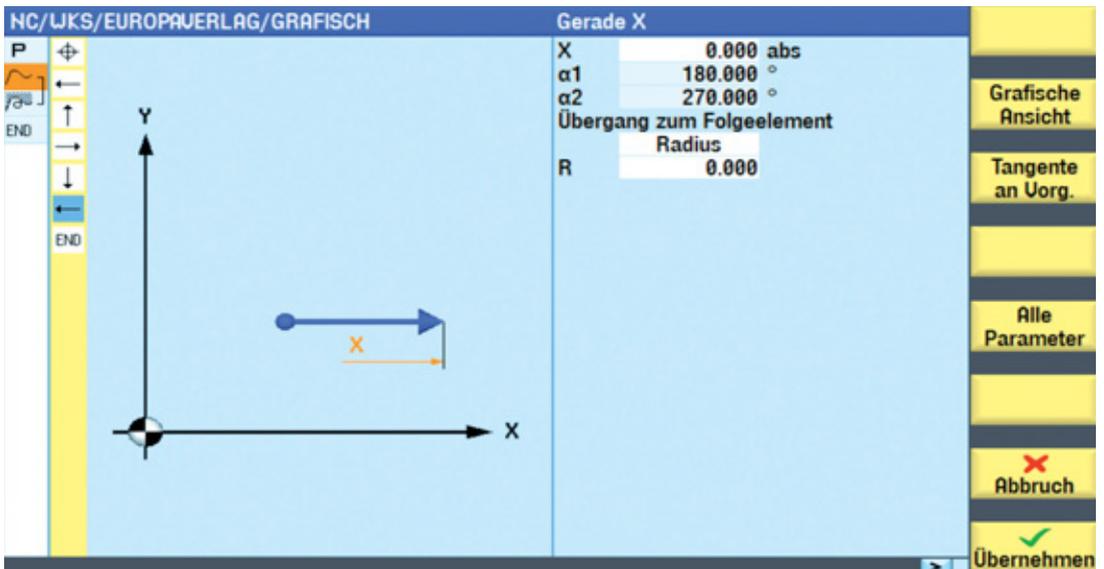


Bild 2: Beispiel der dynamischen Hilfsgrafik zur Eingabeunterstützung für die Gerade

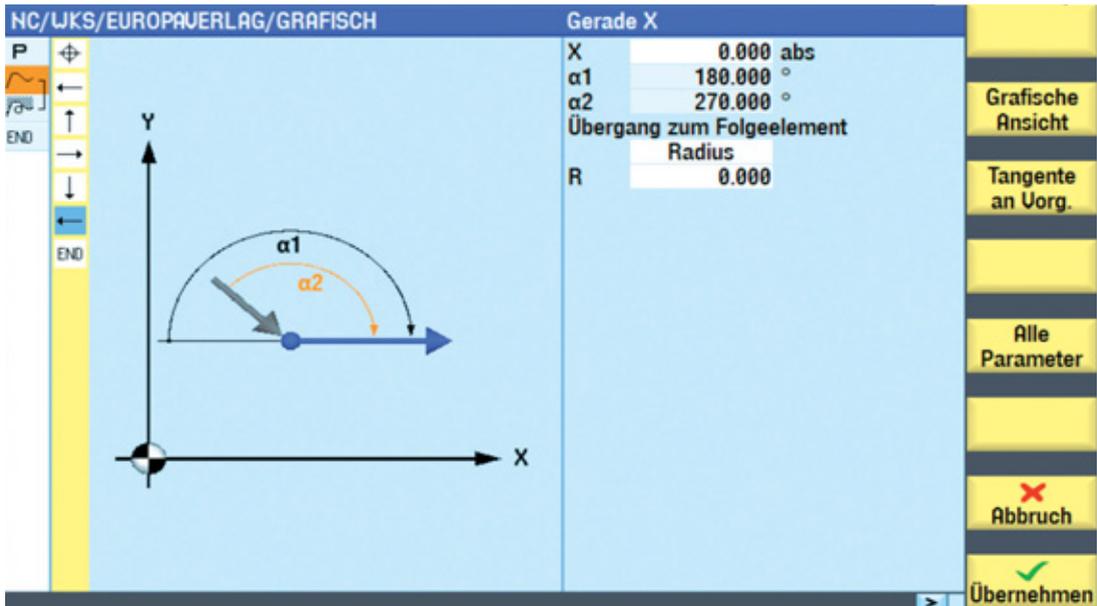


Bild 1: Dynamische Hilfsgrafik als Beispiel zur Eingabeunterstützung der Winkel

Im nächsten Schritt erfolgt die Festlegung der Technologiedaten (Bild 2). Damit werden Technologieparameter, wie beispielsweise die Art der Bearbeitung (Schruppen, Schlichten, Fasen), Radiuskorrekturen, Tiefzustellungen oder auch An- und Abfahrstrategien festgelegt. Zur Programmierung sind auch umfangreiche Eingabehilfen hinterlegt.

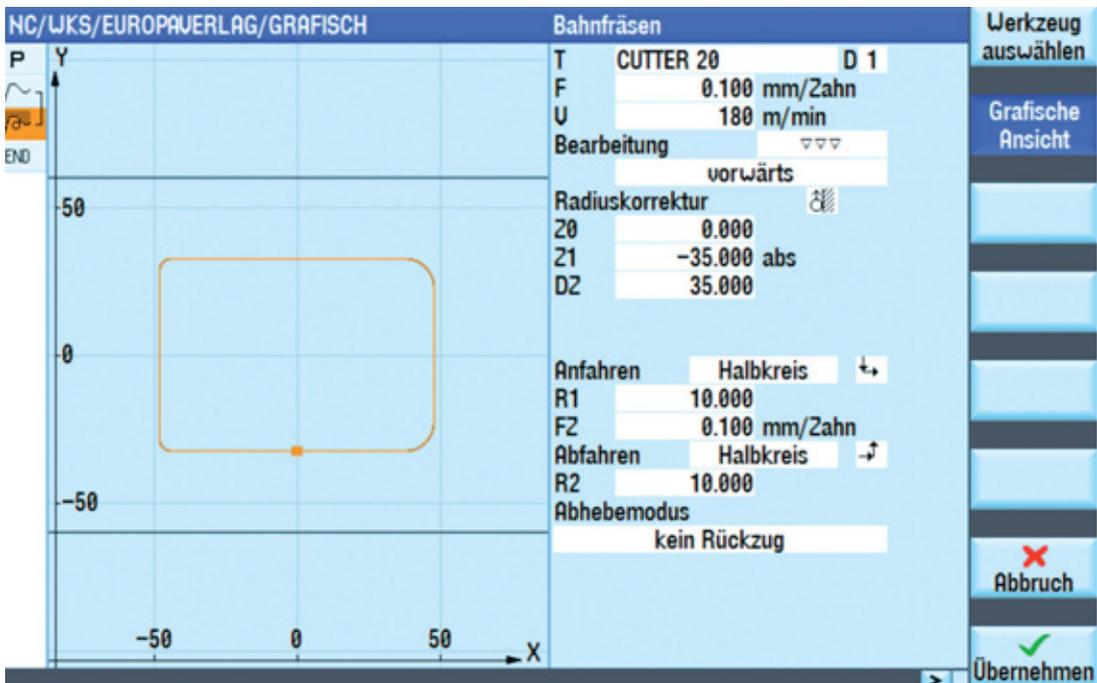


Bild 2: Abfrage bestimmter Technologiedaten über die Eingabemaske

Nach Abschluss der Eingabe der Technologiedaten ist es nun möglich, die Simulationsgrafik zu starten, welche den Arbeitsablauf dynamisch darstellt. Damit können eventuelle Eingabefehler gut erkannt werden. Auch eine Darstellung in mehreren Ansichten ist möglich. Die Bearbeitungszeit ist auf dem Bildschirm in Echtzeit angezeigt.

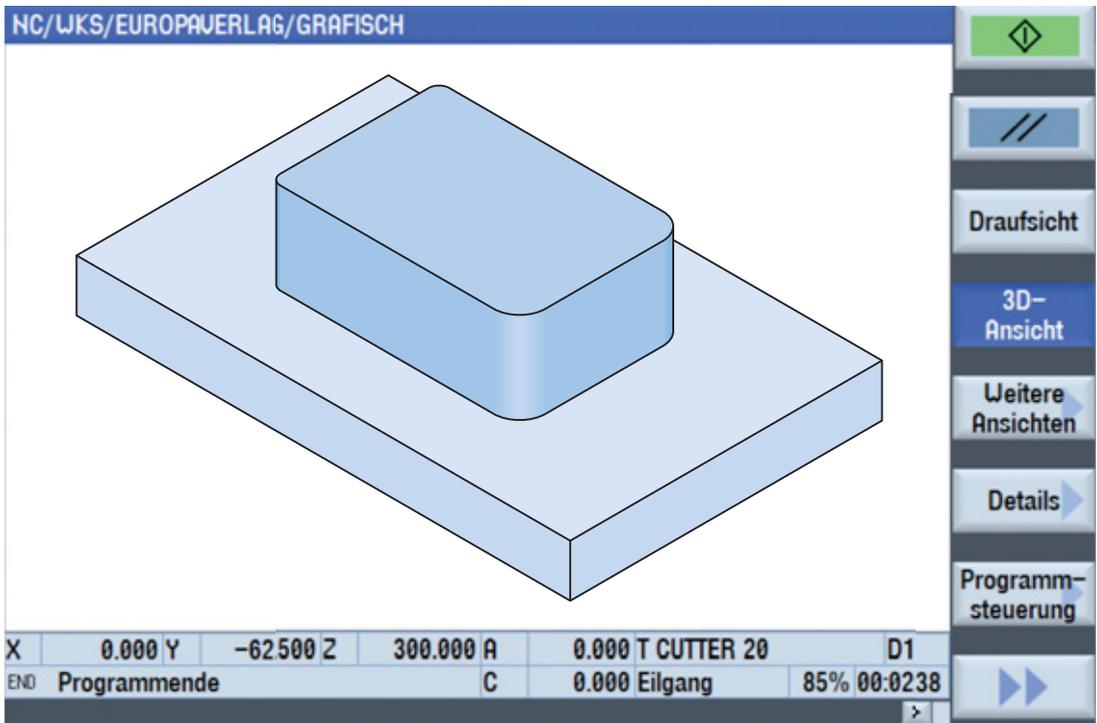


Bild 1: Simulationsgrafik des Formeinsatzes in der 3D-Ansicht

## Wiederholung und Vertiefung

- 1 Nennen Sie Vergleichskriterien, nach denen sich CNC-Fräsmaschinen unterscheiden lassen.
- 2 Erläutern Sie zwei Unterschiede zwischen CNC-Fräsmaschinen und Bearbeitungszentren.
- 3 Erarbeiten Sie mit Hilfe von Herstellerunterlagen eine aktuelle Übersicht über den Stand der am Markt angebotenen Bearbeitungszentren. Berücksichtigen Sie dabei besonders die Anforderungen der zerspanenden Fertigung im Werkzeugbau.
- 4 Ermitteln und erläutern Sie aus dem Programmausdruck **Seite 276, Bild 2** die Technologie- und die Maschinenfunktionen.
- 5 Welche Arten der grafischen Darstellung werden in der CNC-Programmierung unterschieden?
- 6 Ändern Sie die Bauteilgeometrie des Formeinsatzes so, dass eine 5-Achs-Bearbeitung zwingend notwendig wird.
- 7 Erläutern Sie den Begriff CNC-Programmierung und manuelle CNC-Programmierung.
- 8 Beschreiben Sie das Vorgehen bei der grafisch unterstützten Programmierung.
- 9 Vergleichen und dokumentieren Sie die CNC-Bearbeitung (Manuelle Programmierung im Vergleich zur grafischen Programmierung) des Formeinsatzes mit der an Ihrer Schule eingeführten CNC-Steuerung.

## 5.6 Abtragen

### 5.6.1 Funkenerosionsverfahren

Die funkenerosiven Verfahren gehören nach DIN 8580 zu den abtragenden Bearbeitungsverfahren und damit zur Hauptgruppe Trennen. Es können alle elektrisch leitenden Werkstoffe, auch gehärteter Stahl und Hartmetall, bearbeitet werden. Von den verschiedenen Funkenerosionsverfahren werden überwiegend das **funkenerosive Senken** und das **funkenerosive Schneiden** angewandt (Bild 1).

#### Verfahrensmerkmale

Beim Funkenerodieren trägt die Wirkung elektrischer Entladungen zwischen der Werkstückerode (Werkstück) und der Werkzeugelektrode kleine Werkstoffmengen ab. Dabei schmilzt der Werkstoff, wird teilweise verdampft und durch mechanische und elektrische Kräfte entfernt.

Die Werkzeug- und Werkstückerode befinden sich während des Erodiervorganges in einer nicht leitenden Flüssigkeit, dem Dielektrikum. Es isoliert Elektrode und Werkstück und führt zu einer Verengung des Entladekanals und damit zu hoher Energiedichte an der Wirkstelle.

Mit einer **Funkenerosionsanlage** erreicht man einen periodischen Funkenüberschlag. Sie besteht aus einer Maschineneinheit mit Vorschub- und Lageregelung sowie Generator und Dielektrikumbehälter mit Pumpe und Filter (Bild 2).

#### Zünd-, Entlade- und Abtragvorgänge

Zur Erzeugung eines Funkens in der **Zündphase** wird durch den Generator eine pulsierende Spannung (20 V ... 150 V) zwischen den Elektroden angelegt. In dem mit Dielektrikum gefüllten Funken-spalt bildet sich an der Stelle mit dem geringsten Abstand ein starkes elektrisches Feld aus. Stoffteilchen im Dielektrikum bilden eine leitende Brücke und es entsteht ein Entladekanal. Ein Funke springt über (Bild 3/1 und 2).

In der **Entladephase** herrscht im Entladekanal hoher Druck und es fließt ein großer Strom bis 100 A. Dies bewirkt hohe Temperaturen von 8000 °C ... 12 000 °C und verursacht ein sofortiges Schmelzen und Verdampfen von Werkstoffteilchen. Diese Schmelze wird nach dem Abschalten des Stromes explosionsartig herausgeschleudert (Bild 3/3 und 4). Danach verliert der Entladekanal seine Leitfähigkeit. Die im Dielektrikum entstandene Dampfblase schrumpft und wird mit dem erstarrten Werkstoff weggespült (Bild 3/5 und 6).

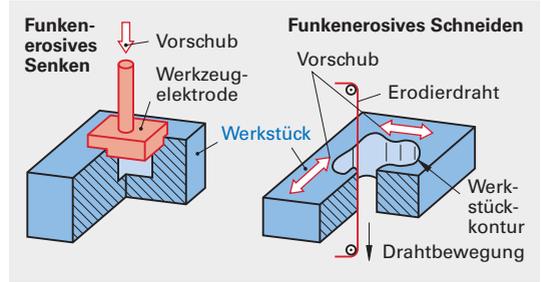


Bild 1: Funkenerosive Verfahren

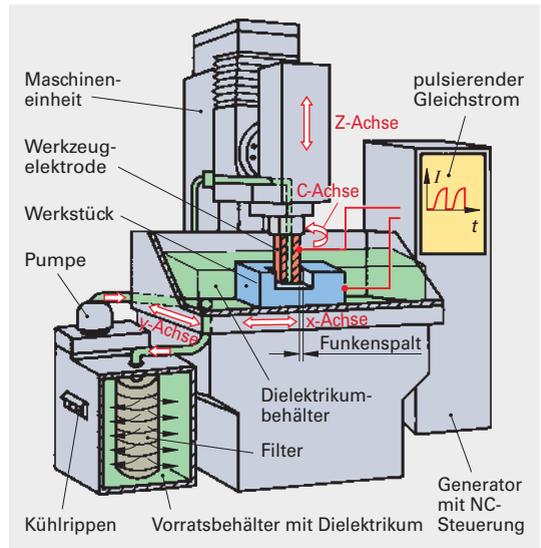


Bild 2: Funkenerosionsanlage zum Senken

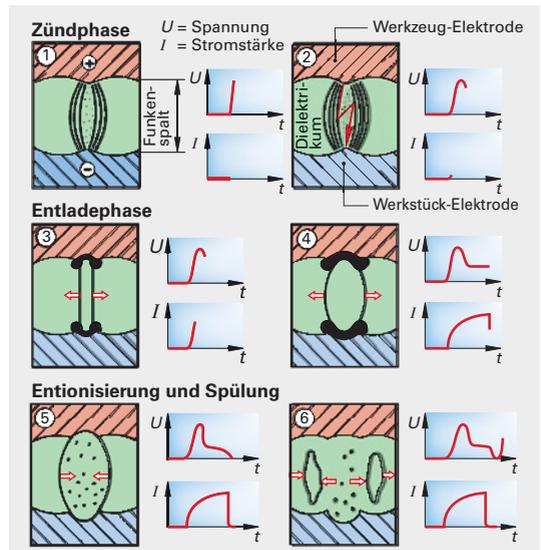


Bild 3: Zünd-, Entlade- und Abtragvorgänge

**Elektrische Kenngrößen**

Der Generator sorgt für die Gleichspannung, die Strombegrenzung und die Form der elektrischen Impulse. Regeleinrichtungen passen die elektrischen Größen an die technologischen Erfordernisse an. Den Verlauf von Spannung und Strom über die Zeit zeigt **Bild 1**. Es ist eine sinnbildliche Darstellung der sich wiederholenden Impulse mit

- **Impulsdauer  $t_i$**
- **Periodendauer  $t_p$**
- **Entladedauer  $t_e$**
- **Pausendauer  $t_o$**  und
- **Zeitverzögerung  $t_d$**

Am Generator können Impulsstrom  $I_i$  als Stromstufe, Impulsdauer, Periodendauer und Pausendauer unabhängig voneinander eingestellt werden. Den Ablauf des Erodierprozesses bestimmt die **Entladeenergie**.

$$W = u_e \cdot i_e \cdot t_e$$

$W$  Entladungsenergie  
 $u_e$  mittl. Entladespannung  
 $i_e$  mittl. Entladestrom  
 $t_e$  Entladedauer

**Erodierkenngrößen**

Bei steigender Entladeenergie ergibt sich eine schlechte Oberflächengüte mit großen Entladekratern, sowie eine Veränderung des Werkstoffgefüges an der Werkstückoberfläche (**Bild 2**).

Die Einstellkenngrößen sollten deshalb so gewählt werden, dass die geforderte Oberflächengüte und Maßhaltigkeit durch einen Schlichtgang noch erreicht wird.

Der Funkenspalt oder Arbeitsspalt  $S$  ist der Zwischenraum zwischen Werkstück und Elektrode in dem der Funke überspringt (**Bild 3**).

Um ein maßgenaues Werkstück erodieren zu können, muss der Funkenspalt bei der Herstellung der Elektrode berücksichtigt werden.

Der frontale Arbeitsspalt  $S_F$  wird durch die Regelung der Maschine bestimmt, der laterale<sup>1)</sup> Arbeitsspalt  $S_L$  dagegen durch Elektrodenwerkstoff, Entladungsimpulse, Spülungsart und das Dielektrikum.

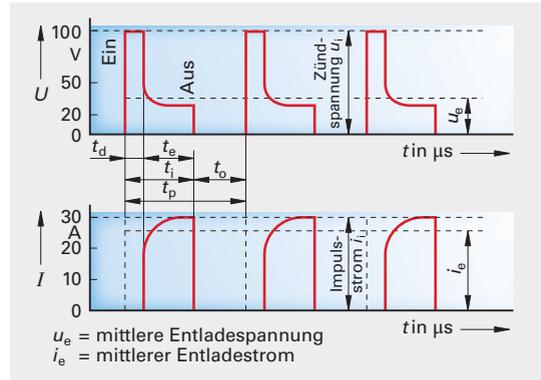
Die Wirtschaftlichkeit des Funkenerosionsverfahrens beschreiben folgende Kenngrößen:

- Abtragerate<sup>2)</sup>  $V_W$  in  $\text{mm}^3/\text{min}$
- Schneiderate<sup>3)</sup>  $V_C$  in  $\text{mm}^2/\text{min}$
- Verschleißrate  $V_E$  in  $\text{mm}^3/\text{min}$  (an der Werkzeugelektrode)

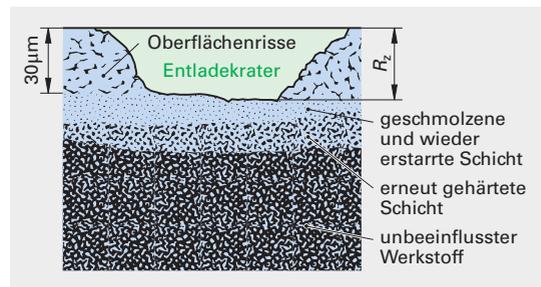
relativer Verschleiß  $\vartheta = \frac{V_E}{V_W} \cdot 100\%$  in Prozent (**Bild 4**)

Längenschleiß  $\vartheta_L$  in mm (**Bild 5**).

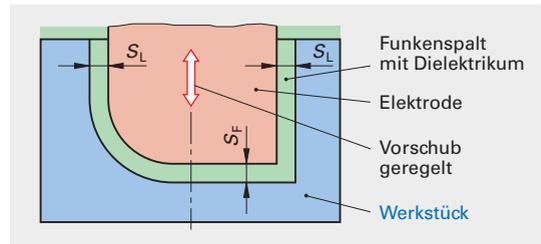
1) lateral (lat.) = seitlich  
 2) beim Senken  
 3) beim Schneiden



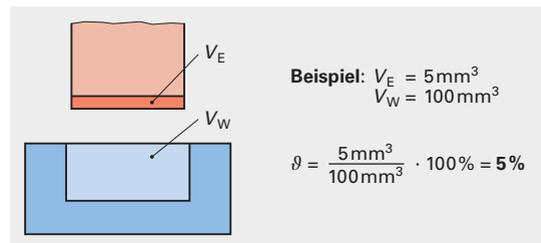
**Bild 1: Spannungs- und Stromverlauf**



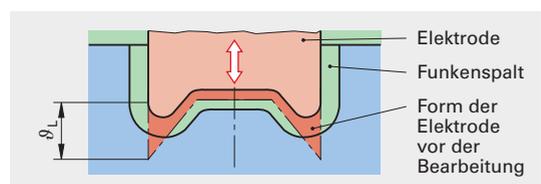
**Bild 2: Oberfläche mit Gefügeänderungen**



**Bild 3: Funkenspalt**



**Bild 4: relativer Verschleiß**



**Bild 5: Längenschleiß**

### 5.6.2 Funkenerosives Senken

Mit dem funkenerosiven Senken können Bohrungen, Durchbrüche, Einsenkungen und Gravuren bei weichen, gehärteten und naturharten Werkstoffen gefertigt werden (**Bild 1**).

Um eine genügend große Abtragate  $V_W$  und ausreichende Oberflächengüte zu erreichen, wird geschruppt und anschließend zum Teil mehrfach geschlichtet. Die erreichbaren Werte zeigt **Tabelle 1**.

	$R_a$	$V_W$
Schruppen	3 $\mu\text{m}$	15 $\text{mm}^3/\text{min}$
Schlichten	3 $\mu\text{m}$ ... 0,8 $\mu\text{m}$	2,5 $\text{mm}^3/\text{min}$
Feinschlichten	0,8 $\mu\text{m}$ ... 0,5 $\mu\text{m}$	0,5 $\text{mm}^3/\text{min}$

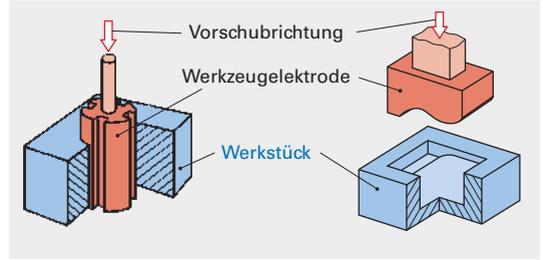


Bild 1: Funkenerosives Senken

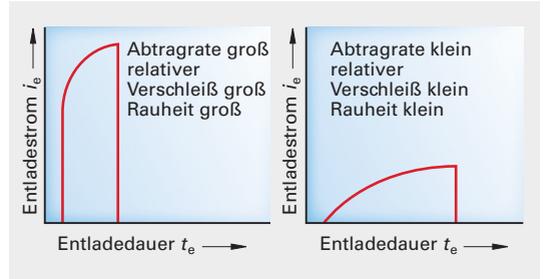


Bild 2: Wirkkombinationen

#### 5.6.2.1 Einstellgrößen beim Senkerodieren

Kurze Bearbeitungszeiten, hohe Oberflächengüten und große Maßgenauigkeit sind die angestrebten Fertigungsziele. Um diese Ziele zu erreichen, müssen die richtigen Prozessgrößen gewählt werden.

- Einstellwerte am Generator:  
Entladestrom  $i_e$ , Impulsdauer  $t_i$ ,  
Pausendauer  $t_o$  und Zündspannung  $u_i$
- die Polarität von Werkstück und Elektrode
- die Einstellung der Spülbedingungen

Für die Einstellung des Entladestroms  $i_e$  gilt:  
Je größer die Stromstärke, desto größer sind Abtragate und Rauheit (**Bild 2**).

Gleichzeitig steigt der relative Elektrodenverschleiß und damit nimmt die Abbildungsgenauigkeit der Elektrode im Werkstück ab. Den Zusammenhang zeigt **Bild 3a**, wobei Impulsdauer und Pausendauer konstant gehalten werden.

Für die Einstellung der Impulsdauer  $t_i$  gilt:  
Erhöht man die Impulsdauer und hält die Stromstärke und die Impulspause konstant, so wirkt der Entladestrom stärker und die Abtragate steigt bis zu einem Maximum an (**Bild 3b**). Erodieren mit größerer Impulsdauer bedeutet geringerer relativer Elektrodenverschleiß (**Bild 3c**), aber zunehmende Oberflächenrauheit (**Bild 3d**).

In der Praxis wählt man zum Schruppen ( $R_z = 50 \mu\text{m}$ ) mit Kupfer und Grafit in Stahl eine Impulsdauer  $t_i$  zwischen Abtragmaximum und Verschleißminimum.

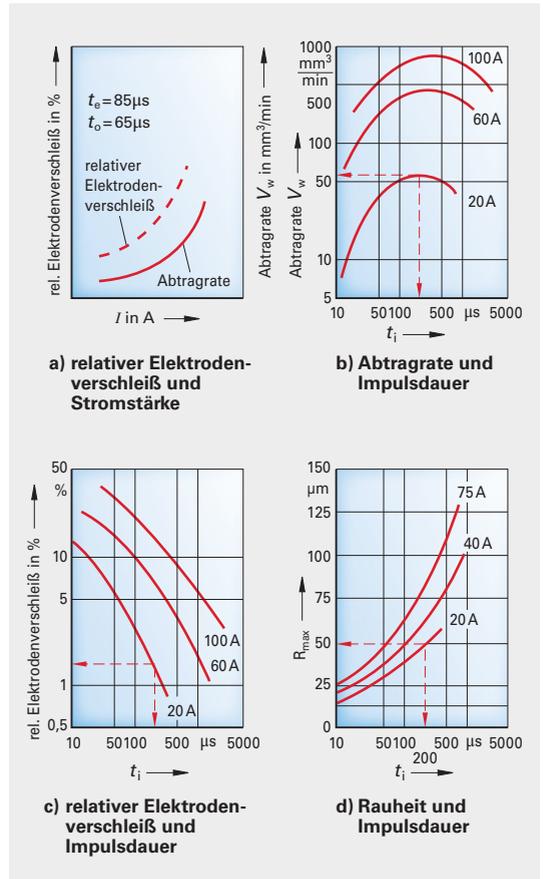
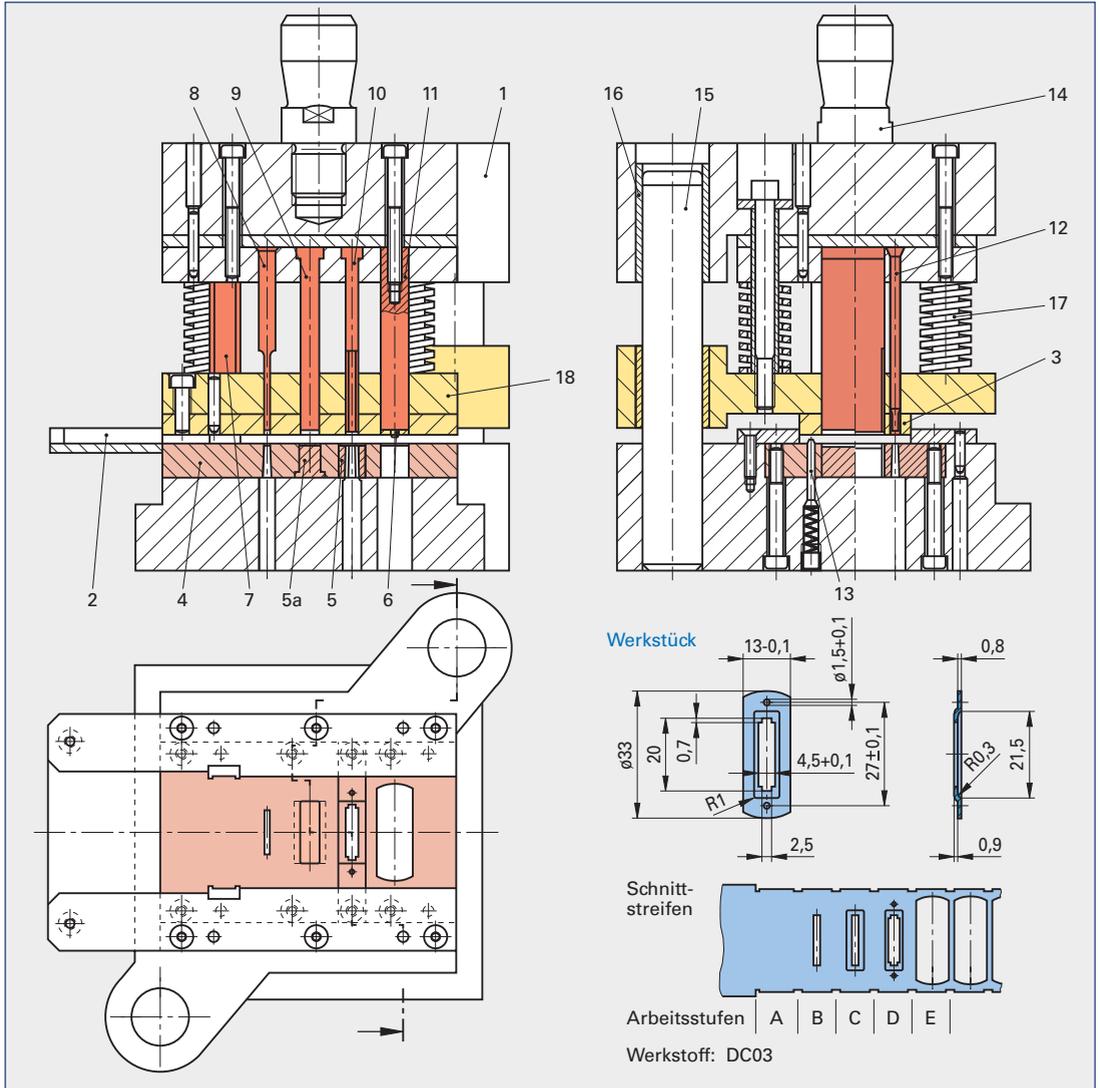


Bild 3: Wirkung der Einstellgrößen

## 7.2 Folgeverbundwerkzeug (säulengeführt)



Mit dem Folgeverbundwerkzeug werden Abdeckplatten aus Bandmaterial gefertigt. In der Arbeitsstufe **A** wird mit dem Seitenschneider (7) das Vorschubmaß ausgeklinkt. In der Stufe **B** erfolgt das Ausschneiden eines Entlastungsschlitzes für das Biegen. In der Stufe **C** wird die Vertiefung gebogen, wobei die gefederte Führungsplatte als Niederhalter wirkt. Damit das Fenster und die Bohrungen eine genaue Lage zueinander erhalten, werden sie zusammen in der Arbeitsstufe **D** gefertigt. Das Ausschneiden der Außenform erfolgt in der Stufe **E**, wobei der am Ausschneidstempel (11) angebrachte Sucher (6) einen Versatz zwischen Fenster und Außenform verhindert.

14	1	Einspannzapfen	C45U
13	2	Abdrückstift	C80U
12	1	Lochstempel	HS6-5-2
11	1	Ausschneidstempel	X210CrW12
10	1	Lochstempel	X210CrW 12
9	1	Biegestempel	X155CrVMo12-1
8	1	Vorschneidstempel	X210CrW12
7	2	Seitenschneider	X210CrW12
6	2	Sucher	X155CrVMo12-1
5	1	Schneideinsatz	90 MnCrV8
4	1	Schneidplatte	X 210CrW12
3	1	Führungsplatteneinsatz	90 MnCrV8
2	1	Streifenführung, links	C80U
1	1	Säulengestell	EN-GJL-250
Pos.	Menge	Benennung	Werkstoff

## 7.2.1 Analyse des Folgeverbundwerkzeugs (säulengeführt)

### 1 Bauteilgestaltung

Bei der Gestaltung der Bauteile von Folgeverbundwerkzeugen muss besonders die fertigungs-, funktions- und beanspruchungsge- rechte Ausführung beachtet werden.

- 1.1 Begründen Sie, von welchen Bedingungen die Länge der Schneidstempel abhängt.
- 1.2 Nennen Sie Gründe, warum die Führungssäulen bei diesem Folgeverbundwerkzeug über Eck angeordnet sind.
- 1.3 Erläutern Sie die Aufgaben der Abdrückstifte (Pos. 13).
- 1.4 Beurteilen Sie, unter welchen Bedingungen bei diesem Werkzeug die Verwendung eines Voranschlags sinnvoll ist.
- 1.5 Nennen Sie Vor- und Nachteile der verwendeten Führungsbuchsen (Pos. 16).
- 1.6 Beurteilen Sie die Gestaltung der Seitenschneider (Pos. 7) bei diesem Werkzeug.

### 2 Fertigungs- und Montagetechnik

Für die Fertigung und Instandsetzung von Folgeverbundwerkzeugen sind spezifische Arbeitstechniken notwendig.

- 2.1 Begründen Sie, warum die Schneidplatte (Pos. 4) geteilt ausgeführt wurde.
- 2.2 Erläutern Sie, in welcher Reihenfolge Sie bei der Demontage des Biegestempels (Pos. 9) vorgehen.
- 2.3 Beschreiben Sie, wie Sie vorgehen, wenn die Stempel nachgeschliffen werden müssen.
- 2.4 Erstellen Sie einen Arbeitsplan zur Fertigung des Vorschneidstempels (Pos. 8) (**Bild 1**).
- 2.5 Erläutern Sie die erforderliche Wärmebehandlung für die Schneidplatte (Pos. 4).
- 2.6 Schreiben Sie ein CNC- Unterprogramm für die Geometriedaten zum Drahterodieren des Schneidplattendurchbruchs (**Bild 2**).
- 2.7 Geben Sie Ursachen an, die zum Bruch schlanker Schneidstempel führen können.

### 3 Technische Kommunikation

Der Zeichnungssatz für das Folgeverbundwerkzeug besteht aus der Gesamtzeichnung, den Teilzeichnungen und der Stückliste.

- 3.1 Erläutern Sie den Aufbau einer Stückliste und ihre Bedeutung als Fertigungsunterlage.

- 3.2 Geben Sie die Normkurzbezeichnung für den Einspannzapfen (Pos. 14, M20x1,5) an.
- 3.3 Begründen Sie, warum für den Einspannzapfen ein Feingewinde gewählt wurde.
- 3.4 Geben Sie das Hauptsymbol und die Klammersymbole für die Oberflächenangaben im Bild 1 an.
- 3.5 Erklären Sie die Werkstoffbezeichnung für die Schneidplatte.

### 4 Prozessgrößen

Um einen sicheren Streifenvorschub zu gewährleisten, ist die richtige Auslegung der Streifenmaße wichtig.

- 4.1 Ermitteln Sie für das Folgeverbundwerkzeug die Streifenbreite und den Vorschub.
- 4.2 Ermitteln Sie die Querschnittsmaße für den Ausschneidstempel (Pos.11).
- 4.3 Berechnen Sie die Schneidkraft für das Ausschneiden der Werkstückaußenform.
- 4.4 Berechnen Sie die Niederhaltekraft der vier Druckfedern (Pos.17), wenn deren Federrate  $R = 20 \text{ N/mm}$  und der Vorspannweg  $\Delta s = 20 \text{ mm}$  betragen.

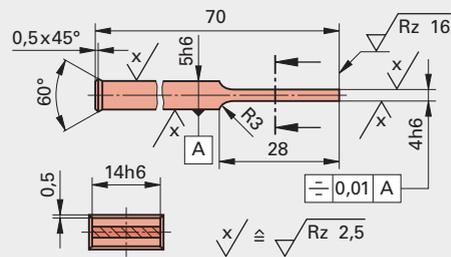


Bild 1: Vorschneidstempel

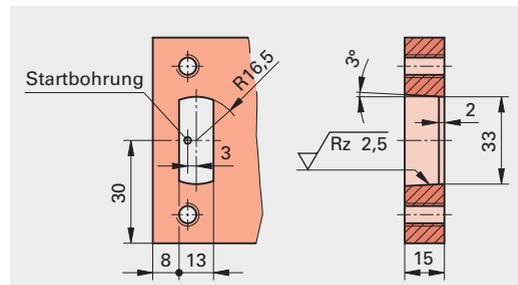


Bild 2: Schneidplattendurchbruch

## 8.2 Lernfeld 6: Herstellen technischer Systeme des Werkzeugbaus

Gewählter Lerngegenstand: Spritzgießwerkzeug (Bild 1); Zeitrichtwert: 80 h

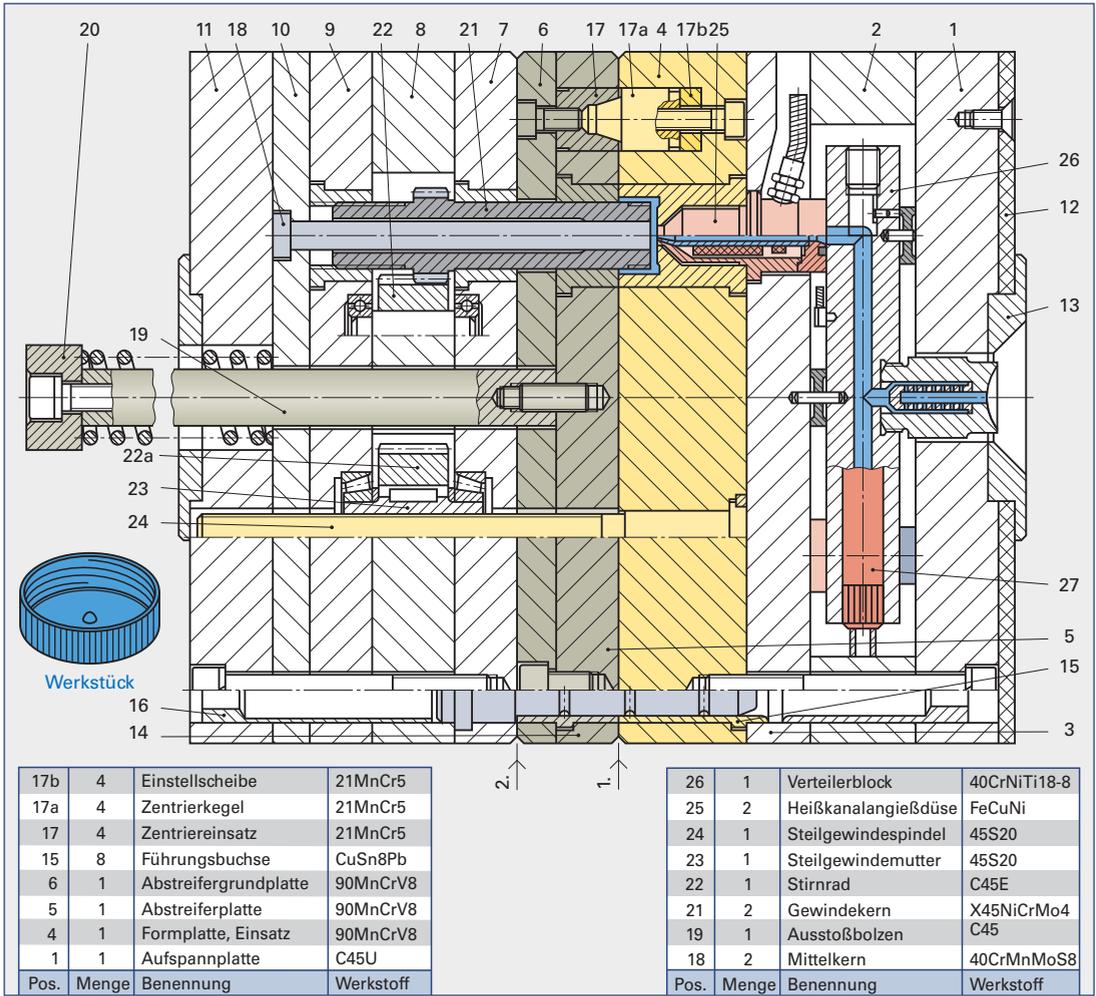
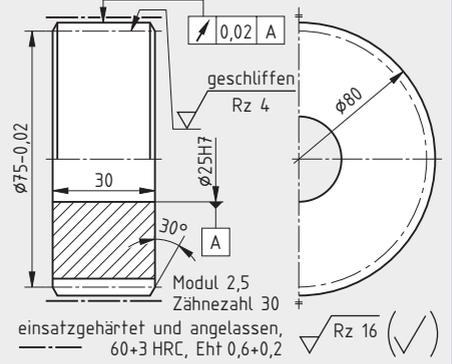


Bild 1: Spritzgießwerkzeug

Das Lernfeld wird in die in der Tabelle 1 aufgeführten 4 Lernsituationen aufgeteilt:

Tabelle 1: Lernsituationen		
Lernsituation	Ziele und Inhalte	Hinweis, Hilfsmittel <sup>1)</sup>
<b>6.1</b> Die Herstellung technischer Systeme vorbereiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftrag analysieren und Informationen über Aufbau und Funktion des Spritzgießwerkzeugs beschaffen</li> <li>• Zusammenwirken der Bauteile erläutern</li> <li>• Bewegung beim Schließen und Öffnen bestimmen</li> <li>• Normgerechte Bezeichnung der zum Entformen benötigten Bauteile erarbeiten</li> <li>• Montage vorbereiten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtzeichnung</li> <li>• Normteilkatalog</li> <li>• Anschauungsmittel welche die Wirkprinzipien am Werkzeug aufzeigen</li> <li>• Tabellenbuch, Fachkundebuch</li> <li>• Unterlagen zur technischen Kommunikation</li> <li>• Firmenunterlagen</li> </ul>

<sup>1)</sup> Alle Bilder sind auf der beiliegenden CD in größerem Maßstab verfügbar.

Tabelle 1: Lernsituationen (Fortsetzung)																							
Lernsituation	Ziele und Inhalte	Hinweis, Hilfsmittel <sup>1)</sup>																					
<p><b>6.2</b>  <b>Elemente und Funktionen für das Stützen, Tragen und Übertragen bestimmen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionen ermitteln und den verwendeten Bauteilen zuordnen</li> <li>• Größen am Zahnrad ermitteln</li> <li>• Berechnungen durchführen</li> <li>• Technische Funktion zweier Zahnräder als Getriebe erkennen</li> <li>• Bestimmungsgrößen an Getrieben berechnen</li> <li>• Sondergetriebe, hier Spindel und Mutter, beschreiben</li> <li>• Unterscheidung von Wellen und Achsen durchführen</li> <li>• Belastungen und deren Auswirkungen kennen</li> <li>• Kraft und Drehmomentverläufe erarbeiten</li> <li>• Baugrößen aus Belastungen ermitteln</li> <li>• Lagerarten erkennen und unterscheiden</li> <li>• Auswirkungen von Lagerbelastungen erarbeiten</li> <li>• Reibverhalten erkennen und Kennwerte bestimmen</li> </ul>	 <p><b>Bild 1: Steilgewindespindelantrieb (s. S. 163)</b></p>																					
<p><b>6.3</b>  <b>Aus der Funktion Werkstoffeigenschaften bestimmen und ändern</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkstoffkenngrößen für die Bauteile entsprechend ihrer Funktion bestimmen</li> <li>• Technische Informationsquellen auswerten und anwenden</li> <li>• Funktionspläne auswählen</li> <li>• Einflüsse von Kräften und Momenten auf die Bauteile analysieren</li> <li>• Werkstoffkenngrößen wie Zugfestigkeit, Verschleißfestigkeit und Härte durch Wärmebehandlungsverfahren ändern</li> <li>• Arbeits- und Prüfpläne für Härteverfahren erstellen</li> <li>• Ergebnisse dokumentieren und präsentieren</li> </ul>	 <p><b>Bild 2: Zahnrad (Pos. 22)</b></p> <p>einsatzgehärtet und angelassen, 60+3 HRC, Eht 0,6+0,2</p>																					
<p><b>6.4</b>  <b>Die Montage von Teilsystemen vorbereiten und durchführen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Teil-, Gruppen- und Gesamtzeichnungen bearbeiten</li> <li>• Technische Informationsquellen als Unterlagen benutzen</li> <li>• Funktionspläne zur Montageplanung verwenden oder erstellen</li> <li>• Werkzeuge zur Montage bestimmen</li> <li>• Montagepläne erstellen</li> <li>• Einsatz von Schmier- und Hilfsmitteln begründen</li> <li>• Prüfplan erstellen</li> <li>• Montagepläne nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimieren</li> <li>• Ergebnisse präsentieren</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Montageplan Baugruppe, Zentriersystem (Bild 1 Seite 350)</th> </tr> <tr> <th>Nr.</th> <th>Arbeitsschritt</th> <th>Werkzeug</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Zentriereinsatz Pos. 17 in Abstreiferplatte Pos. 5 einsetzen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Zentriereinsatz mit Zylinderschraube festschrauben</td> <td>Winkelschraubendreher</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Zentrierkegel Pos. 17a und Einstellscheibe Pos. 17b in Formplatte Pos. 4 einsetzen</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Position von Kegelstück mit Einstellscheibe Pos. 17b abstimmen</td> <td>Schleifmaschine</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Kegelstück mit Zylinderschraube festschrauben</td> <td>Winkelschraubendreher</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Bild 3: Montageplan</b></p>	Montageplan Baugruppe, Zentriersystem (Bild 1 Seite 350)			Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug	1	Zentriereinsatz Pos. 17 in Abstreiferplatte Pos. 5 einsetzen		2	Zentriereinsatz mit Zylinderschraube festschrauben	Winkelschraubendreher	3	Zentrierkegel Pos. 17a und Einstellscheibe Pos. 17b in Formplatte Pos. 4 einsetzen		4	Position von Kegelstück mit Einstellscheibe Pos. 17b abstimmen	Schleifmaschine	5	Kegelstück mit Zylinderschraube festschrauben	Winkelschraubendreher
Montageplan Baugruppe, Zentriersystem (Bild 1 Seite 350)																							
Nr.	Arbeitsschritt	Werkzeug																					
1	Zentriereinsatz Pos. 17 in Abstreiferplatte Pos. 5 einsetzen																						
2	Zentriereinsatz mit Zylinderschraube festschrauben	Winkelschraubendreher																					
3	Zentrierkegel Pos. 17a und Einstellscheibe Pos. 17b in Formplatte Pos. 4 einsetzen																						
4	Position von Kegelstück mit Einstellscheibe Pos. 17b abstimmen	Schleifmaschine																					
5	Kegelstück mit Zylinderschraube festschrauben	Winkelschraubendreher																					

<sup>1)</sup> Alle Bilder sind auf der beiliegenden CD in größerem Maßstab verfügbar.