

# HANSER



Leseprobe

Rainer Dangel

Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger

ISBN (Buch): 978-3-446-45043-1

ISBN (E-Book): 978-3-446-45335-7

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45043-1>

sowie im Buchhandel.

# Inhalt

|  |            |
|--|------------|
| <b>Vorwort zur 2. Auflage .....</b>                    | <b>V</b>   |
| <b>Vorwort zur 1. Auflage .....</b>                    | <b>VII</b> |
| <b>Der Autor .....</b>                                 | <b>IX</b>  |
| <b>Danksagung .....</b>                                | <b>XI</b>  |
| <b>Hinweis zur Nutzung des Buches .....</b>            | <b>XIX</b> |
| <b>1 Einleitung .....</b>                              | <b>1</b>   |
| <b>2 Werkzeugarten .....</b>                           | <b>5</b>   |
| 2.1 Einfaches Auf-Zu-Werkzeug .....                    | 5          |
| 2.1.1 Klassischer Aufbau eines Auf-Zu-Werkzeuges ..... | 8          |
| 2.1.2 Führungen .....                                  | 9          |
| 2.1.3 Zwischenplatte .....                             | 12         |
| 2.2 Werkzeug mit beweglichen Elementen .....           | 14         |
| 2.2.1 Hinterschnitt .....                              | 14         |
| 2.2.2 Schieber .....                                   | 15         |
| 2.2.3 Schieberbetätigung .....                         | 16         |
| 2.2.4 Rastnase, Clipverschluss .....                   | 17         |
| 2.2.5 Schräglauender Auswerfer .....                   | 18         |
| 2.2.6 Zwangsentformen .....                            | 20         |
| 2.2.7 Werkzeuggröße .....                              | 21         |
| 2.3 Werkzeug für Gewinde .....                         | 22         |
| 2.3.1 Außengewinde .....                               | 23         |
| 2.3.2 Innengewinde .....                               | 26         |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.3    | Antriebsarten zum Entspindeln .....              | 27        |
| 2.3.3.1  | Hydraulische Ausschraubeinheit .....             | 27        |
| 2.3.3.2  | Zahnstange .....                                 | 28        |
| 2.3.3.3  | Steilgewindespindel .....                        | 29        |
| 2.3.3.4  | Mehrach-Werkzeuge .....                          | 31        |
| 2.4      | Mehrkomponenten-Werkzeuge .....                  | 31        |
| 2.4.1    | Materialpaarungen .....                          | 32        |
| 2.4.2    | Werkzeugtechnik .....                            | 32        |
| 2.4.2.1  | Technologie Umsetzen .....                       | 32        |
| 2.4.2.2  | Technologie Drehsteller .....                    | 35        |
| 2.4.2.3  | Technologie Sperrschieber .....                  | 38        |
| 2.4.2.4  | Weitere Technologien .....                       | 38        |
| 2.5      | Etagen-Werkzeug .....                            | 38        |
| 2.5.1    | Materialkombinationen .....                      | 39        |
| 2.5.2    | Heißkanal .....                                  | 40        |
| 2.5.3    | Öffnen und Schließen .....                       | 41        |
| 2.5.4    | Kniehebel .....                                  | 43        |
| 2.5.5    | Auswerfen .....                                  | 44        |
| 2.5.6    | Allgemeines zum Etagen-Werkzeug .....            | 44        |
| <b>3</b> | <b>Vorbereitung .....</b>                        | <b>47</b> |
| 3.1      | CAD-System .....                                 | 47        |
| 3.2      | Datentransfer, Behandlung und Aufbereitung ..... | 48        |
| 3.2.1    | Datentransfer .....                              | 49        |
| 3.2.2    | Formate .....                                    | 49        |
| 3.2.2.1  | IGES .....                                       | 50        |
| 3.2.2.2  | STEP .....                                       | 50        |
| 3.2.2.3  | STL .....  | 51        |
| 3.2.3    | Datengröße .....                                 | 52        |
| 3.2.4    | Schwindung .....                                 | 52        |
| 3.2.4.1  | Materialauswahl .....                            | 52        |
| 3.2.4.2  | Schwindung (physikalischer Prozess) .....        | 53        |
| 3.2.4.3  | Einflussgrößen .....                             | 53        |
| 3.2.5    | Berechnung und Auswirkung .....                  | 55        |
| 3.2.5.1  | Freie Schwindung, gehinderte Schwindung .....    | 57        |
| 3.2.5.2  | Verzug .....                                     | 60        |
| 3.3      | Festlegungen .....                               | 63        |
| 3.3.1    | Lage des Bauteils im Spritzgießwerkzeug .....    | 63        |
| 3.3.1.1  | Entformungsrichtung .....                        | 63        |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3.2 Anzahl der Kavitäten .....                      | 67  |
| 3.3.3 Anordnung der Kavitäten .....                   | 70  |
| 3.4 Materialauswahl für Spritzgießwerkzeuge .....     | 75  |
| 3.5 Formgröße .....                                   | 78  |
| 3.6 Plattendicke .....                                | 82  |
| 3.7 Entformung .....                                  | 82  |
| 3.7.1 Grundprinzip Entformung .....                   | 82  |
| 3.7.2 Entformungsschrägen .....                       | 83  |
| 3.7.2.1 Definition .....                              | 83  |
| 3.7.2.2 Wirkung auf das Öffnen des Werkzeugs .....    | 85  |
| 3.7.2.3 Entformungsschräge in der Trennung .....      | 85  |
| 3.7.2.4 Entformungsprobleme und Hilfen .....          | 87  |
| 3.8 Trennung .....                                    | 91  |
| 3.8.1 Ebene Trennung .....                            | 91  |
| 3.8.2 Konturgebende Trennung .....                    | 92  |
| 3.8.3 Trennungssprung .....                           | 93  |
| 3.8.4 Druckplatten in der Trennung .....              | 95  |
| 3.8.5 Sichtbare Trennung .....                        | 96  |
| 3.9 Anspritzen .....                                  | 98  |
| 3.9.1 Anspritzen und Anspritzpunkt .....              | 98  |
| 3.9.2 Simulation .....                                | 100 |
| 3.9.3 Angussystem, Angussart .....                    | 106 |
| 3.9.3.1 Kaltkanal .....                               | 106 |
| 3.9.3.2 Heißkanal .....                               | 107 |
| 3.9.4 Angusskanal .....                               | 108 |
| 3.9.5 Stange auf das Teil .....                       | 110 |
| 3.9.6 Tunnelanguss .....                              | 111 |
| 3.9.7 Filmanguss .....                                | 116 |
| 3.9.8 Schirmanguss .....                              | 117 |
| 3.9.9 Heißkanal Einzeldüse .....                      | 119 |
| 3.9.10 Heißkanalverteiler .....                       | 121 |
| 3.9.11 Heißkanalverteiler mit Nadelverschluss .....   | 123 |
| 3.9.11.1 Filmscharnier .....                          | 127 |
| 3.9.12 Drei-Platten-Werkzeug .....                    | 128 |
| 3.9.13 Angusseinsätze .....                           | 131 |
| 3.10 Entlüftung .....                                 | 132 |
| 3.10.1 Entlüftung allgemein .....                     | 132 |
| 3.10.2 Entlüftung über Elemente .....                 | 135 |
| 3.10.3 Geometrische Ausführung von Entlüftungen ..... | 137 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>4 Bauelemente</b> .....                               | <b>141</b> |
| 4.1 Formeinsätze/Formkerne .....                         | 141        |
| 4.1.1 Formeinsätze .....                                 | 141        |
| 4.1.2 Formkerne .....                                    | 146        |
| 4.2 Schieber .....                                       | 151        |
| 4.2.1 Einsatzgebiete von Schiebern .....                 | 151        |
| 4.2.2 Aufbau eines Schiebers .....                       | 153        |
| 4.2.2.1 Formkontur .....                                 | 154        |
| 4.2.2.2 Trennung am Schieber .....                       | 155        |
| 4.2.2.3 Schieberkörper und Führung .....                 | 158        |
| 4.2.2.4 Betätigung von Schiebern .....                   | 160        |
| 4.2.2.5 Endlagensicherung .....                          | 165        |
| 4.2.2.6 Kühlung im Schieber .....                        | 168        |
| 4.2.3 Weitere Schieberkonzepte .....                     | 169        |
| 4.2.3.1 Schieber im Schieber .....                       | 170        |
| 4.2.3.2 Rucksacksschieber .....                          | 173        |
| 4.3 Auswerfer .....                                      | 174        |
| 4.3.1 Formen der Auswerfer .....                         | 177        |
| 4.3.2 Auswerfer als Hilfsmittel .....                    | 181        |
| 4.3.3 Schräglauflende Auswerfer .....                    | 183        |
| 4.3.4 Abstreiferplatte .....                             | 185        |
| 4.3.5 Zwei-Stufen-Auswerfer .....                        | 187        |
| 4.3.6 Faltkerne .....                                    | 189        |
| 4.3.7 Zwangsentformung .....                             | 190        |
| 4.4 Temperierung .....                                   | 191        |
| 4.4.1 Temperierung, Art und Hilfsmittel .....            | 194        |
| 4.4.1.1 Gebohrte Kühlung .....                           | 196        |
| 4.4.1.2 Kreisläufe umlenken .....                        | 198        |
| 4.4.1.3 Kupferkerne .....                                | 203        |
| 4.4.1.4 Heizpatronen .....                               | 204        |
| 4.4.1.5 Kreisläufe verbinden .....                       | 205        |
| 4.4.2 Temperierbohrungen anschließen und abdichten ..... | 206        |
| 4.5 Einbauteile und Beschriftung .....                   | 208        |
| 4.6 Oberfläche .....                                     | 210        |
| 4.6.1 Rohe Oberfläche .....                              | 211        |
| 4.6.2 Erodieren .....                                    | 212        |
| 4.6.3 Narbung .....                                      | 214        |
| 4.6.4 Lasertextur .....                                  | 215        |
| 4.6.5 Polieren .....                                     | 216        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.7      | Systematisches Vorgehen Konstruktion .....           | 217        |
| 4.7.1    | Strategie .....                                      | 217        |
| 4.7.2    | Normteile .....                                      | 219        |
| 4.7.3    | Fertigungsteile .....                                | 221        |
| <b>5</b> | <b>Montage .....</b>                                 | <b>225</b> |
| 5.1      | Systematische Montage .....                          | 225        |
| 5.2      | Tuschieren .....                                     | 230        |
| 5.3      | Anschließen von Bauteilen .....                      | 232        |
| 5.4      | Kühlung auf Dichtheit prüfen .....                   | 236        |
| <b>6</b> | <b>Weiteres Wissen .....</b>                         | <b>239</b> |
| 6.1      | Prozesskette im Formenbau .....                      | 239        |
| 6.2      | Beschaffungsprozess im Formenbau .....               | 241        |
| 6.2.1    | Administration .....                                 | 241        |
| 6.2.2    | Vorbereitung .....                                   | 243        |
| 6.2.3    | Fertigung .....                                      | 244        |
| 6.2.4    | Bemusterung - Optimierung .....                      | 245        |
| 6.3      | Qualitätssicherung .....                             | 247        |
| 6.4      | Passungen, Spiel im Werkzeug: Was muss passen? ..... | 249        |
| 6.5      | Wärmebehandlung .....                                | 254        |
| 6.5.1    | Glühen .....   | 255        |
| 6.5.2    | Härten .....   | 256        |
| 6.5.3    | Nitrieren .....                                      | 258        |
| 6.6      | Beschichtungen .....                                 | 260        |
| 6.7      | Änderungen: Was ist zu beachten? .....               | 261        |
| <b>7</b> | <b>Das fertige Werkzeug .....</b>                    | <b>265</b> |
| 7.1      | Abmusterung .....                                    | 265        |
| 7.1.1    | Aufspannen und Anschließen der Medien .....          | 265        |
| 7.1.2    | Füllen des Werkzeuges .....                          | 268        |
| 7.1.2.1  | Formnester balancieren .....                         | 270        |
| 7.1.2.2  | Optimieren der Parameter .....                       | 272        |
| 7.1.2.3  | Einflüsse auf den Spritzprozess .....                | 273        |
| 7.1.3    | Parameter beim Spritzen .....                        | 274        |
| 7.1.4    | Kräfte im Werkzeug beim Prozess .....                | 275        |
| 7.1.5    | Erstmusterprüfbericht .....                          | 276        |
| 7.2      | Schilder am Werkzeug .....                           | 277        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>8 Wartung und Reparatur .....</b>         | <b>279</b> |
| 8.1 Wartungsplan .....                       | 279        |
| 8.2 Schweißen .....                          | 280        |
| 8.2.1 Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG) ..... | 280        |
| 8.2.2 Laserschweißen .....                   | 281        |
| 8.3 Bauteile ersetzen .....                  | 283        |
| <b>9 Fertigungstechnologien .....</b>        | <b>285</b> |
| 9.1 Fräsen .....                             | 285        |
| 9.1.1 3-Achs-Fräsen .....                    | 287        |
| 9.1.2 4- und 5-Achs-Fräsen .....             | 289        |
| 9.1.2.1 4-Achs-Fräsen .....                  | 290        |
| 9.1.2.2 5-Achs-Fräsen .....                  | 291        |
| 9.1.2.3 3+2-Achs-Fräsen .....                | 291        |
| 9.1.2.4 5-Achs-Simultanfräsen .....          | 292        |
| 9.1.3 CAM-Programmierung .....               | 294        |
| 9.2 Erodieren .....                          | 298        |
| 9.2.1 Senkerodieren .....                    | 299        |
| 9.2.2 Drahterodieren .....                   | 301        |
| 9.3 Schleifen/Profilschleifen .....          | 302        |
| 9.4 Bohren/Tieflochbohren .....              | 303        |
| 9.5 Drehen .....                             | 305        |
| 9.6 Neue Technologien .....                  | 306        |
| 9.6.1 Lasercusing/Lasergenerieren .....      | 306        |
| 9.6.2 Vakuumlöten .....                      | 308        |
| 9.7 Polieren .....                           | 309        |
| <b>10 Praktische Richtlinien .....</b>       | <b>311</b> |
| Checkliste Konstruktion .....                | 313        |
| Farbtafel Konstruktion .....                 | 314        |
| Funktionsablaufplan .....                    | 315        |
| Wartungsplan .....                           | 316        |
| Formeln und Berechnungen .....               | 317        |
| <b>Index .....</b>                           | <b>319</b> |

# Vorwort zur 2. Auflage

Zuerst möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Lesern bedanken. Der große Erfolg zeigt, dass es richtig und wertvoll war dieses Werk zu erstellen. Auch das vielfältige Feedback war durchwegs positiv. Hierin liegt auch der Grund, dass die zweite Auflage jetzt in Farbe erschienen ist.

Natürlich wurde ich mehrfach gefragt, wie ein Werkzeugmacher auf die Idee kommen kann ein solches Buch zu schreiben. Woher nimmt er die Zeit und woher kommt das umfassende Wissen?

Die Motivation ein Buch zu schreiben kann vielfältig sein. Meine Motivation war es ein kleines Handbuch für den Vertrieb von Bearbeitungszentren für den Formenbau zu schreiben. Der Vertrieb sollte verstehen was der Formenbau ist, was er macht, welche Bauteile herzustellen sind und aus welchen Materialien die einzelnen Bauteile gefertigt werden. Dabei wollte ich zuerst auf bestehende Unterlagen und Publikationen zurückgreifen. Doch ich musste feststellen, dass es in diesem Niveau für Einsteiger oder Anfänger nichts Entsprechendes gab. Dann blieb nur übrig, etwas Eigenes zu erstellen.

Die Idee war das Buch für jeden verständlich zu machen. Dazu wurde immer daselbe Kunststoffteil als Beispiel verwendet. Das Buch sollte so einfach wie möglich sein und sich auf das Wesentliche konzentrieren. Das beispielhaft verwendete Kunststoffteil konnte thematisch aufbauend verwendet werden, dadurch war der rote Faden durch das gesamte Buch gegeben. Nach der Veröffentlichung in der Firma für die Bearbeitungsmaschinen waren die Bücher nach wenigen Tagen vergriffen. Nicht nur der Vertrieb, sondern auch andere Interessenten versuchten eines zu ergattern.

Was lag dann näher, als aus diesem kleinen Buch ein großes Werk zu erstellen. Zumal es wie bereits erwähnt, nichts Vergleichbares auf dem Markt gab. Zuerst war es tatsächlich die Zeit, die das Projekt immer mehr in Verzug brachte. Eine lange schwere Krankheit brachte mir dann die Zeit und es war auch klar, dass ich diese Zeit nutzen musste. Über 2500 Stunden Arbeit und ca. 40 Konstruktionen, oder Erweiterungen von Konstruktionen, waren zu bewältigen. Inklusive der ganzen Korrekturen ersteckte sich dieses ganze Projekt über deutlich mehr als ein

halbes Jahr. Entstanden ist dann das vorliegende Buch, das nach seinem erfolgreichen Verkauf jetzt in zweiter Auflage vorliegt.

40 Jahre im Formenbau, 23 Jahre davon als selbstständiger Unternehmer und jetzt als Berater bringen das nötige Wissen und die Erfahrung mit. Die Ausbildung an Maschinen mit Handrad, später Maschinen mit Digitalanzeige, dann NC-Technik und heute 5-Achs simultanes Programmieren und Fräsen. Bei der Konstruktion, der Weg vom Zeichnen am Reißbrett zum 3-D CAD. Der Wandel der Jahrzehnte war nicht nur in der Technologie der Herstellung der Spritzgießwerkzeuge vorhanden, sondern es musste auch der Wandel vom Handwerksbetrieb zum Industriebetrieb vollzogen werden. Die Kunden des Formenbauers sind heute fast ausschließlich Industriebetriebe. Zertifizierungen, Erstellen von Prozessen, Industrie 4.0 sind Schlagworte, die in den letzten Jahren den Formenbau beschäftigen.

Dies ist auch der Grund, warum das Kapitel der Prozesskette in diese zweite Auflage mit aufgenommen wurde. Es wurde zusätzlich noch technisch erweitert und leider haben sich in der ersten Version kleine Fehler eingeschlichen, die jetzt auch beseitigt sind.

Jetzt wünsche ich viel Spaß beim Lesen und freue mich auf Ihre Resonanz und das Feedback.

Rainer Dangel, März 2017

## ■ Vorwort zur 1. Auflage

Der Werkzeug- und Formenbau in Deutschland ist eine Marke mit globalem Stellenwert. Die Gründe hierfür sind sicherlich vielfältig. Mit Sicherheit kann aber festgestellt werden, dass die Geheimnisse des Erfolgs für die Branche auf pfiffige Konstruktionen mit viel Know-how, fertigungstechnische Höchstleistungen und qualitätsrelevante Kriterien zurückzuführen sind. Damit Deutschland auch künftig ein weltweit wettbewerbsfähiger Produktionsstandort und ein Leitanbieter im Werkzeugbau sein kann, müssen in engem Austausch aller Beteiligten rasch Innovationsvorsprünge realisiert werden. So spielen Spritzgießwerkzeuge in der modernen Fertigungstechnik der produzierenden Industrie bereits heute eine Schlüsselrolle. Zukunftsvisionen wie Werkzeugbau 4.0 bietet nun die Chance, über eine intelligente Steuerung und Vernetzung die Flexibilität, die Energie- und die Ressourceneffizienz von Produktionsprozessen auf eine neue Stufe zu heben. Die Basis hierfür bildet aber eine solide Kenntnis über die Grundlagen von Konstruktion und Fertigungsverfahren im Werkzeugbau. Erst aufbauend auf diesem Wissen und Erfahrungsschatz können die oben genannten Themenfelder umgesetzt werden. Und genau hier setzt das Fachbuch von Herrn Dangel an. Was ist zu beachten, wenn ich ein Produkt in Form bringen möchte?

In dem hier vorliegenden Werk hat der Autor Rainer Dangel didaktisch als auch technisch einen neuen Weg im Bereich der Fachliteratur zum Werkzeugbau von Spritzgießwerkzeugen beschritten. Er vereinigt in sehr anschaulicher Weise die Theorie mit der Praxis, fragt immer nach den Inhalten: „Wofür ist das Produkt relevant?, Was muss technisch für welche Produktbeschreibung gelöst werden?“ Sowie nach der Methodik in der fertigungstechnischen Umsetzung: „Wie und womit kann ich im Werkzeugbau im Rahmen der Konstruktion und auch bei den Fertigungsverfahren eine Produktanforderung erfüllen?“ Durch die fachliche Kompetenz, die



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seul  
Prorektor für Forschung und Transfer  
an der Fachhochschule Schmalkalden  
und Präsident des Verbandes für den  
Deutschen Werkzeug- und Formenbau  
(VDWF e.V.)

sich Herr Dangel über viele Jahre aufgebaut und erarbeitet hat, wird sehr schnell beim Studieren des Buches deutlich, dass die praktische Umsetzung des Beschriebenen einen sehr hohen Stellenwert hat. Basiswissen und Lösungsansätze werden ganzheitlich betrachtet. Vor- und Nachteile werden dargestellt und diskutiert. Der Erfahrungsschatz von 35 Jahren, angefangen mit einer Ausbildung zum Werkzeugmacher, über den Meisterbrief bis hin zum eigenen Unternehmen, fließt in dieses Fachbuch ein.

„Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger“ der Titel des vorliegenden Werkes trifft ins Schwarze, und alte Hasen, die meinen hier auf eine Unterforderung zu stoßen, werden eines besseren belehrt.

# Der Autor

Mit der Ausbildung zum Werkzeugmacher von 1976 bis 1980 begann Rainer Dangel seine berufliche Laufbahn im Formenbau. Bereits als junger Facharbeiter erkannte er die Möglichkeiten, in diesem technisch aufstrebenden Beruf etwas bewegen zu können. Den Grundstein legte er als 23-Jähriger mit dem Meisterbrief im Mechaniker Handwerk.

Der Einstieg in die Selbstständigkeit folgte 1987. Die anfangs kleine CNC-Fräserei für Formenbauteile entwickelte sich im Laufe weniger Jahre zu einem modernen, technisch hochwertigen Fachbetrieb zur Herstellung von Spritzgießwerkzeugen unterschiedlichster Anforderungen. Bereits 1995 wurde das erste 3-D CAD-CAM-System eingeführt und mit Erfolg eingesetzt.

Alle Fertigungsmöglichkeiten eines modernen Formenbaus gehörten nun zum Angebot. Rainer Dangel hatte es sich zur Aufgabe gemacht, diese selbst aktiv auszuüben, stets weiterzuentwickeln und zu perfektionieren. Im Jahr 2006 gliederte man eine eigene Kunststoffspritzerei an, um die Prozesskette bis zum fertigen Kunststoffteil auszubauen. Durch die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001:2008 im Jahr 2008 war sein Unternehmen in der Lage, unterschiedlichste Branchen zu bedienen. Unter anderem konnten Kunststoffteile für die Automobilindustrie nach VDA geprüft und freigegeben werden.

Im allgemein wirtschaftlich schwierigen Jahr 2010 wurde der Formenbaubetrieb eingestellt. Danach war Rainer Dangel mehrere Jahre bei der Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH in Nürtingen Leiter des Technologie Centers und für die Betreuung der Kunden im Formenbau- und Werkzeugbau zuständig.



(Quelle: wortundform GmbH, München)

Heute ist Rainer Dangel wieder im Bereich Formenbau- und Werkzeugbau tätig, als Berater betreut er zwei Schwerpunkte. Das Projektmanagement von der Teileentwicklung über die Werkzeugkonstruktion, den Werkzeugbau bis hin zum Produktionsstart von Kunststoffteilen. Zweiter Schwerpunkt ist die Aus- und Weiterbildung, dabei geht es um den Formenbau und Werkzeugbau im Allgemeinen und um die Zerspanung, das Fräsen im Speziellen.

Das besondere Interesse des Autors ist das Fräsen, er beherrscht alle Bearbeitungsarten bis hin zum Programmieren und Fräsen von 5-Achs simultanen Bearbeitungen.

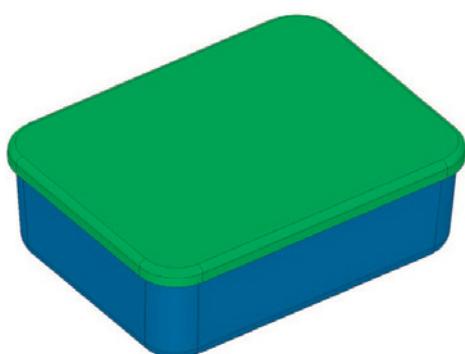
# Hinweis zur Nutzung des Buches

In diesem Buch wird das *Planen, Konstruieren* und *Bauen* von Spritzgießwerkzeugen erklärt und beschrieben. Es handelt sich dabei ausschließlich um Spritzgießwerkzeuge für die Thermoplastverarbeitung.

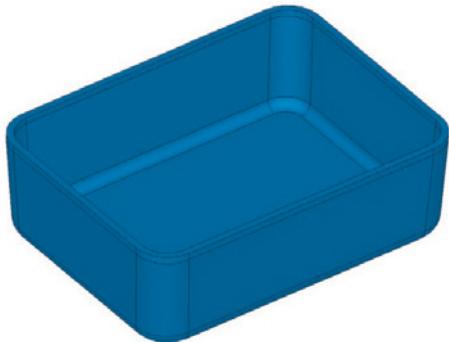
Der Begriff *Spritzgießwerkzeug* wird in diesem Buch der Einfachheit halber auch nur *Werkzeug* genannt, bedeutet aber dasselbe. Der Begriff Werkzeug hat sich in der Fachwelt etabliert und wird dort auch vorwiegend verwendet.

Alles wird realistisch und nachvollziehbar beschrieben und erklärt. Eine Kunststoffdose mit Deckel ist Grundlage für fast alle Erläuterungen. Die Zeichnungen und Konstruktionen in denen diese beiden Kunststoffteile enthalten sind, wurden extra für dieses Buch angefertigt. Die Dimensionen der konstruierten Werkzeuge und die technischen Details sind real, die Spritzgießwerkzeuge könnten so gebaut werden. Anhand dieser beiden, oder einem dieser Teile, wird so viel als möglich gezeigt und erklärt.

Es gibt Beispielberechnungen für die Planung und Auslegung von Spritzgießwerkzeugen. Unterschiedliche Funktionen und Elemente beim Konstruieren werden detailliert erklärt. Mit steigendem Anspruch an die Technik im Werkzeug wachsen die beiden Teile mit, somit gibt es immer einen Bezug zu den vorherigen Themen. Wächst das Teil und/oder das Werkzeug, ist der Grund klar erkennbar.



**Bild 1** Dose mit Deckel



**Bild 2** Dose



**Bild 3** Deckel

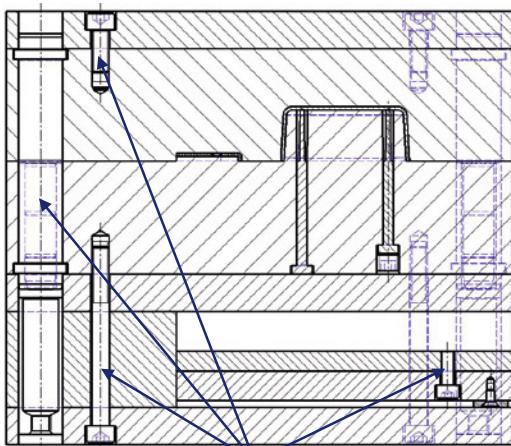
Es gibt weiterführende Kapitel bei denen bestehende Konstruktionen von tatsächlich angefertigten Spritzgießwerkzeugen die Grundlage für die Erklärungen sind.

Ein weiterer Hinweis zur Darstellung der Bilder und Zeichnungen: Die meisten Bilder sind Auszüge aus dem *3-D Volumenmodell der CAD-Daten*. Die darauf dargestellten Schnitte sind nicht nach DIN Norm. Man muss sich vorstellen, dass an der angegebenen Stelle das Model abgeschnitten wurde. Es ist nur das sichtbar, was direkt an der Schnittstelle zu sehen ist.

Die Ausfertigung von technischen 2-D Zeichnungen werden in der DIN ISO 5455 geregelt. Der deutlich sichtbare Unterschied ist, in einer 2-D Zeichnung werden Normteile, wie Schrauben, Bolzen, Stifte usw. nicht schraffiert dargestellt. Runde Bauteile haben eine Mittellinie und sichtbare Kanten werden mit einer stärkeren Strichstärke dargestellt. In der 2-D Zeichnung können auch unsichtbare Kanten von Bauteilen gezeigt werden, die nicht direkt im Schnitt zu sehen sind. Man stellt diese unsichtbaren Kanten mit gestrichelten, dünneren Linien dar.

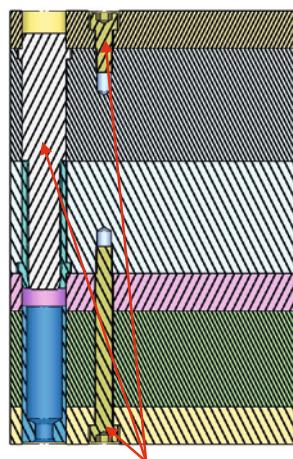
In Bild 4 werden die beiden Varianten der Darstellung gezeigt. Links eine 2-D Zeichnung wie man sie aus der Werkstatt kennt und rechts der Schnitt durch das 3-D Volumenmodell.

Schnitt nach DIN ISO 5455 als 2D-Zeichnung



Normteile nicht schraffiert,  
Mittellinien dargestellt

Schnitt aus dem 3D-Modell



Normteile schraffiert,  
keine Mittellinien

**Bild 4** Schnittansicht einer 2-D Zeichnung und Schnitt durch das 3-D Volumenmodell

# 1

## Einleitung

„Wo kommen eigentlich diese ganzen Plastik- oder Kunststoffteile her? Wer macht die und wie werden diese Kunststoffteile überhaupt angefertigt?“ Fragen die sich wohl kaum jemand stellt. „Was sind das für kleine Kringel an oder in dem Kunststoffteil, wozu sind die? Dann ist da noch eine kleine Stelle, die aussieht als wäre etwas abgerissen oder abgeschnitten worden“. Das alles sind Merkmale die sich in der Fertigung der Kunststoffteile ergeben und an jedem Teil sichtbar sind. Für diese Fertigung wird außer einer *Spritzgießmaschine* und *Kunststoffgranulat*, eines gebraucht, ein *Spritzgießwerkzeug*.

Lässt man einmal einen Tag Revue passieren und denkt darüber nach wie viele Kunststoffteile man in der Hand gehalten hatte, dann kann man erahnen, dass es eine nicht zu beziffernde Anzahl von Spritzgießwerkzeugen gibt und welche Vielfalt es an Spritzgießwerkzeugen in den unterschiedlichsten Branchen, Anwendungen oder Lebenslagen geben muss.



Für jedes Kunststoffteil, das hergestellt wird, gibt es das dazugehörige Spritzgießwerkzeug. Es gibt also mindestens so viele Spritzgießwerkzeuge wie unterschiedliche Kunststoffteile, weltweit. Trotzdem ist jedes Spritzgießwerkzeug ein Unikat, eine unvorstellbare Menge und täglich werden es mehr.

Oder anders gesagt, man stellt sich gedanklich in die Küche, ins Bad, ins Büro oder setzt sich ins Auto. Jetzt denkt man sich alle Kunststoffteile mal weg. Was bleibt da noch übrig? Es bleibt nicht mehr viel übrig von allem, was man da sieht.

Mal konkret gesprochen: Beginnen wir am frühen Morgen. Bereits vor dem Aufstehen drückt man den Knopf auf dem Wecker. Schon hat man die erste Berührung mit einem Kunststoffteil. Weiter geht es mit dem Zähneputzen. Die Zahnbürsten von heute werden, obwohl so nicht erkennbar, mit sehr komplexen und komplizierten Spritzgießwerkzeugen hergestellt. Die herkömmlichen Zahnbürsten mit automatisch eingelegten Borsten sind da noch die einfachere Variante. Beim Herstellen der elektrischen Zahnbürste werden in einem sehr komplizierten Verfahren zwei

unterschiedliche Kunststoffe nacheinander in ein Spritzgießwerkzeug gespritzt, um die rotierenden Bürsten in dem kleinen Bürstengehäuse, vorne zu fertigen.

Föhn, Kaffeemaschine, Wasserkocher, Kühlschrank, Herd, Backofen, um nur ein paar Gebrauchsartikel des täglichen Lebens aufzuzählen. Steigt man in das Auto ein, hat man beim Öffnen der Türe den nächsten Kontakt mit Kunststoffteilen. Das Innere des Wagens, ohne Spritzgießwerkzeuge nicht vorstellbar. Sitze, Lenkrad, Schalter, Knöpfe, Griffe, Hebel, Blenden, Armaturen, Abdeckungen, Ablagen usw. eine unzählige Anzahl von Spritzgießwerkzeugen werden für die Herstellung eines Fahrzeugs verwendet.

Im direkten Umfeld am Arbeitsplatz egal ob in der Werkstatt, im Büro oder in der Schule; auch hier Kunststoffteile – egal was man in der Hand hält oder benutzt. Computer, Tastatur, ob an der Maschine oder auf dem Schreibtisch. Überall Dinge aus Kunststoff, in den unterschiedlichsten Farben, Konturen, Formen und auch Härtegraden. Vom harten und stabilen Gehäuse des Druckers bis zur weichen flexiblen Schutzhülle für das Handy.

Ganz abgesehen vom Kinderzimmer, nahezu alle Spielkisten der Kleinen sind voll mit Spielsachen aus Kunststoff: Bausteine, Spielfiguren, Rennbahn, Puppen, Spielekonsole usw. Kunststoffteile, egal was man tut oder wo man ist. Sie begleiten uns durch den ganzen Tag. *Überall Kunststoffteile, ohne die das ganz normale Leben nicht mehr vorstellbar wäre.*

Die Aufzählung ließe sich beliebig fortsetzen. Jeder kommt den ganzen Tag über bewusst oder unbewusst in Berührung mit Kunststoffteilen, aber keiner macht sich über deren Herkunft Gedanken. Und das obwohl ein riesiger weltweiter Industriezweig dahinter steht. Es sind nicht nur die Hersteller von Spritzgießwerkzeugen, die es auf der ganzen Welt gibt. Auch große Konzerne, die die Maschinen zum Fertigen der Kunststoffteile herstellen und sehr große Chemie-Konzerne entwickeln und fertigen immer neue Kunststoffe für die unterschiedlichsten Anwendungen. Millionen von Menschen sind in dieser so unscheinbaren Welt zuhause.

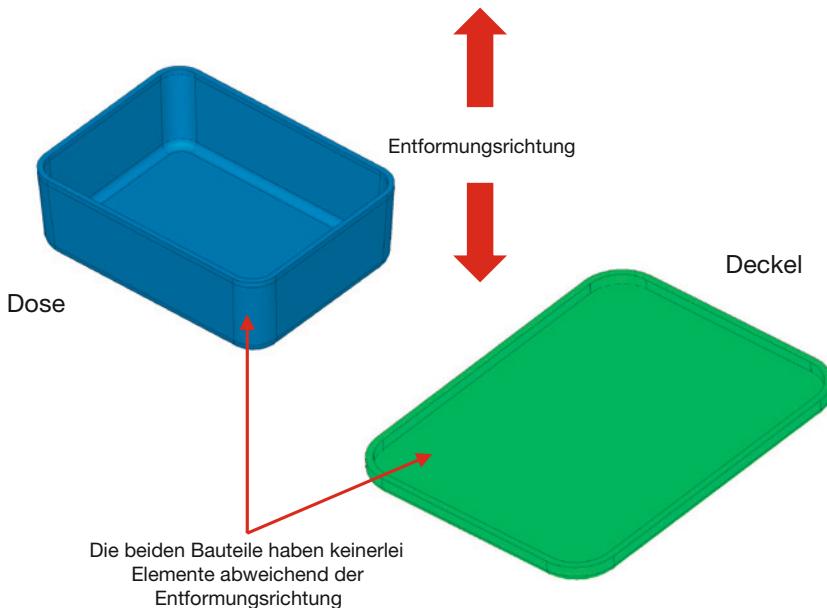
Durch die Entwicklung von immer besseren und technisch hochwertigeren Kunststoffen werden es immer mehr Anwendungsmöglichkeiten. Blechteile aus Stahl oder Aluminium werden zunehmend durch Teile aus Kunststoff ersetzt. Halterungen aus Metall, an denen im Motorraum eines Autos Kabel, Leitungen, Behälter oder ähnliches befestigt werden, ersetzt man heute durch hochfeste Kunststoffteile.

Ein weiterer Punkt, dass sich diese Entwicklung sicher noch lange fortsetzen wird, ist der Fortschritt in der Herstellung von Biokunststoffen. Vereinfacht gesagt, bei Biokunststoffen wird der Grundstoff Erdöl durch biologisch gewonnene Öle ersetzt. Diese Öle werden aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen und sind auch biologisch abbaubar. Bislang gibt es nur vereinzelte Anwendungen, die oftmals nur mit wissenschaftlichen Fakultäten erforscht werden. Das Ganze ist also noch im

Stadium der Entwicklung. Allein schon aus der Rohstoffthematik heraus wird dem Biokunststoff eine große und wichtige Zukunft vorausgesagt.

Der meist entscheidende Vorteil eines Kunststoffteils liegt darin, dass nach der Fertigung bzw. dem Spritzprozess ein einbaufertiges Teil aus der Spritzgießmaschine kommt. Die Herstellzeit für so ein Teil beträgt meist nur wenige Sekunden. Dies schlägt sich dann auch auf den sehr viel günstigeren Preis pro Teil nieder. Aber – und jetzt kommen wir wieder auf den Inhalt dieses Buches zurück – der ganze Erfolg dieses Prozesses ist von einem *qualitativ hochwertigen Spritzgießwerkzeug* abhängig.

Hier wird exemplarisch an den angesprochenen „wachsenden“ Teilen Dose und Deckel aus Bild 2.2 gezeigt, wie solche Kunststoffteile für ein Auf-Zu-Werkzeug aussehen können.

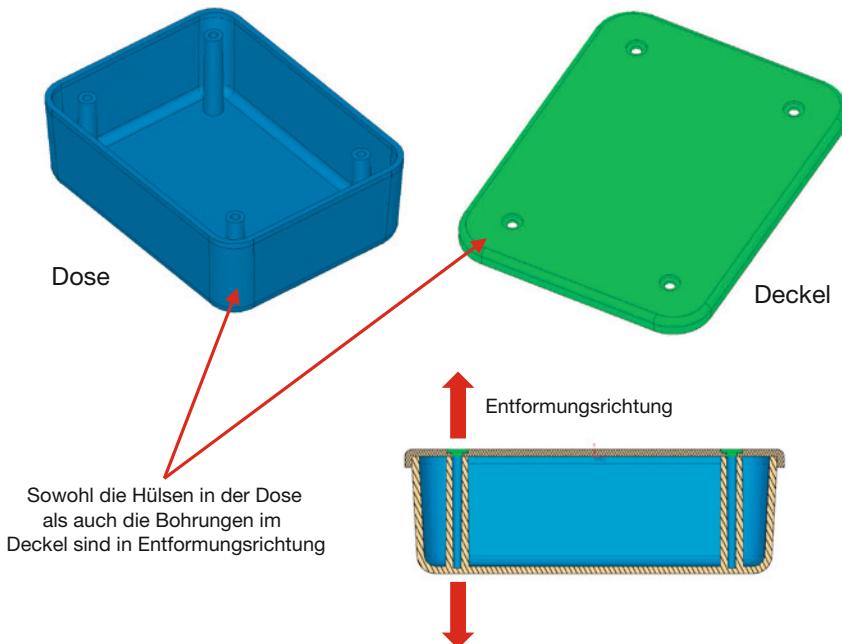


**Bild 2.2** Teile für Auf-Zu-Werkzeug

Hier bereits der erste Zuwachs an Dose und Deckel. Um die beiden miteinander verbinden bzw. die Dose verschließen zu können, wird in jeder Ecke der Dose eine Hülse und in den Deckel, fluchtend zur Hülse, je eine Stufenbohrung eingebracht. Jetzt kann man den Deckel mit vier Schrauben auf der Dose festschrauben.

Sowohl an der Größe des Spritzgießwerkzeuges als auch an der Auf- und Zu-Technik ändert sich trotz dieser Erweiterung der Kunststoffteile nichts. Die zusätzlichen Elemente sind ebenfalls in Entformungsrichtung.

In Bild 2.3 sind die zusätzlichen Hülsen in der Dose und die Stufenbohrungen im Deckel zu sehen. Die Entformungsrichtung bleibt gleich.



**Bild 2.3** Teile für ein Auf-Zu-Werkzeug mit zusätzlichen Elementen

### 2.1.1 Klassischer Aufbau eines Auf-Zu-Werkzeuges

Das Oberteil (Düsenseite) und Unterteil (Auswerferseite) ist aus jeweils mehreren Platten und Leisten zusammengebaut. Über die eingebauten Führungen, Bolzen in der Düsenseite und Buchsen in der Auswerferseite, wird das Werkzeug passgenau zusammengefahren.

Die *Düsenseite* besteht aus der Spannplatte und der Formplatte. In die Formplatte sind die Führungsbolzen eingebaut. Die Führungsbolzen sind am hinteren Ende mit einem Bund versehen, der in die Formplatte eingelassen ist. Gegen das Herausrutschen der Führungsbolzen wird die Spannplatte mit der Formplatte fest verschraubt. Die Spannplatte wird über einen weiteren Passdurchmesser am Führungsbolzen mit der Formplatte fixiert.

Die *Auswerferseite* von einem klassischen Auf-Zu-Werkzeug wird zusammengebaut aus der Formplatte, evtl. einer Zwischenplatte, den Distanzleisten und der unteren Spannplatte. Zwischen den Distanzleisten sitzt das Auswerferpaket. Die Führungsbuchsen sind, hier ebenfalls mit einem Bund versehen, in die Formplatte eingebaut. Gesichert werden sie in der Auswerferseite durch die Distanzleisten, die wie in der Düsenseite über den hinteren Passdurchmesser der Führungsbuchse fixiert sind. Die Distanzleisten werden wiederum mit der Spannplatte und mit zusätzlichen Führungshülsen eingebaut. Alles zusammen wird mit längeren Schrauben

Im Gegensatz zur IGES Schnittstelle ist bei STEP der ganze Würfel als Volumen ein Element. Daraus ergibt sich auch, dass die Datenmenge für gleiche Modelle im Format STEP wesentlich geringer ist.

Es ist zurzeit wohl das gängigste Format beim Austausch von CAD-Daten. Die Erfahrung hat auch gezeigt, dass das Umwandeln aus diesem Format die besten Ergebnisse bringt.

Die Schreibweisen für STEP-Daten sind \*.stp oder \*.step

### 3.2.2.3 STL

STL (Surface Tesselation Language) ist ein Datenaustauschformat, das hauptsächlich im Modellbau angewandt wird. Es wurde von der Fa. 3D-Systems Inc. entwickelt und erstmals 1989 veröffentlicht und eingesetzt.

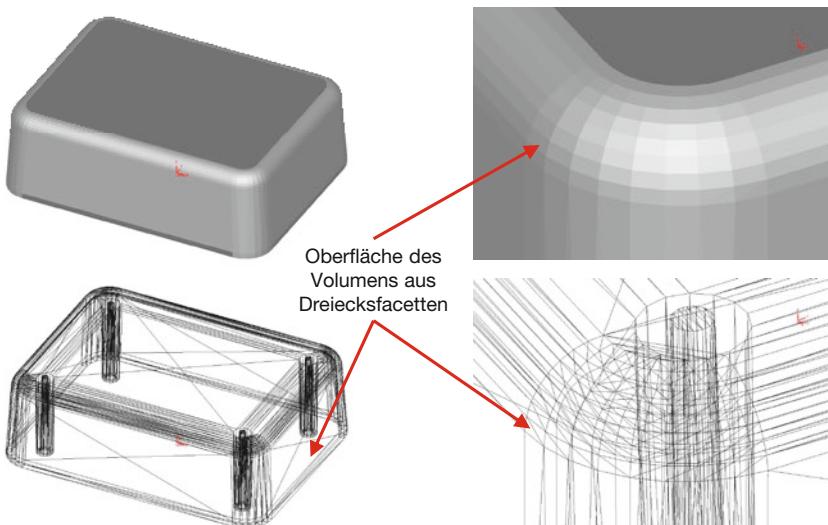
Dieses Format beschreibt nur die Oberfläche eines Volumens. Dabei wird diese Oberfläche in lauter Dreiecksfacetten aufgelöst. Je besser die Oberfläche sein soll, umso mehr und kleinere Dreiecksfacetten hat sie. Wichtig zu wissen: Diese Daten enthalten keine geometrischen Elemente und können nur mit speziellen Systemen verändert werden.



Als Grundlage für die Konstruktion eines Spritzgießwerkzeuges sind STL-Daten nicht gut geeignet, um nicht zu sagen unbrauchbar.

Die Schreibweise für STL-Daten ist \*.stl

In Bild 3.2 sieht man deutlich die Dreiecksfacetten, diese bilden sich auch auf dem späteren Bauteil genau ab.



**Bild 3.2** Modell aus STL-Daten

Eines der Anwendungsgebiete für dieses Format sind die immer mehr genutzten 3-D-Printer. Mit diesem Verfahren können z.B. Kunststoffteile in originalem Material gedruckt werden. Der Vorteil ist, dass man sehr schnell einbaufertige Teile für Versuche hat.

### 3.2.3 Datengröße

Noch ein Satz zur angesprochenen Größe der Daten. Der Datensatz unserer Dose wurde im systemeigenen Format .elt konstruiert. Für diese Gegenüberstellung ist er in die Formate IGES, STEPP und STL und anschließend wieder zurückkonvertiert worden.

In Bild 3.3 werden die unterschiedlichen Größen der Dateien dargestellt. Es spiegelt sich auch die bereits angesprochene Struktur der IGES-Daten in deren Größe wider.

|                      | Name               | Größe  |
|----------------------|--------------------|--------|
| Original             | Dose_2.2.elt       | 281 KB |
| Neutrale Formate     | Dose_2.2.igs       | 532 KB |
|                      | Dose_2.2.stl       | 542 KB |
|                      | Dose_2.2.stp       | 202 KB |
| Zurückgelesene Daten | Dose_2.2_IGES.elt  | 350 KB |
|                      | Dose_2.2_STEPP.elt | 83 KB  |
|                      | Dose_2.2_STL.elt   | 72 KB  |

**Bild 3.3** Gegenüberstellung der Datengröße

### 3.2.4 Schwindung

Die Daten des neuen Kunststoffteils sind eingelesen und kontrolliert. Eine der ersten Festlegungen die getroffen werden muss ist, aus welchem Material das spätere Kunststoffteil sein soll.

#### 3.2.4.1 Materialauswahl

Kunststoffe gibt es heute in einer sehr großen Auswahl. Welche Eigenschaften sind für das Kunststoffteil später wichtig? Soll es stabil sein oder flexibel? Ist es ein Sichtteil, das vielleicht später noch lackiert oder verchromt wird oder ein rein technisches Teil innerhalb einer Baugruppe? Braucht es Gleiteigenschaften oder soll es elektrisch leitend sein? Oder ist womöglich der Preis für den Kunststoff entscheidend?

- Die Lage des Teils im Werkzeug muss in Entformungsrichtung sein.
- Das Kunststoffteil ist im Werkzeug so zu platzieren, dass es beim Öffnen des Werkzeugs zwingend auf der Auswerferseite hängen bleibt.
- Elemente am Kunststoffteil, die nicht in Hauptentformungsrichtung sind, z.B. Hinterschnitte, werden mit zusätzlichen beweglichen Schiebern, Einsätzen und Auswerfern entformt.
- Das Kunststoffteil muss beim Ausstoßen frei fallen können.
- Oder es muss soweit frei sein, dass ein Handlingsystem das Teil abholen kann.

### 3.7.2 Entformungsschrägen

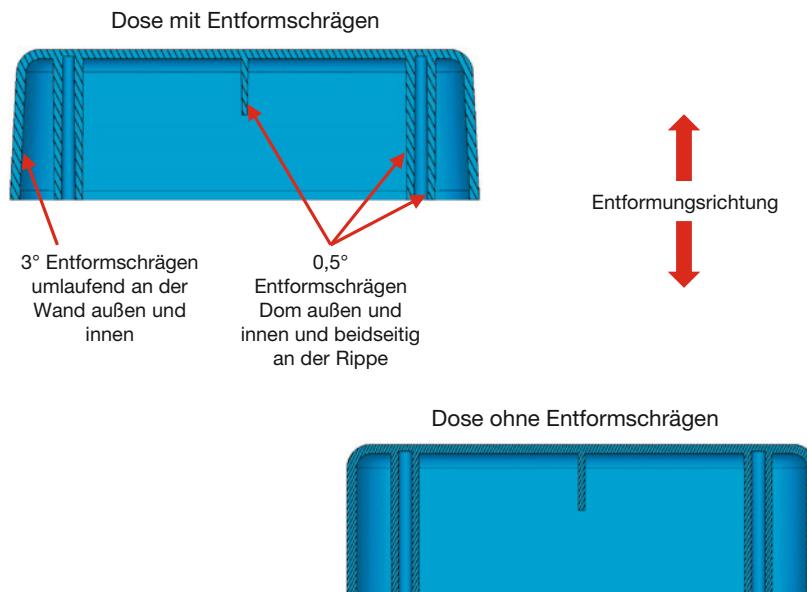
Eine wichtige Eigenschaft, die jedes Kunststoffteil haben muss, sind Entformungsschrägen. In Abschnitt 3.3.1 wurde bereits der Begriff *kunststoffgerecht konstruieren* verwendet. Gemeint ist dabei unter anderem, dass diese Entformungsschrägen am Kunststoffteil sind. Entformungsschrägen haben, wie es der Name bereits sagt, direkten Einfluss auf die Entformung, das Ausstoßen des fertigen Kunststoffteils aus dem Spritzgießwerkzeug.

Es muss vermieden werden, dass ein Kunststoffteil senkrechte Flächen hat. Kunststoffteile mit senkrechten Flächen lassen sich sehr schlecht entformen. Die Kraft, die zum Entformen notwendig ist, wird bei senkrechten Wänden höher, und die Gefahr, dass das Kunststoffteil beim Entformen deformiert wird, ist sehr groß.

#### 3.7.2.1 Definition

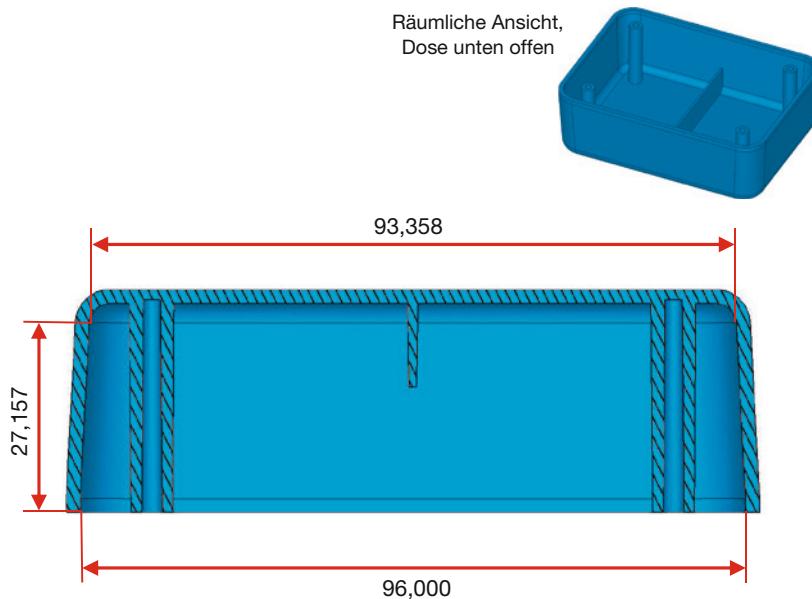
Als kleinste Entformungsschrägen sollten  $0,5^\circ$  nicht unterschritten werden. Allgemein werden Entformungsschrägen zwischen  $1^\circ$  und  $3^\circ$  verwendet. In Bild 3.28 sind am linken Teil alle senkrechten Flächen mit einer Formschräge versehen. Die Dome und die Rippen mit der minimalen Schräge von  $0,5^\circ$ , die umlaufende Wand innen und außen  $3^\circ$ .

Beim Konstruieren eines Kunststoffteils ist auf die Formschräge zu achten. Bei hohen Teilen kann die Differenz zwischen der größten Stelle unten und der kleinsten Stelle oben mehrere Millimeter betragen. Einbauteile, die innen am Boden des Kunststoffteils eingebaut werden, müssen kleiner sein als Teile, die direkt an der offenen Seite sind. Die Frage, die sich stellt ist, welches Maß in Bezug auf die Formschräge ist entscheidend – unten oder oben.

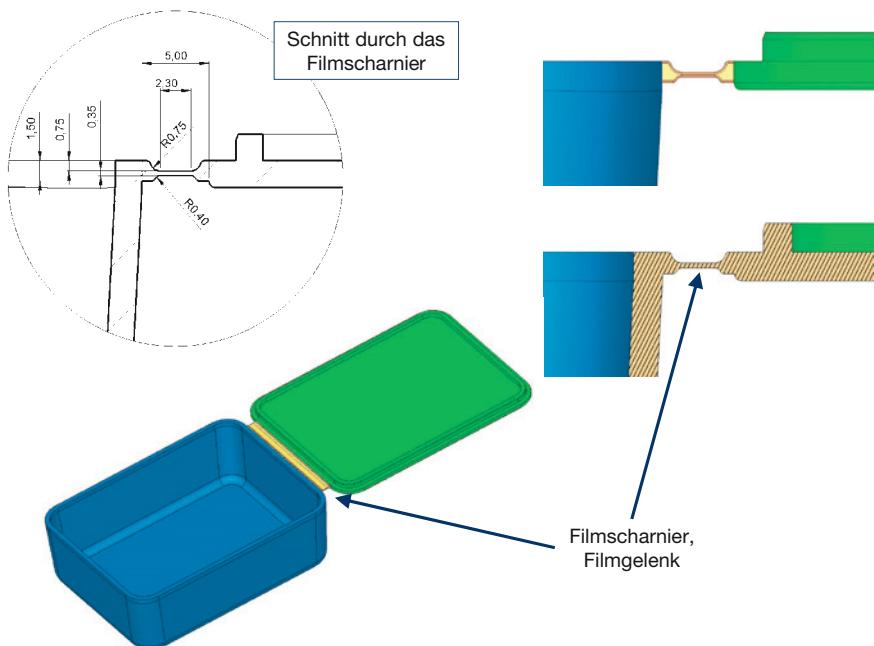


**Bild 3.28** Dose mit und ohne Entformungsschräge

In Bild 3.29 sind die Differenzen an unserer Dose mit Maßen verdeutlicht. Von der Unterkante des Teils bis zum Beginn des Radius sind es in der Höhe 27,157 mm. Bei  $3^\circ$  Entformungsschräge ergibt sich eine Verjüngung um 2,642 mm.



**Bild 3.29** Differenz durch Entformungsschrägen



**Bild 3.71** Dose und Deckel mit Filmscharnier

### 3.9.12 Drei-Platten-Werkzeug

Auch ohne Heißkanal ist das direkte Anspritzen von Bauteilen möglich. Mit einem Drei-Platten-Werkzeug kann eine kleinere Anzahl von Kunststoffteilen über ein kleines Labyrinth von Angusskanälen durch drei Platten angespritzt werden.

Diese Art von Anguss wird meist für kleinere, oft symmetrische Kunststoffteile genutzt. Der Vorteil bei diesem Anspritzpunkt ist das gleichmäßige, zentrale Füllen der Kunststoffteile.

Das Werkzeug, speziell die Düsenseite, weicht vom klassischen Aufbau ab. Die Düsenseite besteht aus drei Platten. Die Spannplatte (Platte 1) ist fest mit der Maschine verbunden, die Zwischenplatte (Platte 2) und die Formplatte (Platte 3) sind beweglich auf den Führungssäulen gelagert. Alle Platten sind mit Anschlägen in ihrem Weg begrenzt. Die düsenseitige Formplatte wird durch einen Kugelmittnehmer mit der auswerferseitigen Formplatte verbunden.

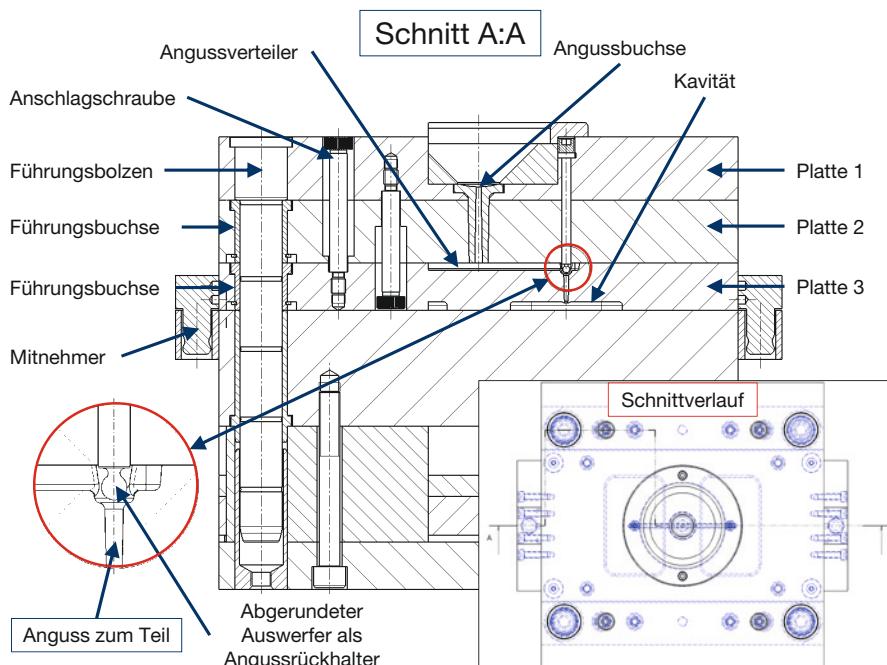
Der Anguss ist ein Kaltkanal und wird wie das Kunststoffteil ebenfalls bei jedem Zyklus ausgeworfen. Da der Freiraum zwischen den einzelnen Platten nicht sehr groß ist, kommt meist ein Angusspicker zum Einsatz, um den Anguss direkt aus der Maschine abzuholen.



Auf den Weg der Platten bzw. deren Begrenzung ist im Zusammenhang mit den Dimensionen des Angusses größtes Augenmerk zu legen. Hier kommt es immer wieder zu Fehlern und daraus resultierend zu Störungen bei der Fertigung. Ist der Freiraum für die Angussspinne nicht ausreichend, verkantet sie und bleibt hängen.

Um den Anguss in der für das Auswerfen richtigen Lage zu halten, sind zwei Auswerferstifte mit Kugelkopf in das Werkzeug eingebaut.

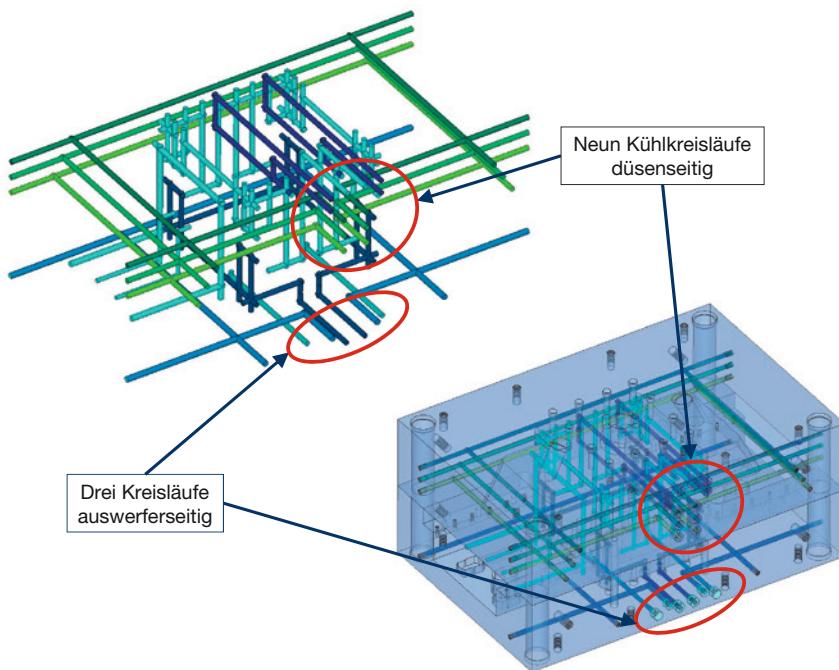
In Bild 3.72 ist ein Schnitt durch das Werkzeug dargestellt. Unten rechts ist der Schnittverlauf zu erkennen und unten links eine Vergrößerung des Auswerfers mit Kugelkopf. Der Kugelkopf hat die Aufgabe den Anguss vom Kunststoffteil abzureißen und die Angussspinne zu halten.



**Bild 3.72** Schnitt durch ein Drei-Platten-Werkzeug

### Ablauf

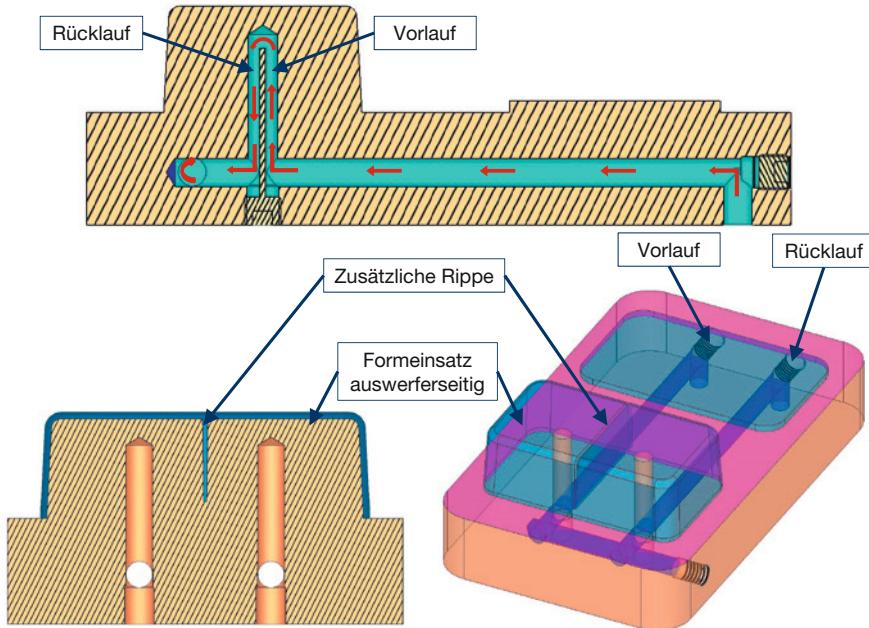
Der flüssige Kunststoff kommt durch die Maschinendüse und die Angussdüse in den Verteiler zwischen Platte 2 und Platte 3. Im Verteiler umspült die Schmelze den Kugelkopf des Auswerfers und füllt über den Anguss die Kavität.



**Bild 4.48** Zwölf Kühlkreisläufe in den Platten und Einsätzen

Einzelne Bereiche, in denen durch Dome, Rippen oder Wandstärke mehr Hitze gespeichert wird, müssen separat gekühlt werden. Solche Bereiche lassen sich meist nicht mit einer Bohrung direkt anfahren. Für diese Fälle gibt es eine Vielzahl von unterschiedlichen Kaufteilen, der Kreativität des Konstrukteurs sind auch hier keine Grenzen gesetzt. Beides, Kaufteil und Kreativität des Konstrukteurs wird in den nächsten Abschnitten ausführlich beschrieben.

In Bild 4.49 sieht man den Formeinsatz unserer Dose. In der Mitte eine zusätzliche Rippe, die für den Formeinsatz eine Unterbrechung darstellt. Hier wird es schwer, einen Kühlkreislauf zu erzeugen. Die Lösung ist eine größere Bohrung, die durch ein Trennblech in zwei Bahnen aufgeteilt wird.



**Bild 4.49** Trennblech für enge Bereiche

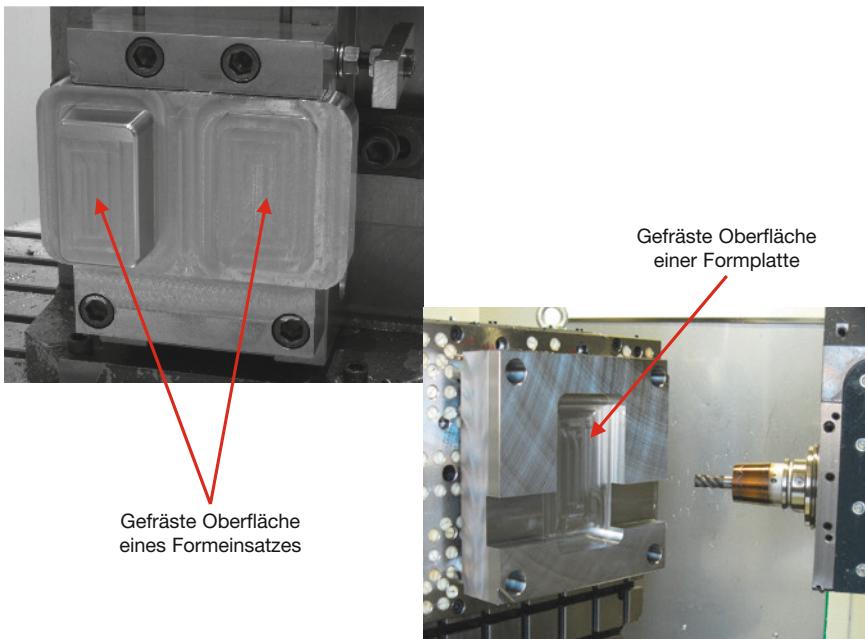
#### 4.4.1.1 Gebohrte Kühlung

Die einfachste Art Kühlkreisläufe herzustellen sind verbundene Bohrungen. Je nach Größe des Spritzgießwerkzeugs und Platzverhältnissen im Werkzeug sind übliche Bohrungsdurchmesser 8 mm, 10 mm, 12 mm, nach unten eventuell auch mal 6 mm und nach oben max. 16 mm. Kleinere Bohrungen sind aufgrund ihrer schlechteren Wirkung eher selten. Für solche Fälle sollten andere Lösungen gefunden werden.

Die Bohrungen werden klassisch gebohrt, längere Bohrungen tieflochgebohrt. Sie kreuzen sich mehrfach und werden so zu einem Kreislauf mit einem Ein- und einem Ausgang. Die Eingänge der Bohrungen, die nicht als Ein- oder Ausgang genutzt werden, verschließt man mit einem Stopfen.

In Bild 4.50 ist der klassische Kühlkreislauf durch eine Formplatte und unser Schieber zu sehen. Die Bohrungen in der Mitte der Formplatte sind Zubringer für den Formeinsatz. Der Schieber hat je einen Ein- und Ausgang. Der Rest ist mit geschraubten Stopfen verschlossen.

In Bild 4.62 ist ein Formeinsatz (links) und eine Formplatte (rechts), die eine gefräste Oberfläche haben, dargestellt. Die Oberfläche am Formeinsatz wird am späteren Teil auf der Innenseite sein. Sie wird so bleiben wie sie in Bild 4.62 zu sehen ist. Die Oberfläche in der Formplatte muss nur sauber und ohne Unebenheiten sein. Der Formeinsatz darf sich in dieser gefrästen Tasche bewegen und muss eben in der Grundfläche aufliegen.



**Bild 4.62** Gefräste Oberfläche [Werkbilder: Gebr. Heller GmbH, Nürtingen]

## 4.6.2 Erodieren

Der Großteil der Sichtflächen wird erodiert. Die erodierte Oberfläche ist gleichmäßig und jeder Formenbauer kann sie selbst herstellen.

Telefonhörer, Gehäuse, Abdeckung für Kopierer usw. – sehr viele Sichtteile haben eine erodierte Oberfläche. Um diese Oberfläche herstellen zu können, braucht man eine Elektrode entweder aus Kupfer oder aktuell mehr in Gebrauch Grafit. Die Elektrode hat die gleiche Kontur wie das spätere Kunststoffteil. Bei aufwendigen oder komplexen Formkonturen werden die Konturen in mehrere kleinere Parzellen eingeteilt und einzelne Elektroden hergestellt.

Die Oberflächenrauheit wird in der VDI 3400 definiert.

Hier ein Auszug aus der Tabelle für die Erodierstrukturen nach VDI 3400. Sie werden nach Feldern eingeteilt.

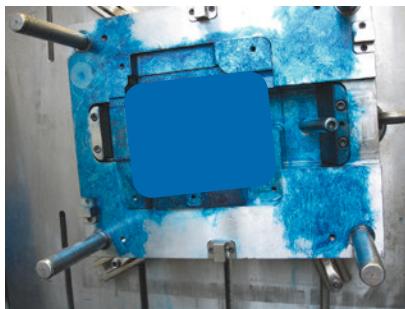
**Tabelle 4.1** Rauheit von Erodierstrukturen nach VDI 3400

| Rauheit in $\mu\text{m}$ | VDI Feld |
|--------------------------|----------|
| 0,40                     | 12       |
| 0,56                     | 15       |
| 0,80                     | 18       |
| 1,12                     | 21       |
| 1,60                     | 24       |
| 2,24                     | 27       |
| 3,15                     | 30       |
| 4,50                     | 33       |
| 6,30                     | 36       |
| 9,00                     | 39       |
| 12,50                    | 42       |
| 18,0                     | 45       |

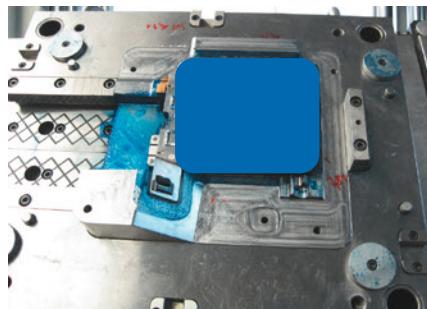
Die am meisten verwendeten Strukturen sind zwischen Feld 27 und 36. Bei diesen Strukturen wirkt sich die eingangs genannte Regel noch nicht stark aus, bei Feld 39 ist aber schon die minimale Entformungsschräge von  $0,5^\circ$  zwingend erforderlich.

In Bild 4.63 ist der Formeinsatz für unseren Deckel und die dazugehörige Elektrode aus Grafit zu sehen. Die Erodierstruktur des Formeinsatzes ist VDI 3400 Feld 30.

Erodierter Formeinsatz  
für DeckelElektrode für Deckel  
aus Graphit**Bild 4.63** Erodierter Formeinsatz und Elektrode



Düsenseite mit Tuschierte Farbe eingepinselt



Fertig tuschierte Auswerferseite

**Bild 5.6** Spritzgießwerkzeug beim Tuschieren [Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]

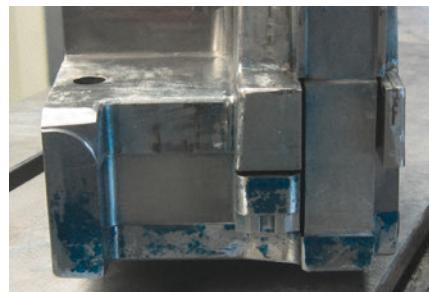
### Beispiel: Schieber und Formeinsatz

Die Vorgehensweise ist bei Einzelteilen wie Schieber und Formeinsatz gleich. Zuerst wird aber festgelegt, wo die Tuschierte Farbe aufgetragen und wo geschliffen wird. Ist die Tuschierte Farbe am Formeinsatz, wird am Schieber geschliffen oder umgedreht. Da der Schieber durch die Führungen in einer Bahn läuft, besteht keine Gefahr, dass der Schieber zu einseitig bearbeitet wird.

In Bild 5.7 ist die Schieberführung mit den eingepinselten Trenn- und Tuschierte Flächen und dem fertig tuschierten Schieber zu sehen.



Schieberbahn mit Tuschierte Farbe eingepinselt



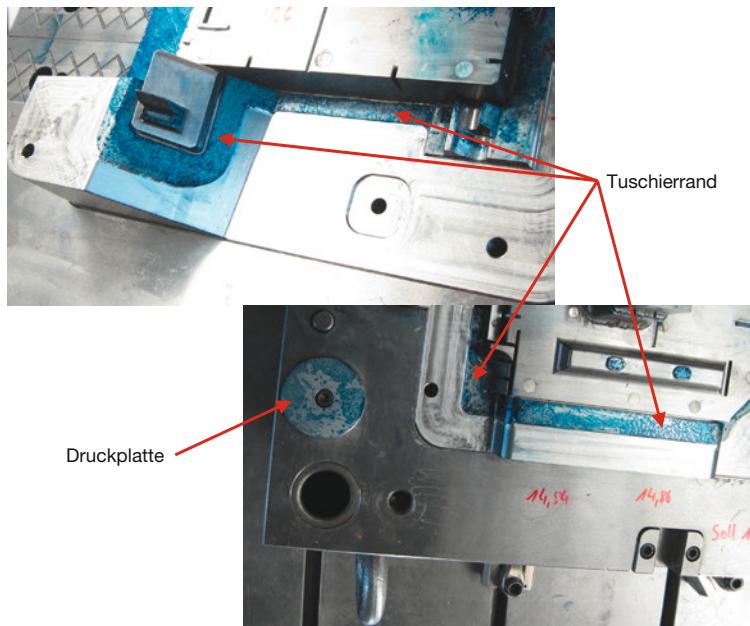
Fertig tuschierte Schieber

**Bild 5.7** Schieber mit Formeinsatz tuschiert [Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]

### Tuschierrand

In Abschnitt 3.8.4 „Druckplatten in der Trennung“ wurde auch schon der Trennungsrand angesprochen. Der Trennungsrand ist gleichzeitig der Tuschierrand. Es ist ein Rand, je nach Bauteil und Spritzgießwerkzeug, von 10 bis 20 mm. Nur auf diesem Rand befindet sich die Trennung der beiden Formhälften. Der Rest der Trennung wird um 0,5 mm freigestellt. Ohne Tuschierrand müsste man die ganze Formhälfte bearbeiten.

In Bild 5.8 ist der Tuschierrand außerhalb der Formkontur deutlich zu sehen. Die Tuschierrfarbe hat sich vollflächig von der Düsenseite auf die Auswerferseite übertragen. Das Werkzeug ist dicht. Auf dem unteren Bild ist die schon mehrfach angesprochene Druckplatte zu sehen. Auch sie hat die Tuschierrfarbe von der Düsenseite übernommen.



**Bild 5.8** Fertig tuschiertes Spritzgießwerkzeug mit Druckplatte  
[Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]

## ■ 5.3 Anschließen von Bauteilen

Einige Anbauteile müssen bei der Endmontage angeschlossen werden. An den Hydraulikzylinder müssen die Schläuche und die Endschalter angeschlossen werden. Der Heißkanal wird an die Stromversorgung und Thermofühler an die Regelung angeschlossen, der Endschalter am Auswerferpaket oder an anderen beweglichen Teilen. Die Steuerung für die Nadel an der Nadelverschlussdüse im Heißkanal kann hydraulisch oder pneumatisch angesteuert sein. Beides muss aber angeschlossen sein.



Für bestimmte Arbeiten, wie beispielsweise den elektrischen Anschluss des Heißkanals oder die hydraulischen Anschlüsse, sind zusätzliche Kurse oder Zusatzausbildungen erforderlich. Dies ist unbedingt zu beachten!

# Index

## Symbol

- 2,5-Achs-Fräsen 287
- 2-D-Zeichnungen 47
- 2-K-Werkzeug 31
- 3+2-Achsen-Fräsen 291
- 3-Achs-Fräsen 288
- 3-D-Daten 47
- 3-D-Konstruktion 47
- 3-K- oder 4-K-Werkzeug 32
- 4-Achs-Fräsen 290
- 5-Achs-Bearbeitungszentrum 286
- 5-Achs-Fräsen 291
- 5-Achs-Simultanfräsen 292
- 5-Achs-Simultan-Walzfräsen 292

## A

- Abmusterung 239, 265
- abrasive Kunststoffe 77
- Abstreiferplatte 185, 190
- Aluminium 75
- Anbindung 72
- Änderungen am Spritzgießwerkzeug 261
- Anguss 71, 72, 98
- Angussart 106
- Angussauswerfer 183
- Angusseinsätze 131
- Angusskanal 72, 100, 108

- Angusslänge 131
- Angusspicker 99, 128
- Angussspinne 129
- Angussstange 111
- Angussstrang 99
- Angusssystem 106
- Anlasstemperatur 256
- Anordnung 74
- Anordnung der Kavitäten 70
- Anschließen von Bauteilen 232
- Anschlussnippel 206
- Anspritzen 98
- Anspritzpunkt 98, 133
- Anzahl der Kavitäten 67, 78
- Arten der Wärmebehandlung 255
- Ätzstruktur 97
- Ätzverfahren 214
- Aufbau eines Schiebers 153
- Auftragsbestätigung 242
- Auf-Zu-Werkzeug 5
- Ausbringungsmenge 67, 69, 75
- Ausschraubeinheit 26, 31
- Ausschwemmung 77
- Außengewinde 22, 23
- Auswerfer 9, 18, 65, 87, 174
- Auswerferabdrücke 88

- Auswerfer als Entlüftung 136
- Auswerfer als Hilfsmittel 181
- Auswerferbolzen 265
- Auswerferdeckplatte 175
- Auswerferei 267
- Auswerferführung 131
- Auswerfergrundplatte 175
- Auswerferpaket 8, 18, 175
- Auswerferseite 6, 8
- Auswerferstifte mit Kugelkopf 129

## B

- becherförmige Kunststoffteile 6
- Bemusterung 265
- Beryllium-Kupfer 150, 204
- Beschaffungsprozess 241
- Beschichtungen 260
- Beschriftung 208
- Beschriftungsart 209
- Bestellung 242
- Betätigung von Schiebern 160
- bewegliche Einbauteile 14
- Bewegungsablauf 5, 43, 267
- Bindenahrt 100, 102, 124

- Biokunststoffe 2  
 Bohren 303  
 Brennstellen 273
- C**  
 CAD  
   - Daten 294  
   - Modell 295  
   - Programm 47  
   - System 47  
 CAD-CAM-System 47, 220  
 CAM  
   - Programm 294  
   - Programmierung 294  
   - System 294  
 CE-Kennzeichnung 243  
 Checklisten 311  
 Clipverschluss 17  
 Cloud 49  
 CNC-Programm 285
- D**  
 Datengröße 52  
 Datenmenge 48  
 Datentransfer 48  
 Datumsstempel 209  
 Dauerfestigkeit 141  
 Dauerläufer 77  
 Dichtung 36  
 Dielektrikum 298  
 Dieseleffekt 273  
 DIN 912 142  
 DIN 16742 57  
 DIN 66217 287, 289  
 DIN ISO 5455 XX  
 direkte Anspritzung 71  
 Distanzleisten 8  
 Distanzrollen 82  
 Distanzscheiben 176  
 Dome 65, 83  
 Dosierung 269  
 Drahterodieren 298, 301
- Drehen 305  
 Drehsteller 36  
 Dreiecksfacetten 51  
 Drei-Platten-Werkzeug 128  
 drückende Auswerfer 175  
 Druckplatten 95, 230  
 Durchbruch 15  
 Düsenradius 265  
 Düsenseite 6, 8  
 DXF 49
- E**  
 ebene Trennung 91  
 Eckenverzug 62  
 Einbauhöhe 265  
 Einbrand 281  
 Einfallstelle 150  
 eingeschraubter Kern 150  
 Einspritzen 72  
 Elektrode 212, 299  
 Endlage 16, 97, 167  
 Endlagensicherung 165, 184  
 Endmontage 232, 244  
 Endschalter 232  
 Energieeffizienz 267  
 entformt 14  
 Entformung 82  
 Entformungsprobleme 87  
 Entformungsrichtung 6, 63  
 Entformungsschräge in der Trennung 85  
 Entformungsschrägen 83  
 Entlüftung 132, 143, 155, 181, 273  
 Entlüftung am Auswerfer 138  
 Entlüftung in der Trennung 138  
 Entlüftungseinsatz 137  
 Entlüftungskanal 135
- Entlüftung über Elemente 135  
 Entspindeln 26, 27  
 Erodieren 89, 212, 298  
 Erodierstruktur 97  
 Ersatzteilbeschaffung 243  
 Ersatzteile 280  
 Erstbemusterung 277  
 Erstmusterprüfung 246, 276  
 Etagen-Werkzeug 38, 68
- F**  
 Fachzahl 67  
 falsche Seite 90  
 Faltkern 26, 189  
 Farbtafel Konstruktion 311  
 Feder im Schieber 167  
 federnde Auswerfer 179  
 Fehlerquote 247  
 Fertigungskosten 13  
 Fertigungstechnologien 285  
 Fertigungsteile 221  
 Festlegungen 63  
 Fettfilm 159  
 Fetttaschen 159  
 Filmanguss 116  
 Filmgelenk 127  
 Filmscharnier 124, 127  
 Fixierung von Kernstiften 13  
 Flachauswerfer 136, 178  
 flache Kunststoffteile 6  
 Flächenmodellierer 50  
 Flachsleifen 303  
 Fließfrontzeit 102  
 Formeinsätze 14, 141  
 Formeinsätze aufteilen 141  
 Formeln und Berechnungen 312

Formgröße 22, 78  
 Formhälften 10  
 Forminnendruck 80, 275  
 Formkerne 26, 146  
 Formkerne in Schiebern 153  
 Formkontur 15, 154  
 Formnester balancieren 270  
 Formplatte 8  
 Formtrennung 91  
 Formversatz 10  
 Fräsbahnen 296  
 Fräsbild 89  
 Fräsen 89, 285  
 Fräskopf 291  
 Fräsmaschine 287  
 Fräsrichtung 89  
 Frästruktur 211  
 freie Schwindung 57  
 Freigabe 246  
 Freistahl 113  
 FTP-Server 49  
 Führungen 9, 158  
 Führung im Spritzgießwerkzeug 158  
 Führungsbolzen 9  
 Führungsbuchsen 8  
 Füllbild 106  
 Füllsimulation 100  
 Füllstoffe 53  
 Füllstudie 125, 269  
 Funktionsablaufplan 311

## G

gebohrte Kühlung 196  
 Gefügeveränderungen 255  
 gehinderte Schwindung 57  
 gesteuerte Nadel 123  
 Getriebe 38, 42  
 Gewindeflächten 24  
 Gewindestift 12

Glasfaser 53  
 Glaskugel 53  
 Gleitführungen 41  
 Gleitschuh 41, 43  
 Glühen 255  
 Grafit 212, 299  
 Größe der Daten 47  
 größere Einbauhöhe 45

## H

harte Komponente 33  
 Härteln 141, 256  
 hart-weich 32  
 Hauptentformungsrichtung 5, 14, 86, 174  
 Heißkanal 40, 107  
 Heißkanal Einzeldüse 119  
 Heißkanal mit Nadelverschluss 35  
 Heißkanalverteiler 121  
 Heißkanalverteiler mit Nadelverschluss 123  
 Heizpatronen 204  
 Herstellungskosten 12  
 Hilfsauswerfer 115  
 Hilfsrippe 114  
 Hinterschneidungen 14, 18  
 Hinterschnitt 14, 24  
 Hochglanzpolieren 309  
 Hülsenauswerfer 134, 178  
 Hydraulikanschlüsse 235  
 Hydraulikzylinder 16, 28, 163, 173  
 hydraulische Ausschraub-einheit 27

## I

IGES 49, 50  
 Innengewinde 22, 26

## K

Kabel 233  
 Kalter Ppropfen 112  
 Kaltkanal 106  
 Kaltkanalverteiler 108  
 Kantenläge 22  
 Kernstifte 12, 14  
 Kernzüge 266  
 kleinste Entformungsschräge 83  
 Klinkenzug 229  
 Kniehebel 43  
 Konstruktion 47  
 Konstruktionsbesprechung 243  
 Konstruktionselemente 48  
 Konturänderung 147  
 Konturauswerfer 180  
 Konturgebende Trennung 92  
 Konvertieren 50  
 Korrektur von Stichmaßen 148  
 Kosten 17, 21, 68, 119, 122  
 Kosten ermitteln 262  
 Kräfte im Werkzeug 275  
 Kreisläufe umlenken 198  
 Kreisläufe verbinden 205  
 Kugelmittnehmer 129  
 Kugelraster 167  
 Kühlkern 147  
 Kühlkreisläufe 194  
 Kühlung 144, 194  
 Kühlung auf Dichtheit prüfen 236  
 Kühlung im Schieber 168  
 Kühlzeit 273  
 kunststoffgerecht konstruiert 64, 83  
 Kunststoffgranulat 1  
 Kunststoffteile 1  
 Kupfer 212, 299

Kupferkerne 203  
Kupferlegierung 147

## L

Lage des Anspritzpunktes 99  
Längenauswahl der Führungsbolzen 11  
Langloch 171  
Längsrichtung 55  
Lasercusing 306  
Lasergenerieren 306  
Laserschweißen 281  
Lasertextur 215  
laufende Wartung 279  
Lebensdauer 75  
Leitbild 247  
Leitgewinde 28  
Leitmutter 28, 29  
Lufteinschlüsse 100, 102  
Luftventil 88

## M

Maschinenbett 41, 43  
Maschinendüse 40  
Maschinengröße 68, 78  
Massetemperatur 273  
Materialanhäufung 73  
Materialauswahl 52  
Materialauswahl für Spritzgießwerkzeuge 75  
Materialpaarungen 32  
Mehrfach-Werkzeug 31, 72  
Mehrkomponenten-Werkzeuge 31, 38  
Meilenstein 244  
Messdruck 236  
Mittelauswerfer 183  
Montage 225  
- abhängig/unabhängig 222

- von innen nach außen 222  
Musterwerkzeug 75, 141

## N

Nachdruck 53, 60, 268  
Nachschwindung 54  
Narbung 214  
NC-Daten 47  
Nebenentformungsrichtung 6  
neutrales Datenformat 48  
nicht werkzeuggebundene Maße 57  
Nitrieren 258  
Normen 248  
Normteile 219

## O

Oberfläche 66, 89, 97, 210  
Öffnen und Schließen 41  
ohne Beschädigung 65  
Optimieren der Parameter 272  
O-Ring 144, 226, 236

## P

Parameter 267  
Passgenauigkeit 250  
Passleisten 250  
Passungen 227, 249  
Peitschenanguss 131  
Pflichtenheft 243  
Pilotbohrer 304  
plastifiziert 5  
Plattendicke 82  
Polieren 89, 216, 309  
Postprozessor 297  
praktische Richtlinien 311  
Prallwand 113

Präzision 97, 249  
Presspassung 249  
produktionstypischer Zyklus 269  
Profilschleifen 303  
projizierte Fläche 166  
Prozesskette 239

## Q

Qualitätssicherung 247  
Querbohrung 144  
Querkräfte 153  
Querrichtung 55  
Querschnitt des Kaltkanal-verteilers 109

## R

Rampe 155, 251  
Rand am Formeinsatz 143  
Raster 167  
Rastnase 17  
Rechte-Hand-Prinzip 289  
Reparatur 283  
Restkühlzeit 274  
resultierende Bewegung 16, 18  
Riffelung 26  
Ringanguss 118  
Rippen 65, 83, 136  
rohe Oberfläche 211  
Rohlinge 33, 36  
Rohstoffpreise 99  
rostfreie Stähle 77  
Rückdrücker 181  
Rucksackschieber 173  
Ruß im Werkzeug 273

## S

Schieber 14, 15, 24, 79, 94, 151  
Schieberbetätigung 16

- Schieberbreite 160  
 Schieberführung 25, 228  
 Schieber im Schieber 170  
 Schieberkörper 158  
 Schiebersicherung 168  
 Schieber-Werkzeug 15  
 Schilder am Werkzeug 277  
 Schirmanguss 117  
 Schläuche 233  
 Schleifen 302  
 Schlichtbearbeitung 292  
 Schlichtfräsen 291  
 Schließkeil 79  
 Schließkeilfläche 165  
 Schließkraft 70  
 Schmelztemperatur 121  
 Schmierung 159  
 Schnecke 268  
 Schnellverschlusskupplungen 206, 235  
 Schrägbolzen 16, 24  
 schräge Auswerfer 14  
 schräglauflende Kontur-  
 auswerfer 227  
 schräglauflender Auswer-  
 fer 18, 19, 174, 180, 183  
 Schrägsäule 151, 160, 171  
 Schrägsäule mechanisch 161  
 Schraubbewegung 26, 27  
 Schrauben 8  
 Schraubkappe 23  
 Schraubkupplung 23  
 Schruppfräsen 291  
 Schweißen 280  
 Schwenk-Rundtisch 293  
 Schwierigkeitsgrad des  
 Kunststoffteils 68  
 Schwindung 52, 64, 100  
 seitliche Öffnung 15  
 Selbsthemmung 143  
 Senkerodieren 299  
 Serienwerkzeug 141  
 Server 49
- sichtbare Trennung 96  
 Sichtprüfung 236  
 Sichtseite 66  
 Siegelpunkt 269  
 Silikon 55  
 Simulation 60, 99, 100,  
 297  
 Simulationsprogramm 60  
 Spannplatte 8, 36  
 Spannpratzen 266  
 Sperrschieber 38  
 Spielpassung 249  
 Spindelantrieb 30  
 Spiralkern 201  
 Spritzdruck 53, 80  
 Spritzgießmaschine 1  
 Spritzgießwerkzeug 1  
 Spritzgrat 70, 270  
 Spritzzyklus 5  
 Sprudler 200  
 Stange auf das Teil 110  
 Stauboden 113  
 Stecker 233  
 Steckverbindung 206  
 Steilgewindeantrieb 30  
 Steilgewindemutter 29  
 Steilgewindespindel 26,  
 29, 31  
 STEP 48, 50  
 STL 51
- T**
- Talkum 53  
 Taschengrund 226  
 Technologie Drehteller 35  
 Technologie Sperrschieber 38  
 Technologie Umsetzen 32  
 Temperatur des flüssigen  
 Kunststoffes 53  
 Temperaturhaushalt 120,  
 122, 191, 273
- Temperaturhaushalt des  
 Werkzeugs 53  
 Temperieranschlüsse 235  
 Temperierung 191  
 T-Führung 158  
 Thermofühler 232  
 Tieflochbohrer 304  
 TiN-Beschichtung 260  
 Toleranzen 9, 57  
 tote Ecken 121  
 Transportbrücke 233,  
 266  
 Trennblech 195, 199  
 Trennfläche 25  
 Trennung 91, 230  
 Trennung am Schieber 155  
 Trennungsrand am  
 Formeinsatz 96  
 Trennungssprung 93  
 Tunnelanguss 99, 111  
 Tunnel in der Auswerfseite 112  
 Tunnel in der Düsenseite 111  
 Tuschiere 230  
 Tuschiertfarbe 230  
 Tuschierrand 231
- U**
- Übergabedüse 121  
 Übergabestelle 40  
 Überspritzung 70  
 Umlenkelemente 205  
 Umschaltpunkt 269  
 Umsetzen 32  
 USB-Speichern 246  
 USB-Stick 49
- V**
- Vakuum 85, 88, 90, 143  
 Vakuumhärten 256

Vakuumlöten 308  
 VDI 3400 212, 299  
 Verarbeitungsschwindung 54  
 Verblockungen 153  
 verdrängte Luft 132  
 Verdrehsicierung 11  
 Verhältnis  
 - Schrägsäule/Schließ-keilfläche 163  
 Verkallungen 90  
 Verschleiß 283  
 Verschließen einer Kühlbohrung 145  
 Verschlussnieten 207  
 Verschlussstopfen 206  
 versetzte Trennung 97  
 Verteiler 121  
 Verteilerbalken 121  
 Verzögerung 171  
 Verzug 60, 100  
 Verzug bewerten 60  
 Vickers 259  
 Vision 247  
 volumetrisches Füllen 269  
 vorausschauende Wartung 280

**W**  
 Wandstärke 10, 53, 61  
 Wärmeaustausch 192  
 Wärmebehandlung 254  
 Wärmeleitrohre 203  
 Wartungsplan 279, 312  
 Wechselkern 148  
 weiche Komponente 33, 37  
 weiches Material 33  
 Weißenbruch 88  
 Werkzeugarten 5  
 Werkzeug-Dokumentation 243  
 Werkzeuge mit beweglichen Elementen 14, 26  
 Werkzeug für Gewinde 22  
 werkzeuggebundene Maße 57  
 Werkzeuggröße 21  
 Werkzeug mit Drehteller 35  
 Werkzeugplan 267  
 Werkzeugsicherung 266  
 Werkzeugtemperatur 53, 101, 273  
 Wiederverwertung 99  
 WIG-Schweißen 280  
 wirksame Kraft 81  
 Wirtschaftlichkeitsrechnung 69, 122

**Z**  
 Zahnrad 28, 29  
 Zahnstange 26, 28, 31  
 Zentrierflansch 265  
 Zentrierungen 97, 276  
 Zentrische Aufspannung 70  
 ziehende Auswerfer 175  
 Zubringer 40  
 Zuhaltkraft 80  
 Zusammenbau 228  
 zusätzliche Entformungsrichtungen 5, 15  
 zusätzliche Zentrierungen 97  
 Zwangsentformung 20, 190  
 Zwangssteuerung 16, 24, 160  
 zwei Aggregate 33  
 Zwei-Komponenten-Werkzeug 31  
 Zwei-Stufen-Auswerfer 187  
 zweite Entformungsrichtung 14  
 zwei Trennebenen 38  
 Zwischenplatte 8, 12  
 Zyklus 33  
 Zyklusbestimmend 73  
 Zykluszeit 272  
 Zylinder 160