



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

| | |
|--|------------|
| Vorwort zur 2. Auflage | V |
| Vorwort zur 1. Auflage | VII |
| Der Autor | IX |
| Danksagung | XI |
| Hinweis zur Nutzung des Buches | XIX |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Werkzeugarten | 5 |
| 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 Schräglaufender 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 | Mehrfach-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 Drehteller | 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 |
| 3 | Vorbereitung | 47 |
| 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 | Entformungsschragen | 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 | Angusssystem, 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 |

| | |
|--|------------|
| 4 Bauelemente | 141 |
| 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 Rucksackschieber | 173 |
| 4.3 Auswerfer | 174 |
| 4.3.1 Formen der Auswerfer | 177 |
| 4.3.2 Auswerfer als Hilfsmittel | 181 |
| 4.3.3 Schräglaufende 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 |
| 5 | Montage | 225 |
| 5.1 | Systematische Montage | 225 |
| 5.2 | Tuschieren | 230 |
| 5.3 | Anschließen von Bauteilen | 232 |
| 5.4 | Kühlung auf Dichtheit prüfen | 236 |
| 6 | Weiteres Wissen | 239 |
| 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 |
| 7 | Das fertige Werkzeug | 265 |
| 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 |

| | | |
|-----------|----------------------------------|------------|
| 8 | Wartung und Reparatur | 279 |
| 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 |
| 9 | Fertigungstechnologien | 285 |
| 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 |
| 10 | Praktische Richtlinien | 311 |
| | Checkliste Konstruktion | 313 |
| | Farbtafel Konstruktion | 314 |
| | Funktionsablaufplan | 315 |
| | Wartungsplan | 316 |
| | Formeln und Berechnungen | 317 |
| | Index | 319 |

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 derselbe 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 erstreckte 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 Produktspezifikation 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 Produkthanforderung 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-Fräseerei 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.

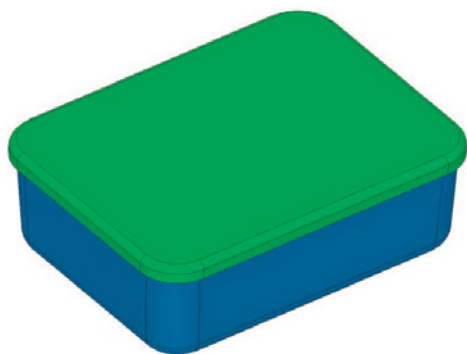
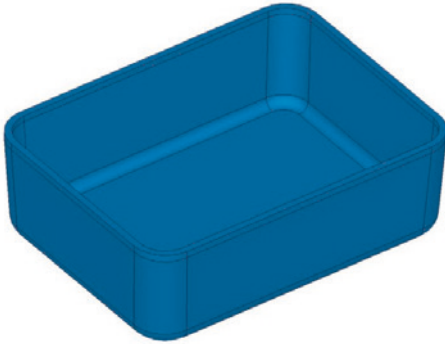


Bild 1 Dose mit Deckel

**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 Volumenmodel 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 Volumenmodel.

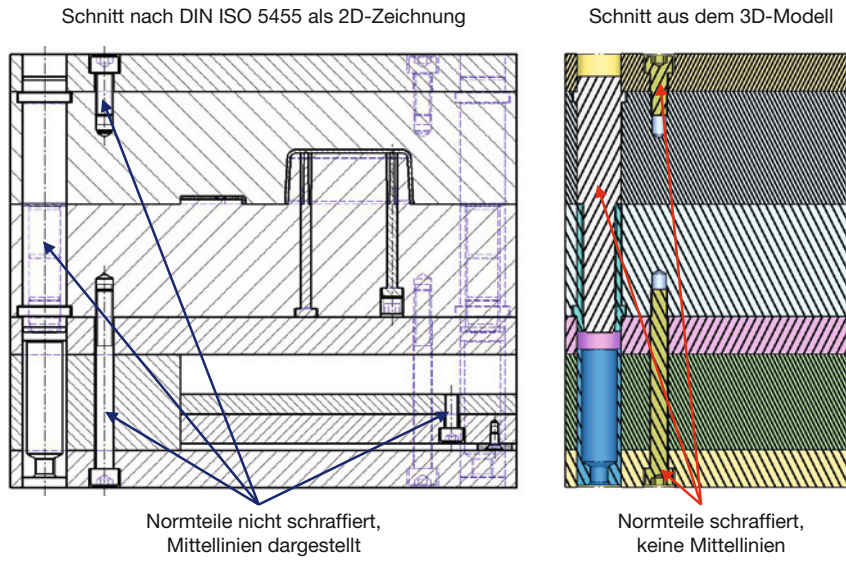


Bild 4 Schnittansicht einer 2-D Zeichnung und Schnitt durch das 3-D Volumenmodell

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, Spielkonsole 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.

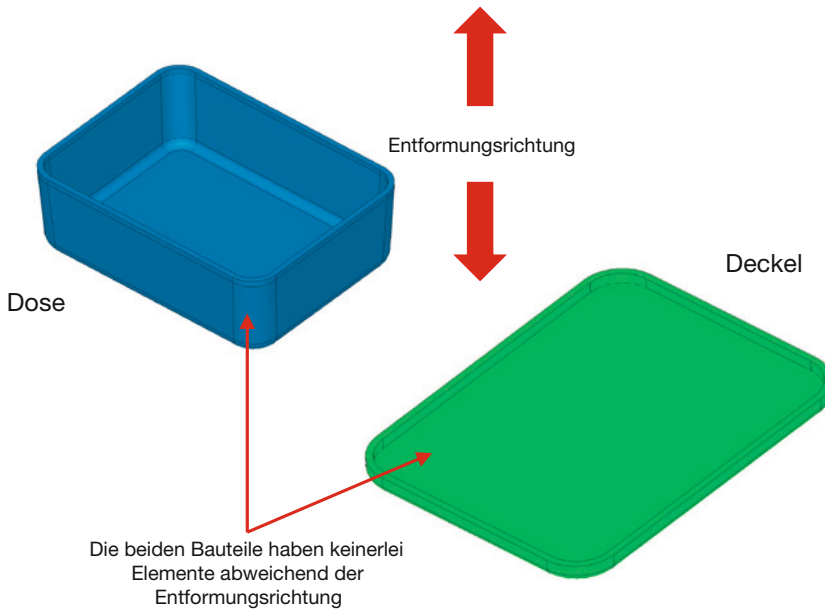


Bild 2.2 Teile für Auf-Zu-Werkzeug

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.

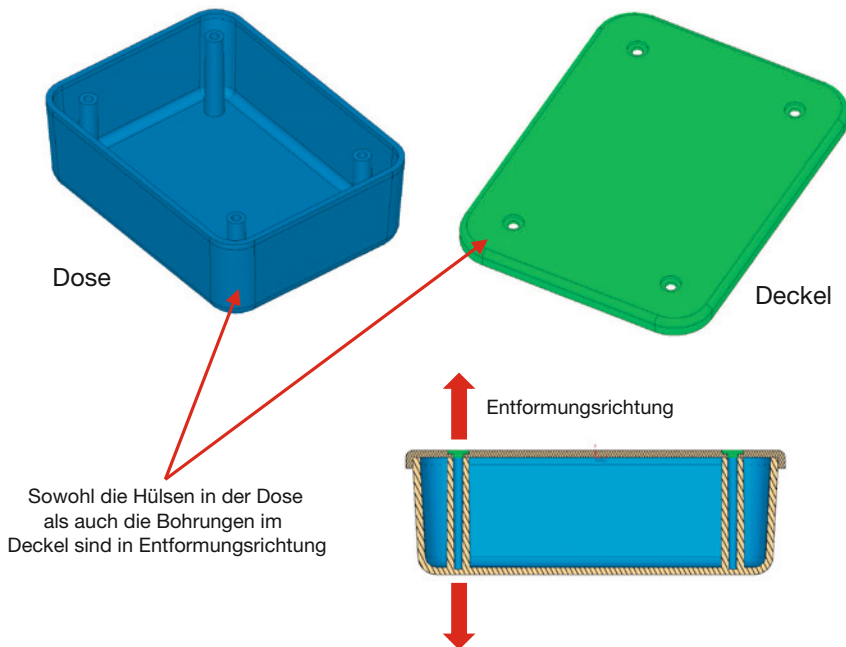


Bild 2.3 Teile für ein Auf-Zu-Werkzeug mit zusätzlichen Elementen

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 Tessellation 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.

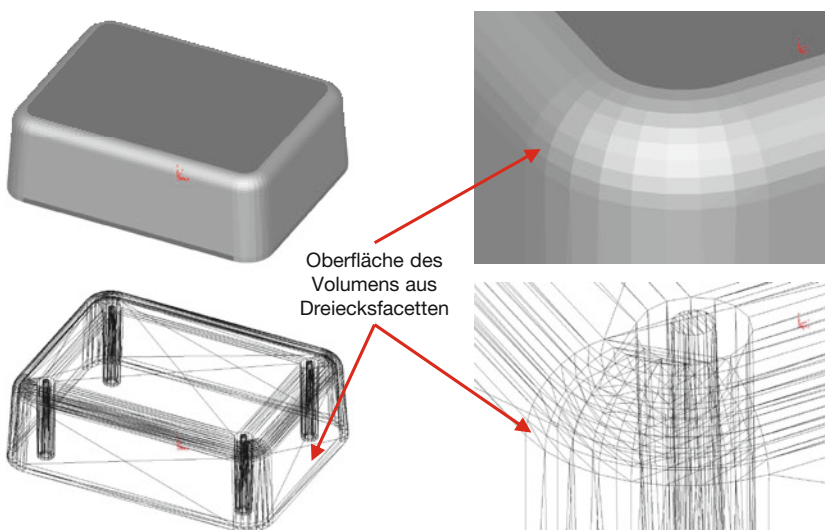


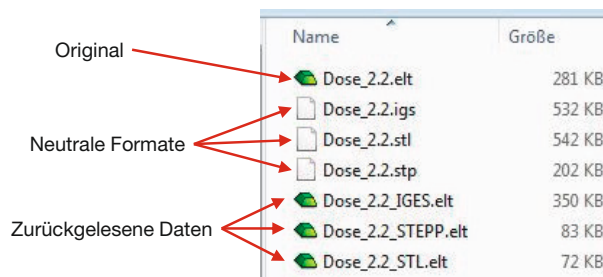
Bild 3.2 Modell aus STL-Daten

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 Entformungsschräge sollten $0,5^\circ$ nicht unterschritten werden. Allgemein werden Entformungsschrägen zwischen 1° und 3° 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° .

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.

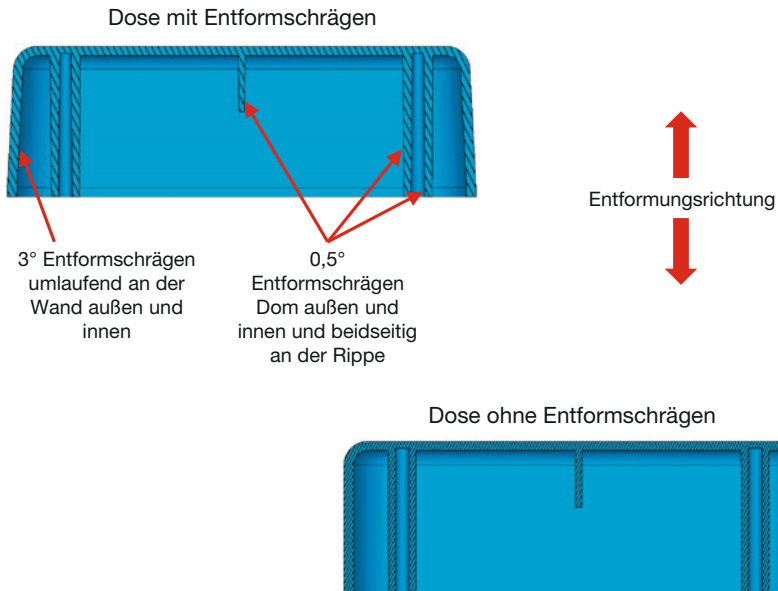


Bild 3.28 Dose mit und ohne Entformungsschräge

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° Entformungsschräge ergibt sich eine Verjüngung um 2,642 mm.

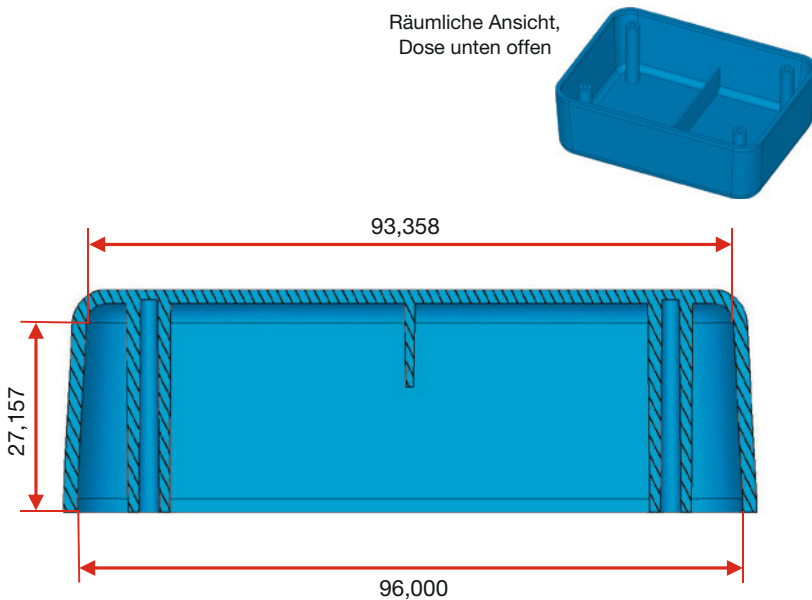


Bild 3.29 Differenz durch Entformungsschrägen

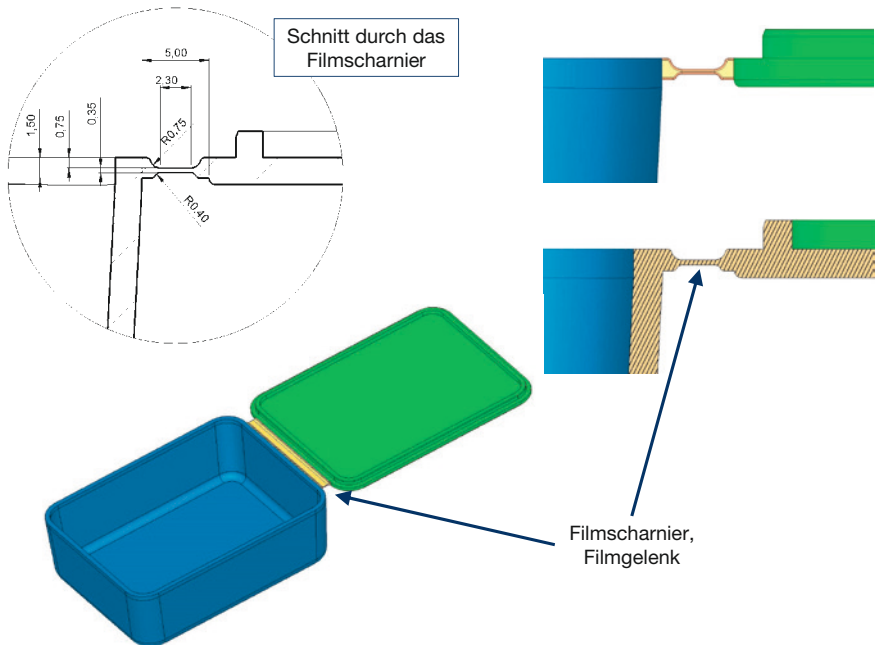


Bild 3.71 Dose und Deckel mit Filmscharnier

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 Kugelhkopf 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 Kugelhkopf. Der Kugelhkopf hat die Aufgabe den Anguss vom Kunststoffteil abzureißen und die Angussspinne zu halten.

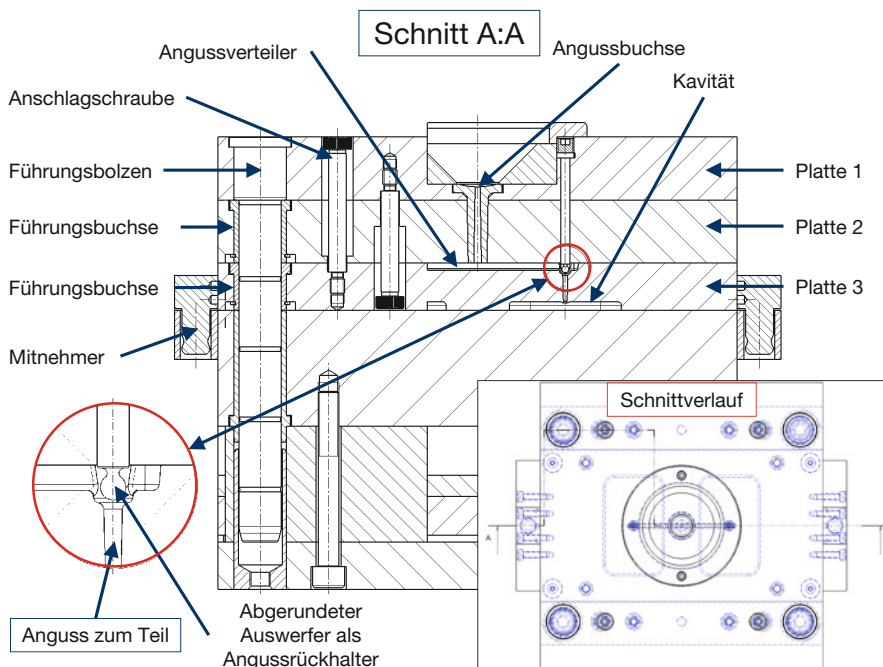


Bild 3.72 Schnitt durch ein Drei-Platten-Werkzeug

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 Kugelhkopf des Auswerfers und füllt über den Anguss die Kavität.

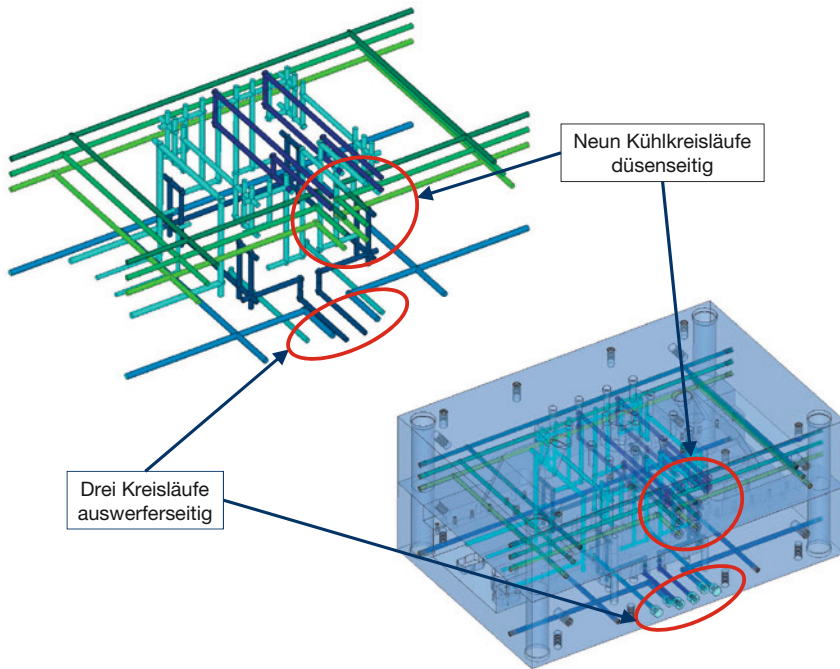


Bild 4.48 Zwölf Kühlkreisläufe in den Platten und Einsätzen

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.

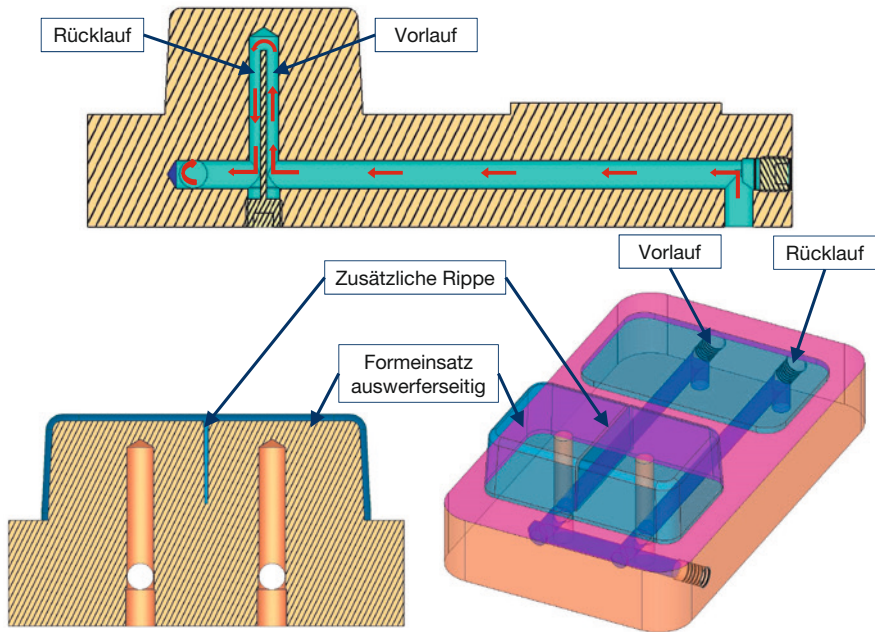


Bild 4.49 Trennblech für enge Bereiche

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.

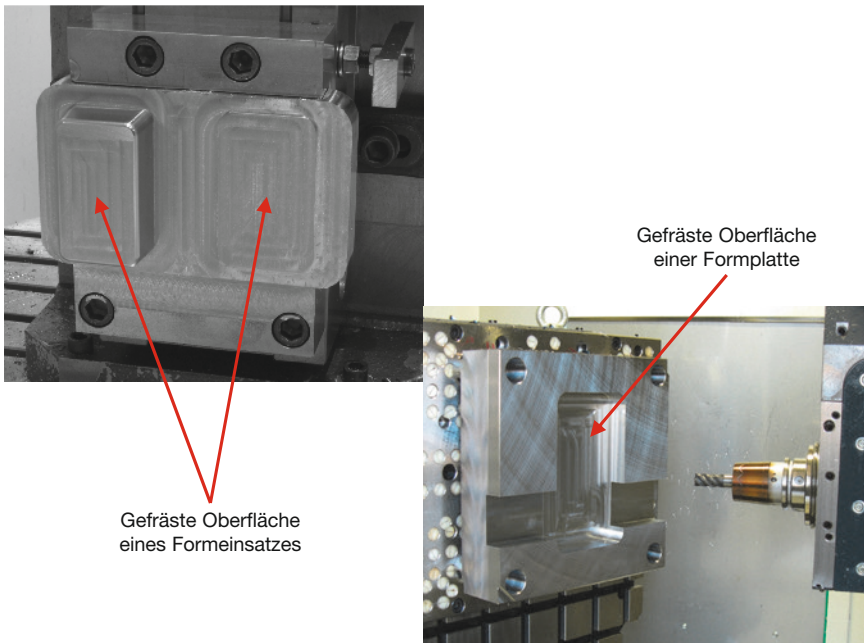


Bild 4.62 Gefräste Oberfläche [Werkbilder: Gebr. Heller GmbH, Nürtingen]

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.

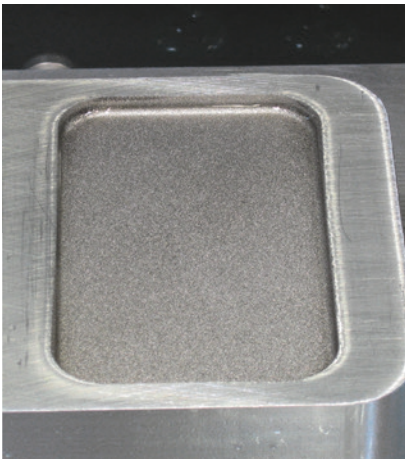
Hier ein Auszug aus der Tabelle für die Erodierstrukturen nach VDI 3400. Sie werden nach Feldern eingeteilt.

Tabelle 4.1 Rauheit von Erodierstrukturen nach VDI 3400

| Rauheit in μm | 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.

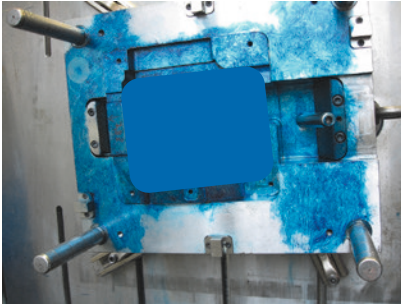
In Bild 4.63 ist der Formeinsatz für unseren Deckel und die dazugehörige Elektrode aus Graphit zu sehen. Die Erodierstruktur des Formeinsatzes ist VDI 3400 Feld 30.



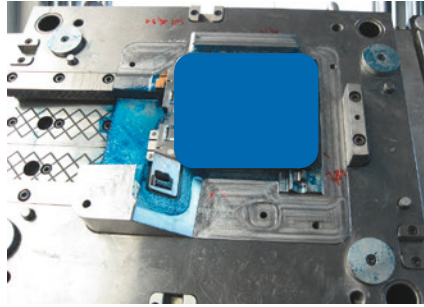
Erodierter Formeinsatz
für Deckel

Elektrode für Deckel
aus Graphit

**Bild 4.63** Erodierter Formeinsatz und Elektrode



Düsenseite mit Tuschierfarbe eingepinselt



Fertig tuschierte Auswerferseite

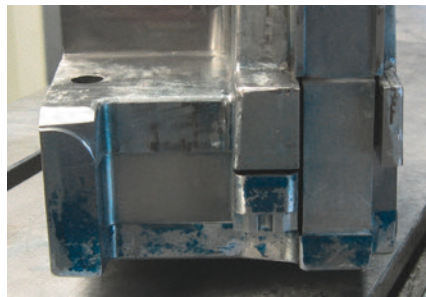
Bild 5.6 Spritzgießwerkzeug beim Tuschieren [Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]**Beispiel: Schieber und Formeinsatz**

Die Vorgehensweise ist bei Einzelteilen wie Schieber und Formeinsatz gleich. Zuerst wird aber festgelegt, wo die Tuschierfarbe aufgetragen und wo geschliffen wird. Ist die Tuschierfarbe 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 Tuschierflächen und dem fertig tuschierten Schieber zu sehen.



Schieberbahn mit Tuschierfarbe eingepinselt



Fertig tuschierter 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 Tuschiefarbe 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 Tuschiefarbe von der Düsenseite übernommen.

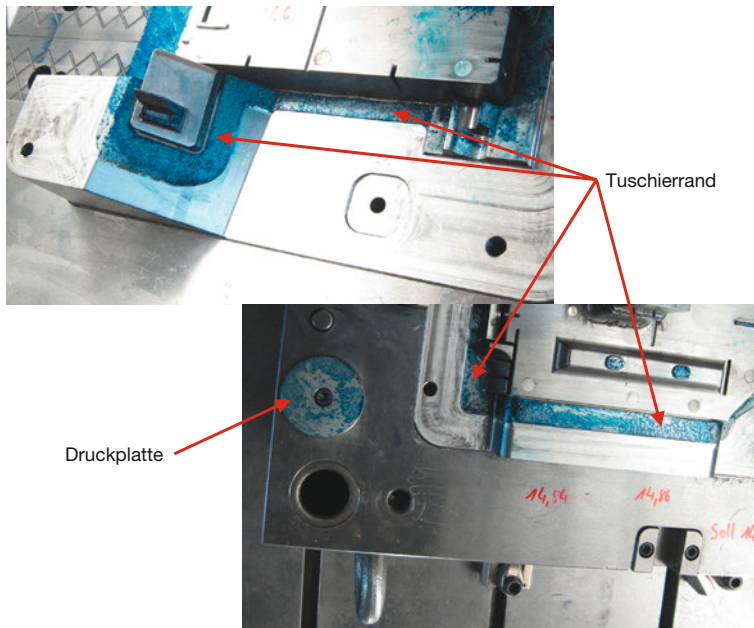


Bild 5.8 Fertig tuschiertes Spritzgießwerkzeug mit Druckplatte
[Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]

■ 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

Symbole

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-Bearbeitungs-
zentrum 286
5-Achs-Fräsen 291
5-Achs-Simultanfräsen 292
5-Achs-Simultan-Walz-
fräsen 292

A

Abmusterung 239, 265
abrasive Kunststoffe 77
Abstreiferplatte 185, 190
Aluminium 75
Anbindung 72
Änderungen am Spritz-
gießwerkzeug 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 Wärmebehand-
lung 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 Kugel-
kopf 129

B

becherförmige Kunststoff-
teile 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
Bindenaht 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
 Drehteller 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
 Entformungsschragen 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
 Erstmusterprüfbericht
 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
 Fettaschen 159
 Filmanguss 116
 Filmgelenk 127
 Filmscharnier 124, 127
 Fixierung von Kernstiften
 13
 Flachauswerfer 136, 178
 flache Kunststoffteile 6
 Flächenmodellierer 50
 Flachscheifen 303
 Fließfrontzeit 102
 Formeinsätze 14, 141
 Formeinsätze aufteilen
 141
 Formeln und Berech-
 nungen 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
 Frässtruktur 211
 freie Schwindung 57
 Freigabe 246
 Freistrahle 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
 Gewindehälften 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
 Härten 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 Ausschraubeinheit 27

I

IGES 49, 50
 Innengewinde 22, 26

K

Kabel 233
 Kalter Pfropfen 112
 Kaltkanal 106
 Kaltkanalverteiler 108
 Kantenlänge 22
 Kernstifte 12, 14
 Kernzüge 266
 kleinste Entformungsschräge 83
 Klinkenzug 229
 Kniehebel 43
 Konstruktion 47
 Konstruktionsbesprechung 243
 Konstruktionselemente 48
 Konturänderung 147
 Kontur auswerfer 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 Kaltkanalverteilers 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
schräglaufernde Kontur-
auswerfer 227
schräglaufernder Auswer-
fer 18, 19, 174, 180, 183
Schrägsäule 151, 160, 171
Schrägsäule mechanisch 161
Schraubbewegung 26, 27
Schrauben 8
Schraubkappe 23
Schraubkupplung 23
Schruppräsen 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 Sperr-
schieber 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 Auswurfseite 112
Tunnel in der Düsenseite 111
Tuschieren 230
Tuschierfarbe 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
Vakuummhärten 256

Vakuumlöten 308
 VDI 3400 212, 299
 Verarbeitungsschwindigkeit 54
 Verblockungen 153
 verdrängte Luft 132
 Verdrehsicherung 11
 Verhältnis
 – Schrägsäule/Schließkeilfläche 163
 Verkrallungen 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
 Weißbruch 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