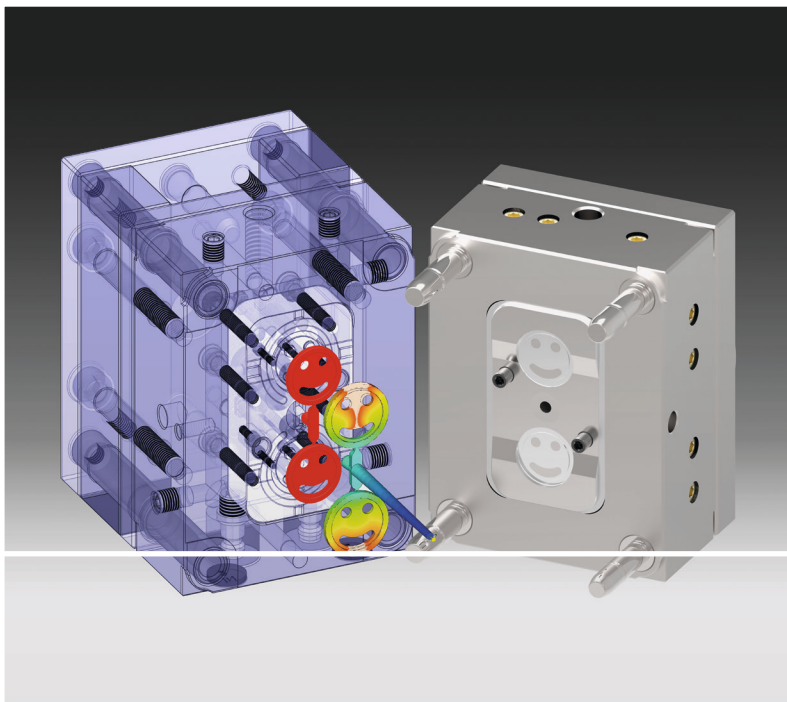


Rainer Dangel

Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger



3., aktualisierte Auflage

HANSER



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Die Internet-Plattform für Entscheider!

- **Exklusiv:** Das Online-Archiv der Zeitschrift Kunststoffe!
- **Richtungweisend:** Fach- und Brancheninformationen stets top-aktuell!
- **Informativ:** News, wichtige Termine, Bookshop, neue Produkte und der Stellenmarkt der Kunststoffindustrie

Kunststoffe.DE

Immer einen Click voraus!

Rainer Dangel

Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger

3., aktualisierte Auflage

HANSER

Der Autor:

Rainer Dangel, 73266 Bissingen/Teck, rainer@dangel.de



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Herstellung: Jörg Strohbach

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Coverbild: Jan Zenne

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: CPI books GmbH, Leck

Printed in Germany

ISBN: 978-3-446-46449-0

E-Book-ISBN: 978-3-446-46764-4

Vorwort zur 3. Auflage

Liebe Leser, zuerst möchte ich mich bei euch ganz herzlich bedanken. Der große Erfolg zeigt, dass es richtig und wertvoll war dieses Werk zu erstellen. Auch das vielfältige Feedback war durchweg positiv. Darin liegt auch der Grund, warum die zweite Ausgabe in Farbe gekommen ist und es jetzt bereits eine dritte Auflage gibt. 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 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 etwas Eigenes zu erstellen.

Und um es für jeden, speziell den Fach-Fremden, einfach zu machen war die Idee, immer dasselbe Kunststoffteil als Beispiel zu verwenden. Das Teil sollte so einfach wie möglich sein und man sollte sich auf das Wesentliche beschränken und konzentrieren können. Es sollte auf dieses Kunststoffteil aufbauend, unterschiedliches erklärt werden können. Sprich der rote Faden durch das gesamte Handbuch sollte verstanden werden. Alles andere ist unnötige Ablenkung. Nach der Veröffentlichung in der Firma waren die Handbücher nach wenigen Tagen vergriffen. Nicht nur der Vertrieb, sondern auch andere Interessierte versuchten eines zu ergattern.

Was liegt dann näher als aus einem kleinen Handbuch ein großes Werk zu erstellen. Zumal es wie bereits erwähnt, nichts Vergleichbares auf dem Markt gab. Zuerst war es tatsächlich die mangelnde Zeit, die das Projekt immer mehr in Verzug brachte. Eine 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 mehr als ein halbes Jahr.

40 Jahre im Formenbau, 23 Jahre davon als selbstständiger Unternehmer und jetzt als Berater bringen das Wissen und die Erfahrung im Formenbau. 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 3D-CAD. Der Wandel in den Jahrzehnten war nicht nur in der Technologie der Herstellung der Spritzgießwerkzeuge, 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 die zweite Auflage mit aufgenommen wurde. Es wurde zusätzlich noch technisch erweitert und kleine Fehler wurden auch beseitigt.

In der jetzt vorliegenden dritten Auflage wurden vor allem die Bilder und Informationen zum Thema Simulation ausgetauscht und erweitert. Nach Erscheinen der zweiten Auflage habe ich mir eine eigene Simulationssoftware gekauft und seither regelmäßig genutzt. Obwohl ich es vorher schon wusste, wurde mir die Bedeutung der Simulation zur Vorbereitung der Konstruktion eines Spritzgießwerkzeugs noch deutlicher. Es können Fehler vermieden werden, Korrekturschleifen minimiert oder gar ganz wegfallen. Bei einigen Projekten, bei denen ich mit Simulation die Bauteile, Schwindung und Verzug berechnet habe, konnte nachweislich sehr viel Zeit und Geld gespart werden. Die Durchlaufzeit bis zum Start der Produktion erheblich verkürzt und das Werkzeug in mehreren Belangen besser gemacht werden. Dies wollte ich euch nicht vorenthalten und habe es als mein wichtigstes Thema in dieser dritten Auflage angesehen.

Zurzeit beschäftige ich mich zusammen mit Prof. Dr.-Ing Steffen Ritter und den Studenten der Hochschule Reutlingen damit, wie die Ausbildung und Weiterbildung in diesem Berufsfeld verbessert werden kann. Der Werkzeugbau, im Speziellen der Bau von Spritzgießwerkzeugen und die Herstellung von Kunststoffteilen zählt mit Recht zu den Schlüsseltechnologien der heutigen Zeit. Mehr denn je wird in diesem Bereich geforscht. Sei es um Gewicht einzusparen, oder Stabilität zu erhöhen oder gar die Kunststoffe biologisch abbaubar weiterzuentwickeln. Es bleibt spannend.

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

Euer Rainer Dangel,
September 2020

Begleitwort

Tja, was soll ich an dieser Stelle nur schreiben? Ein gehaltvolles und lehrhaftes Werk ist noch besser, aktueller und dezidierter geworden. Rainer Dangel ist es gelungen nochmal „eine Schippe draufzulegen“, wie man so schön sagt. Umso mehr ist es mir eine große Freude als auch ein persönliches Anliegen in dieser neuen Ausgabe ein lobendes Statement abzugeben. Konkret bedeutet dies aber für den Leser, dass Herr Dangel seine Ausführungen um zwei wichtige Bereiche ergänzt hat. Das Kapitel Simulation wurde überarbeitet und lässt nun weitergehende Einblicke in die wichtige Thematik zu. Er beleuchtet die unterschiedlichen Facetten der „bunten Bilder“ und weist insbesondere auf die Bewertung und Interpretation der selbigen hin. Die Kunst liegt in der richtigen Betrachtungsweise der Ergebnisse, gekoppelt mit einem hohen Know-how und Erfahrungsschatz des Betrachters. „Interpretiere und ziehe daraus die richtigen Schlussfolgerungen!“ ist hier die Devise. Und deutlich wird auch, die Simulation gehört in die Phase der Werkzeugentwicklung/-konstruktion und wird nicht im Nachgang zur Inbetriebnahme des Werkzeugs durchgeführt, wenn das Kind schon in den Brunnen gefallen ist. Das kann man gerne so machen, besser kann man dann aber auch kaum seine Zeit und sein Geld verbrennen.

In dem weiteren neuen Kapitel Beschaffungsprozess im Formenbau geht Herr Dangel auf die Grundlagen der Prozesskette der Werkzeugfertigung im Formenbau ein. Auch diese dargelegten Betrachtungsweisen werden in einem modernen Fertigungsbetrieb immer wichtiger, um einen wirtschaftlichen Produktionsbetrieb sicherzustellen. Warum? Nach wie vor ist der Werkzeug- und Formenbau in Deutschland 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 Ener-

gie- 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 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, fließen 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.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seul

Vizepräsident für Forschung und Transfer an der Hochschule Schmalkalden und Präsident des Verbandes für den Deutschen Werkzeug- und Formenbau (VDWF e. V.)



(Quelle: wortundform)

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 3D-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.

Heute ist Rainer Dangel wieder im Bereich Formenbau- und Werkzeugbau tätig, als Berater und Lehrbeauftragter betreut er zwei Schwerpunkte. Das Projektmanage-



(Quelle: privat)

ment von der Teileentwicklung über die Werkzeugkonstruktion, den Werkzeugbau bis hin zum Produktionsstart von Kunststoffteilen. Zweiter Schwerpunkt ist die Aus- und Weiterbildung. Als Lehrbeauftragter an der Hochschule Reutlingen betreut er Masterstudenten im Maschinenbau. In jedem Semester werden im Fach Produktentwicklungsprojekt Kunststoffteile und die dazu gehörigen Werkzeuge entwickelt und teilweise auch hergestellt.

Ein weiteres, besonderes Steckenpferd des Autors ist das Fräsen, er beherrscht alle Bearbeitungsarten bis hin zum Programmieren und Fräsen von 5-Achs simultanen Bearbeitungen. Hierbei berät er Firmen bei der Optimierung der Prozesskette in der zerspanenden Bearbeitung.

Danksagung

Für die Unterstützung bei der Ausarbeitung dieses Buches möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Kollegen des VDWF bedanken. Besonderer Dank geht an Prof.Dr.-Ing. Thomas Seul, Präsident des VDWF, für das Begleitwort.



Die Werkzeugmacher

- Formenbau Schweiger GmbH & Co. KG, Uffing am Staffelsee, Anton Schweiger (Vizepräsident)
- Formenbau Rapp GmbH, Löchgau, Markus Bay (Vorstand Ausbildung)
- VDWF, Schwendi, Ralf Dürrwächter (Geschäftsführer)
- bkl-Lasertechnik, Rödental, Bernd Klötzer
- exeron GmbH, Oberndorf, Udo Baur
- GF Machining Solutions GmbH, Schorndorf, Gabriele Urhahn
- Hans Knecht GmbH, Reutlingen, Hans Knecht
- Hochschule Reutlingen, Prof.Dr.-Ing. Steffen Ritter
- MAKINO Europe GmbH, Kirchheim-Teck
- Meusburger Georg GmbH & Co KG, A-Wolfurt, Gerhard Krammel
- Reichle GmbH, Gravier- und Laserschweißzentrum, Bissingen, Volker Reichle
- Werz Vakuum-Wärmebehandlung GmbH, Gammertingen-Harthausen, Henry Werz
- Wortundform GmbH, München, Fabian Diehr
- 3D Systems Software GmbH, Ettlingen (früher Cimatron GmbH)

Sie sind keine Verbandsmitglieder, standen mir aber auch hilfreich zur Seite. Dafür ebenfalls herzlichen Dank:

- Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH, Nürtingen, Marcus Kurringer, Jörg Bauknecht
- Friedrich Heibel GmbH Formplast, Heuchlingen, Stefan Heibel
- Carl Hanser Verlag, München, Ulrike Wittmann, Jörg Strohbach

Jede neue Auflage lebt davon, dass Input von Lesern und Anwendern kommt. Deshalb herzlichen Dank auch an:

- Birgit Lins, Meusburger Georg GmbH & Co KG, A-Wolfurt
- Reinhard Weiß, Max-Eyth-Schule Kirchheim unter Teck

Das wunderbare Titelbild wurde von Jan Zenne erstellt.

Inhalt

Vorwort zur 3. Auflage	V
Begleitwort	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	10
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	Mehrfachwerkzeuge	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	Schwindung (physikalischer Prozess)	53
3.2.4.2	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	64
3.3.1	Lage des Bauteils im Spritzgießwerkzeug	64
3.3.1.1	Entformungsrichtung	65
3.3.2	Anzahl der Kavitäten	68
3.3.3	Anordnung der Kavitäten	71
3.4	Materialauswahl für Spritzgießwerkzeuge	76
3.5	Formgröße	80

3.6	Plattendicke	84
3.7	Entformung	85
3.7.1	Grundprinzip Entformung	85
3.7.2	Entformungsschrägen	85
3.7.2.1	Definition	86
3.7.2.2	Wirkung auf das Öffnen des Werkzeugs	87
3.7.2.3	Entformungsschräge in der Trennung	88
3.7.2.4	Entformungsprobleme und Hilfen	90
3.8	Trennung	94
3.8.1	Ebene Trennung	94
3.8.2	Konturgebende Trennung	95
3.8.3	Trennungssprung	96
3.8.4	Druckplatten in der Trennung	98
3.8.5	Sichtbare Trennung	99
3.9	Anspritzen	101
3.9.1	Anspritzen und Anspritzpunkt	101
3.9.2	Simulation	103
3.9.3	Angussystem, Angussart	110
3.9.3.1	Kaltkanal	111
3.9.3.2	Heißkanal	112
3.9.4	Angusskanal	113
3.9.5	Stange auf das Teil	115
3.9.6	Tunnelanguss	116
3.9.7	Filmanguss	121
3.9.8	Schirmanguss	122
3.9.9	Heißkanal Einzeldüse	124
3.9.10	Heißkanalverteiler	126
3.9.11	Heißkanalverteiler mit Nadelverschluss	128
3.9.11.1	Filmscharnier	132
3.9.12	Drei-Platten-Werkzeug	133
3.9.13	Angusseinsätze	136
3.10	Entlüftung	137
3.10.1	Entlüftung allgemein	137
3.10.2	Entlüftung über Elemente	140
3.10.3	Geometrische Ausführung von Entlüftungen	142
4	Bauelemente	145
4.1	Formeinsätze/Formkerne	145
4.1.1	Formeinsätze	145
4.1.2	Formkerne	151

4.2	Schieber	155
4.2.1	Einsatzgebiete von Schiebern	155
4.2.2	Aufbau eines Schiebers	157
4.2.2.1	Formkontur	159
4.2.2.2	Trennung am Schieber	160
4.2.2.3	Schieberkörper und Führung	162
4.2.2.4	Betätigung von Schiebern	164
4.2.2.5	Endlagensicherung	170
4.2.2.6	Kühlung im Schieber	173
4.2.3	Weitere Schieberkonzepte	174
4.2.3.1	Schieber-im-Schieber	175
4.2.3.2	Rucksackschieber	177
4.3	Auswerfer	179
4.3.1	Formen der Auswerfer	182
4.3.2	Auswerfer als Hilfsmittel	186
4.3.3	Schräglaufende Auswerfer	188
4.3.4	Abstreiferplatte	190
4.3.5	Zwei-Stufen-Auswerfer	192
4.3.6	Faltkerne	194
4.3.7	Zwangsentformung	195
4.4	Temperierung	196
4.4.1	Temperierung, Art und Hilfsmittel	199
4.4.1.1	Gebohrte Kühlung	201
4.4.1.2	Kreisläufe umlenken	203
4.4.1.3	Kupferkerne	208
4.4.1.4	Heizpatronen	209
4.4.1.5	Kreisläufe verbinden	210
4.4.2	Temperierbohrungen anschließen und abdichten	211
4.5	Einbauteile und Beschriftung	213
4.6	Oberfläche	215
4.6.1	Rohe Oberfläche	216
4.6.2	Erodieren	217
4.6.3	Narbung	219
4.6.4	Lasertextur	220
4.6.5	Polieren	221
4.7	Systematisches Vorgehen Konstruktion	222
4.7.1	Strategie	222
4.7.2	Normteile	224
4.7.3	Fertigungsteile	226

5	Montage	229
5.1	Systematische Montage	229
5.2	Tuschieren	234
5.3	Anschließen von Bauteilen	236
5.4	Kühlung auf Dichtheit prüfen	240
6	Weiteres Wissen	243
6.1	Prozesskette im Formenbau	243
6.2	Beschaffungsprozess im Formenbau	245
6.2.1	Administration	245
6.2.2	Vorbereitung	247
6.2.3	Fertigung	248
6.2.4	Bemusterung - Optimierung	249
6.3	Qualitätssicherung	251
6.4	Passungen, Spiel im Werkzeug: Was muss passen?	253
6.5	Wärmebehandlung	258
6.5.1	Glühen	259
6.5.2	Härten	260
6.5.3	Nitrieren	262
6.6	Beschichtungen	264
6.7	Änderungen: Was ist zu beachten?	265
7	Das fertige Werkzeug	269
7.1	Abmusterung	269
7.1.1	Aufspannen und Anschließen der Medien	269
7.1.2	Füllen des Werkzeuges	272
7.1.2.1	Formnester balancieren	274
7.1.2.2	Optimieren der Parameter	276
7.1.2.3	Einflüsse auf den Spritzprozess	277
7.1.3	Parameter beim Spritzen	278
7.1.4	Kräfte im Werkzeug beim Prozess	279
7.1.5	Erstmusterprüfbericht	280
7.2	Schilder am Werkzeug	281
8	Wartung und Reparatur	283
8.1	Wartungsplan	283
8.2	Schweißen	284

8.2.1	Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)	284
8.2.2	Laserschweißen	285
8.3	Bauteile ersetzen	287
9	Fertigungstechnologien	289
9.1	Fräsen	289
9.1.1	3-Achs-Fräsen	291
9.1.2	4- und 5-Achs-Fräsen	293
9.1.2.1	4-Achs-Fräsen	293
9.1.2.2	5-Achs-Fräsen	294
9.1.2.3	3+2-Achs-Fräsen	295
9.1.2.4	5-Achs-Simultanfräsen	296
9.1.3	CAM-Programmierung	298
9.2	Erodieren	302
9.2.1	Senkerodieren	303
9.2.2	Drahterodieren	305
9.3	Schleifen/Profilschleifen	306
9.4	Bohren/Tieflochbohren	307
9.5	Drehen	309
9.6	Neue Technologien	310
9.6.1	Lasercusing/Lasergenerieren	310
9.6.2	Vakuumlöten	312
9.7	Polieren	313
10	Praktische Richtlinien	315
	Checkliste Konstruktion	317
	Farbtafel Konstruktion	318
	Funktionsablaufplan	319
	Wartungsplan	320
	Formeln und Berechnungen	321
	Index	323

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.

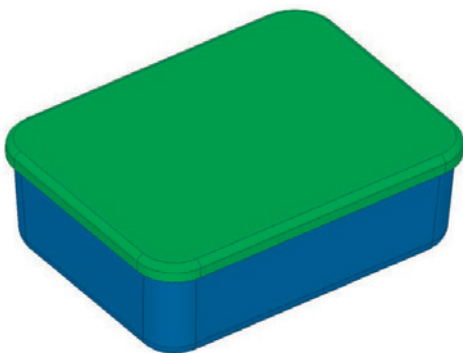
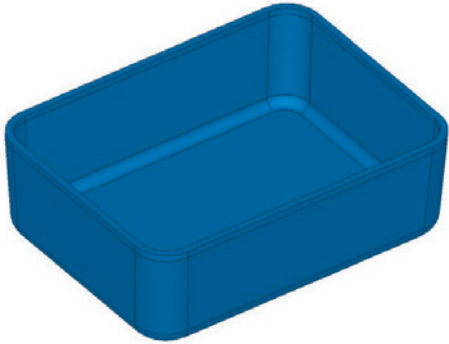


Bild 1 Dose mit Deckel

**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 *3D-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 2D-Zeichnungen werden in der DIN ISO 5455 geregelt. Der deutlich sichtbare Unterschied ist, in einer 2D-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 2D-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 2D-Zeichnung wie man sie aus der Werkstatt kennt und rechts der Schnitt durch das 3D-Volumenmodell.

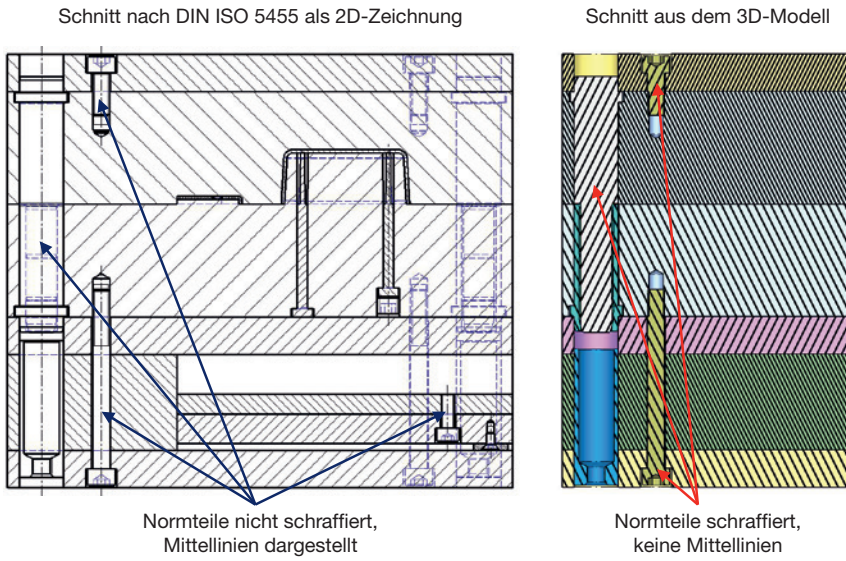


Bild 4 Schnittansicht einer 2D-Zeichnung und Schnitt durch das 3D-Volumenmodell

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 beschrieben, 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. Bislange 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.

2

Werkzeugarten

■ 2.1 Einfaches Auf-Zu-Werkzeug

Das Auf-Zu-Werkzeug hat seinen Namen von dem einfachen Bewegungs- und Funktionsablauf, wenn das Spritzgießwerkzeug zur Fertigung von Kunststoffteilen in eine Spritzgießmaschine eingespannt ist. Das Spritzgießwerkzeug bzw. die Spritzgießmaschine *öffnet und schließt*, geht *auf* und *zu*, ohne dass eine weitere notwendige Bewegung im Spritzgießwerkzeug stattfindet.

Der gesamte Bewegungsablauf wird Spritzzyklus oder auch kurz Zyklus genannt. Er beginnt mit dem Schließen des Spritzgießwerkzeuges. Wenn es geschlossen ist, wird verflüssigte, heiße Kunststoffmasse in das Spritzgießwerkzeug unter Druck eingespritzt. Nun muss eine gewisse Zeit gewartet werden, bis der flüssige Kunststoff durch Abkühlen fest ist und das Kunststoffteil im Spritzgießwerkzeug eine gewisse Stabilität erreicht hat. Das Spritzgießwerkzeug öffnet sich und die fertigen, noch warmen Kunststoffteile werden aus dem Spritzgießwerkzeug ausgestoßen. Wenn alle Bewegungen abgeschlossen sind, geht es wieder von vorne los. Für den Betrachter von außen geht es immer auf und zu.



Beim verwendeten Begriff – flüssiger Kunststoff – spricht man auch von plastifiziertem Kunststoff. Kunststoffgranulat wird in der Spritzgießmaschine erhitzt und plastifiziert, sprich wird weich und fließfähig. In dieser Konsistenz kann es in das Spritzgießwerkzeug eingespritzt werden. Je nach Art und Sorte des Kunststoffgranulates kann diese Konsistenz sehr unterschiedlich sein, von sehr zähfließend bis zu wasserähnlicher Viskosität.

Die Richtung, in der das Spritzgießwerkzeug bzw. die Spritzgießmaschine auf und zu fährt, nennt man Hauptentformungsrichtung. Alle Bewegungen der Spritzgießmaschine, des Spritzgießwerkzeuges und der beweglichen Bauteile im Spritzgießwerkzeug fahren in dieser axialen Richtung. Es kann abhängig vom Bauteil noch zusätzliche Entformungsrichtungen geben. Diese werden ab Abschnitt 2.2 „Werkzeug mit beweglichen Elementen“ beschrieben.

Das Auf-Zu-Werkzeug ist werkzeugtechnisch das einfachste aller Spritzgießwerkzeuge, daraus resultierend, oft auch das günstigste. Bereits bei der Planung und Konstruktion des Kunststoffteils wird versucht, das Kunststoffteil so auszulegen, dass man mit dieser Art des Spritzgießwerkzeuges das Kunststoffteil herstellen kann.

In Bild 2.1 ist die Entformungsrichtung eines einfachen Auf-Zu-Werkzeuges dargestellt. Oberteil (Düsenseite) und Unterteil (Auswerferseite) öffnet und schließt sich in axialer Richtung. Das Kunststoffteil wurde so in das Werkzeug konstruiert, dass es beim Öffnen des Werkzeuges auf der Spritzgießmaschine nicht verletzt oder gar zerstört wird.

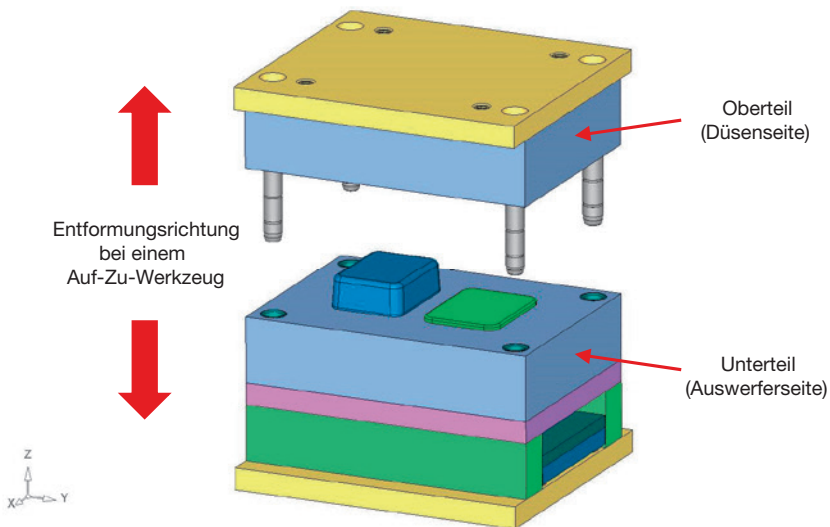


Bild 2.1 Entformungsrichtung

Die zu fertigenden Kunststoffteile, die in einem solchen Spritzgießwerkzeug hergestellt werden, haben keinerlei bauliche Elemente, die von der Hauptentformungsrichtung abweichen. Becherförmige oder flache Teile werden beispielsweise mit dieser Werkzeugart hergestellt.

Mögliche Elemente an einem Kunststoffteil könnten hier seitliche Öffnungen, Rastnasen und Clips, seitlich wegstehende Kanten oder Rohre sein. Um diese Elemente entformen zu können, müssen bewegliche, fahrende Bauteile – Schieber oder Einsätze genannt – in das Werkzeug konstruiert werden. In einer Nebententformungsrichtung werden diese als Hinterschnitt bezeichneten Elemente verletzungsfrei entformt. Mehr dazu im nächsten Abschnitt 2.2 „Werkzeug mit beweglichen Elementen“.

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.

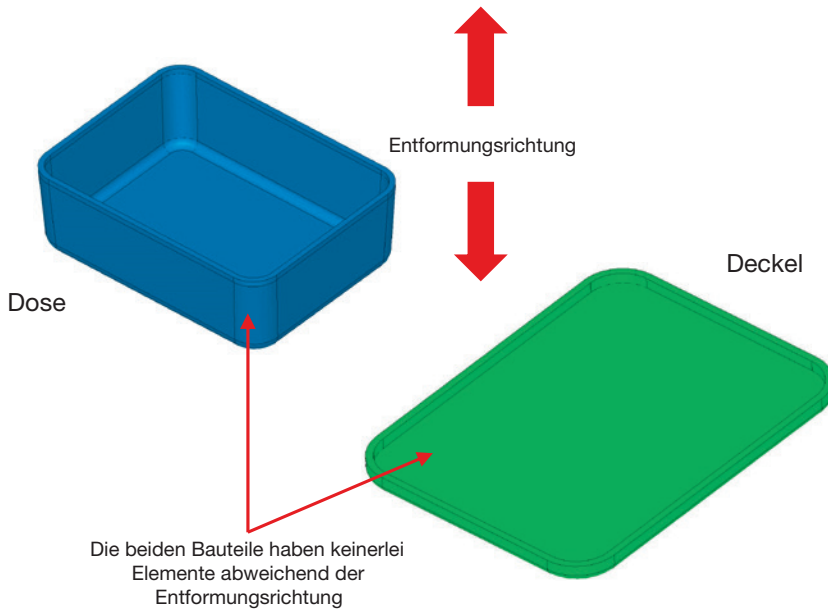


Bild 2.2 Teile für Auf-Zu-Werkzeug

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.