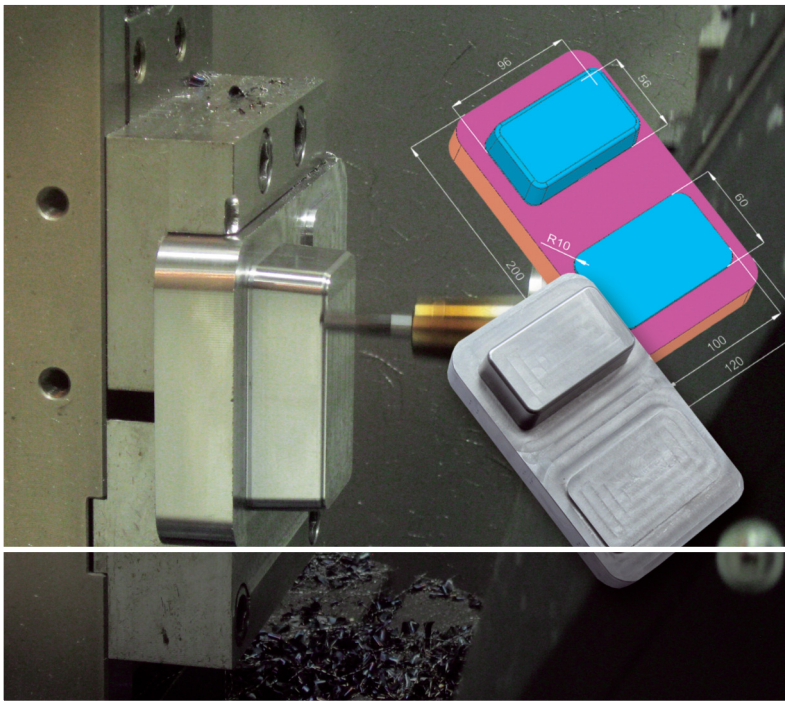


Rainer Dangel

# Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger



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](http://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**

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.ddb.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.

© 2015 Carl Hanser Verlag München

[www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Herstellung: Jörg Strohbach

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Hubert & Co GmbH, Göttingen

Printed in Germany

ISBN: 978-3-446-44352-5

E-Book-ISBN: 978-3-446-44584-0

# Vorwort

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 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 Werk-

zeugmacher, 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.

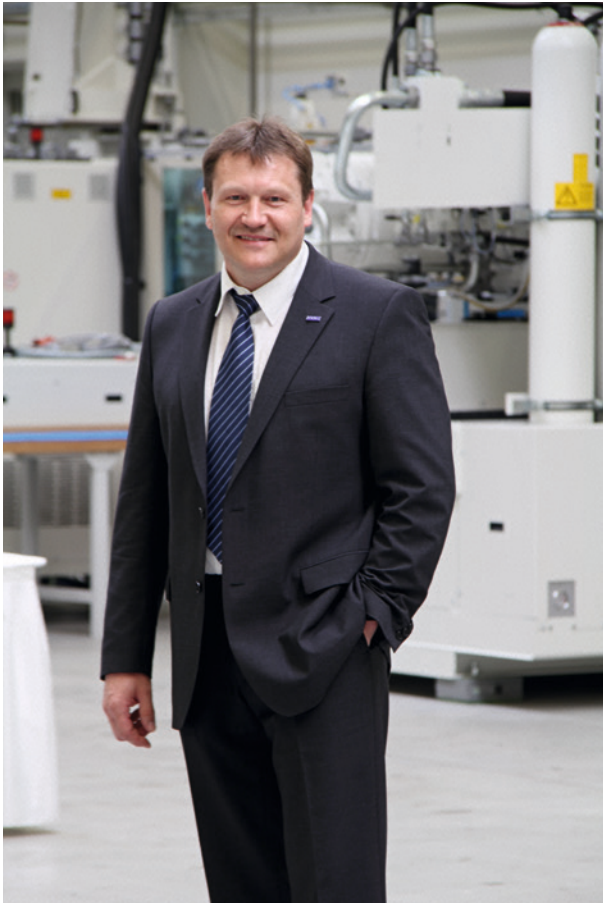


Prof. Dr.-Ing. Thomas Seul

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



# Der Autor



(Quelle: wortundform GmbH, München)

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 be-

wegen zu können. Den Grundstein legte er als 23-jähriger mit dem Meisterbrief im Mechanikerhandwerk.

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 2009 wurde der Formenbaubetrieb eingestellt. Danach war Rainer Dangel fünf Jahre bei der Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH in Nürtingen Leiter des Technologie Centers und für die Betreuung der Kunden im Bereich Formenbau- und Werkzeugbau zuständig.

Anschließend wechselte Rainer Dangel in den Vertrieb für Bearbeitungszentren zur MAKINO Europe GmbH nach Kirchheim/Teck.

# Danksagung

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



- Formenbau Schweiger GmbH & Co. KG, Uffing am Staffelsee, Anton Schweiger (Vizepräsident)
- Formenbau Rapp GmbH, Löchgau, Markus Bay (Vorstand Ausbildung)
- VDWF, Schwendi, Ralf Dürrwächter (Marketing)
- bkl-Lasertechnik, Rödental, Bernd Klötzer
- Cimatron GmbH, Ettlingen, Dirk Dombert
- exeron GmbH, Oberndorf, Udo Baur
- Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH, Nürtingen, Marcus Kurringer, Jörg Bauknecht
- GF Machining Solutions GmbH, Schorndorf, Gabriele Urhahn
- Hans Knecht GmbH, Reutlingen, Hans Knecht
- MAKINO Europe GmbH, Kirchheim-Teck, Andreas Walbert
- Meusbürger Georg GmbH & Co KG, A-Wolfurt, Andreas Sutter
- PSG Plastic Service GmbH, Mannheim, Andreas Kibler
- Reichle GmbH, Gravier- und Laserschweißzentrum, Bissingen, Volker Reichle, Marco Reichle
- Werz Vakuum-Wärmebehandlung GmbH, Gammertingen-Harthausen, Henry Werz
- wortundform GmbH, München, Fabian Diehr

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

- Friedrich Heibel GmbH Formplast, Heuchlingen, Stefan Heibel
- Carl Hanser Verlag, München, Ulrike Wittmann, Jörg Strohbach

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Der Autor</b> .....	<b>VII</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>IX</b>
<b>Hinweis zur Nutzung des Buches</b> .....	<b>XIII</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-Werkzeug .....	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 .....	23
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
	Weiterführende Literatur .....	45
<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 .....	61
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 .....	79

3.6	Plattendicke .....	83
3.7	Entformung .....	84
3.7.1	Grundprinzip Entformung .....	84
3.7.2	Entformungsschrägen .....	85
3.7.2.1	Definition .....	85
3.7.2.2	Wirkung auf das Öffnen des Werkzeugs .....	86
3.7.2.3	Entformungsschräge in der Trennung .....	87
3.7.2.4	Entformungsprobleme und Hilfen .....	89
3.8	Trennung .....	93
3.8.1	Ebene Trennung .....	93
3.8.2	Konturgebende Trennung .....	94
3.8.3	Trennungssprung .....	94
3.8.4	Druckplatten in der Trennung .....	96
3.8.5	Sichtbare Trennung .....	98
3.9	Anspritzen .....	100
3.9.1	Anspritzen und Anspritzpunkt .....	100
3.9.2	Simulation .....	102
3.9.3	Angussystem, Angussart .....	108
3.9.3.1	Kaltkanal .....	108
3.9.3.2	Heißkanal .....	109
3.9.4	Angusskanal .....	110
3.9.5	Stange auf das Teil .....	112
3.9.6	Tunnelanguss .....	113
3.9.7	Filmanguss .....	119
3.9.8	Schirmanguss .....	120
3.9.9	Heißkanal Einzeldüse .....	122
3.9.10	Heißkanalverteiler .....	124
3.9.11	Heißkanalverteiler mit Nadelverschluss .....	126
3.9.11.1	Filmscharnier .....	130
3.9.12	Drei-Platten-Werkzeug .....	131
3.9.13	Angusseinsätze .....	134
3.10	Entlüftung .....	135
3.10.1	Entlüftung allgemein .....	135
3.10.2	Entlüftung über Elemente .....	138
3.10.3	Geometrische Ausführung von Entlüftungen .....	141
	Weiterführende Literatur .....	143

<b>4</b>	<b>Bauelemente</b>	<b>145</b>
4.1	Formeinsätze/Formkerne	145
4.1.1	Formeinsätze	145
4.1.2	Formkerne	151
4.2	Schieber	154
4.2.1	Einsatzgebiete von Schiebern	154
4.2.2	Aufbau eines Schiebers	156
4.2.2.1	Formkontur	158
4.2.2.2	Trennung am Schieber	158
4.2.2.3	Schieberkörper und Führung	161
4.2.2.4	Betätigung von Schiebern	163
4.2.2.5	Endlagensicherung	169
4.2.2.6	Kühlung im Schieber	172
4.2.3	Weitere Schieberkonzepte	173
4.2.3.1	Schieber im Schieber	174
4.2.3.2	Rucksackschieber	177
4.3	Auswerfer	178
4.3.1	Formen der Auswerfer	181
4.3.2	Auswerfer als Hilfsmittel	185
4.3.3	Schräglaufende Auswerfer	187
4.3.4	Abstreiferplatte	190
4.3.5	Zwei-Stufen-Auswerfer	191
4.3.6	Faltkerne	193
4.3.7	Zwangsentformung	194
4.4	Temperierung	195
4.4.1	Temperierung, Art und Hilfsmittel	198
4.4.1.1	Gebohrte Kühlung	200
4.4.1.2	Kreisläufe umlenken	202
4.4.1.3	Kupferkerne	208
4.4.1.4	Heizpatronen	209
4.4.1.5	Kreisläufe verbinden	209
4.4.2	Temperierbohrungen anschließen und abdichten	210
4.5	Einbauteile und Beschriftung	212
4.6	Oberfläche	214
4.6.1	Rohe Oberfläche	215
4.6.2	Erodieren	216
4.6.3	Narbung	218
4.6.4	Lasertextur	219
4.6.5	Polieren	220



4.7 Systematisches Vorgehen Konstruktion .....	221
4.7.1 Strategie .....	221
4.7.2 Normteile .....	224
4.7.3 Fertigungsteile .....	225
Weiterführende Literatur .....	227
<b>5 Montage .....</b>	<b>229</b>
5.1 Systematische Montage .....	229
5.2 Tuschieren .....	234
5.3 Anschließen von Bauteilen .....	236
5.4 Kühlung auf Dichtheit prüfen .....	240
Weiterführende Literatur .....	241
<b>6 Weiteres Wissen .....</b>	<b>243</b>
6.1 Prozesskette im Formenbau .....	243
6.2 Qualitätssicherung .....	245
6.3 Passungen, Spiel im Werkzeug: Was muss passen? .....	247
6.4 Wärmebehandlung .....	252
6.4.1 Glühen .....	253
6.4.2 Härten .....	254
6.4.3 Nitrieren .....	256
6.5 Beschichtungen .....	258
6.6 Änderungen: Was ist zu beachten? .....	259
Weiterführende Literatur .....	261
<b>7 Das fertige Werkzeug .....</b>	<b>263</b>
7.1 Abmusterung .....	263
7.1.1 Aufspannen und Anschließen der Medien .....	263
7.1.2 Füllen des Werkzeuges .....	266
7.1.2.1 Formnester balancieren .....	268
7.1.2.2 Optimieren der Parameter .....	270
7.1.2.3 Einflüsse auf den Spritzprozess .....	271
7.1.3 Parameter beim Spritzen .....	272
7.1.4 Kräfte im Werkzeug beim Prozess .....	273
7.1.5 Erstmusterprüfbericht .....	274
7.2 Schilder am Werkzeug .....	275
Weiterführende Literatur .....	276

<b>8</b>	<b>Wartung und Reparatur</b>	<b>277</b>
8.1	Wartungsplan	277
8.2	Schweißen	278
8.2.1	Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)	278
8.2.2	Laserschweißen	279
8.3	Bauteile ersetzen	281
	Weiterführende Literatur	281
<b>9</b>	<b>Fertigungstechnologien</b>	<b>283</b>
9.1	Fräsen	283
9.1.1	3-Achs-Fräsen	285
9.1.2	4- und 5-Achs-Fräsen	287
9.1.2.1	4-Achs-Fräsen	287
9.1.2.2	5-Achs-Fräsen	288
9.1.2.3	3+2-Achs-Fräsen	289
9.1.2.4	5-Achs-Simultanfräsen	290
9.1.3	CAM-Programmierung	292
9.2	Erodieren	296
9.2.1	Senkerodieren	297
9.2.2	Drahterodieren	299
9.3	Schleifen/Profilschleifen	300
9.4	Bohren/Tieflochbohren	301
9.5	Drehen	303
9.6	Neue Technologien	304
9.6.1	Lasercusing/Lasergenerieren	304
9.6.2	Vakuumlöten	306
9.7	Polieren	307
	Weiterführende Literatur	308
<b>10</b>	<b>Praktische Richtlinien</b>	<b>309</b>
	Checkliste Konstruktion	311
	Farbtafel Konstruktion	312
	Funktionsablaufplan	313
	Wartungsplan	314
	Formeln und Berechnungen	315
	<b>Index</b>	<b>317</b>

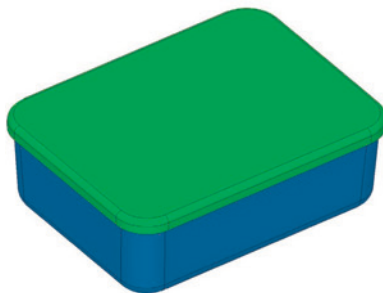
# Hinweis zur Nutzung des Buches

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

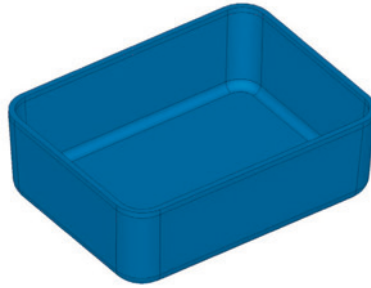
Der Begriff Spritzgießwerkzeug wird in diesem Buch der Einfachheit halber auch nur Werkzeug genannt, bedeutet aber dasselbe. Der Begriff Werkzeug hat sich in der Fachwelt etabliert und wird dort auch vorwiegend verwendet.

Alles wird real 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.

# 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 Kringle 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 zum einen eine nicht zu beziffernde Anzahl von Spritzgießwerkzeugen gibt und zum anderen 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.

Haarföhn, 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 die Anwendungsmöglichkeiten immer mehr. 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 vereinzelt 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

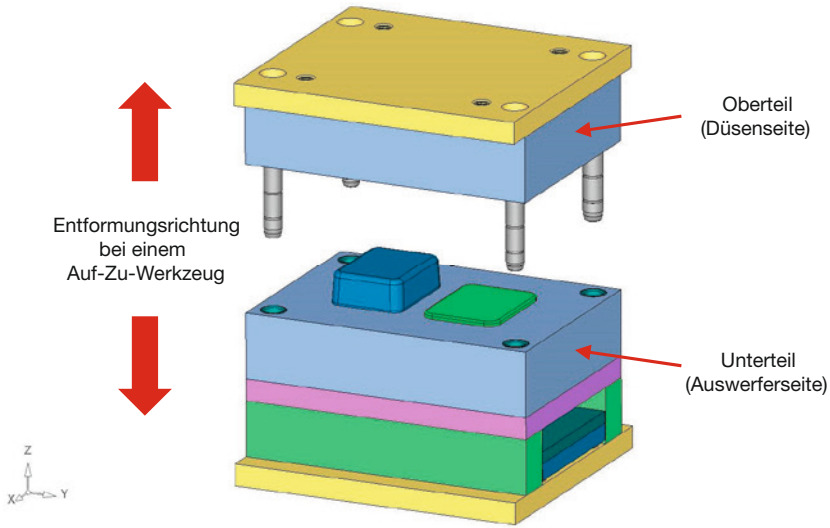
Das Auf-Zu-Werkzeug hat seinen Namen von dem einfachen Bewegungs- und Funktionsablauf, wenn das Spritzgießwerkzeug zur Fertigung von Kunststoffteilen in eine Spritzgießmaschine eingespannt ist. Das Spritzgießwerkzeug bzw. die Spritzgießmaschine öffnet und schließt, geht Auf und Zu, ohne dass eine weitere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

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. Resultierend daraus 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.

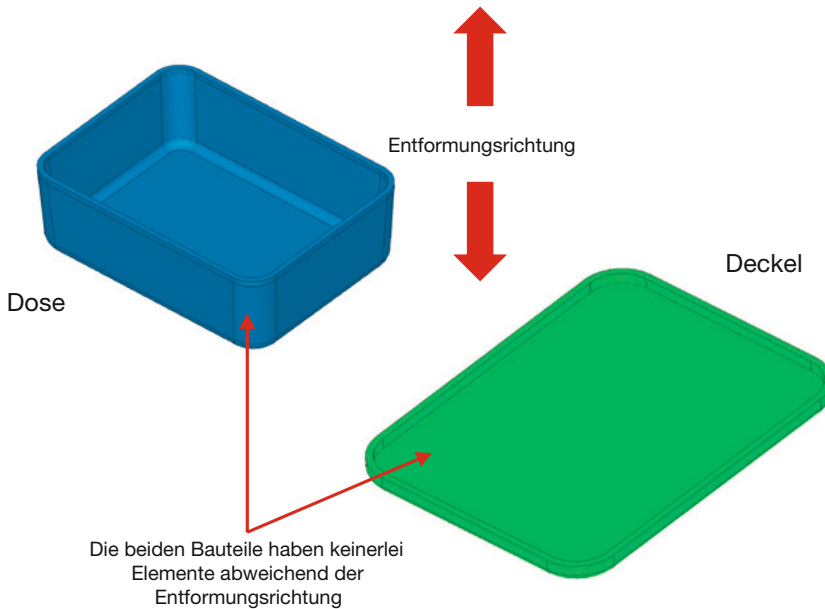


**Bild 2.1** Entformungsrichtung

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 Nebenentformungsrichtung 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.

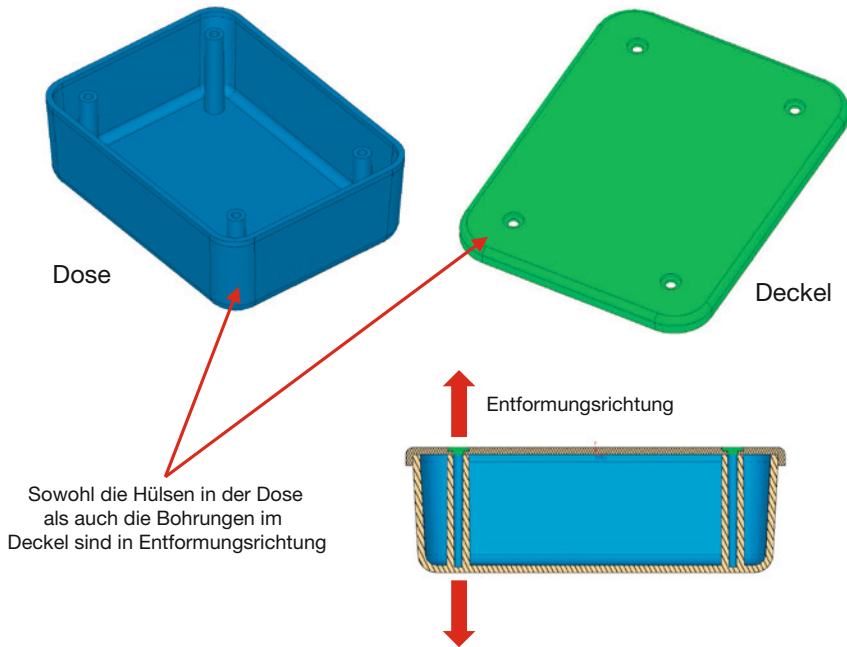


**Bild 2.2** Teile für Auf-Zu-Werkzeug

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.



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

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

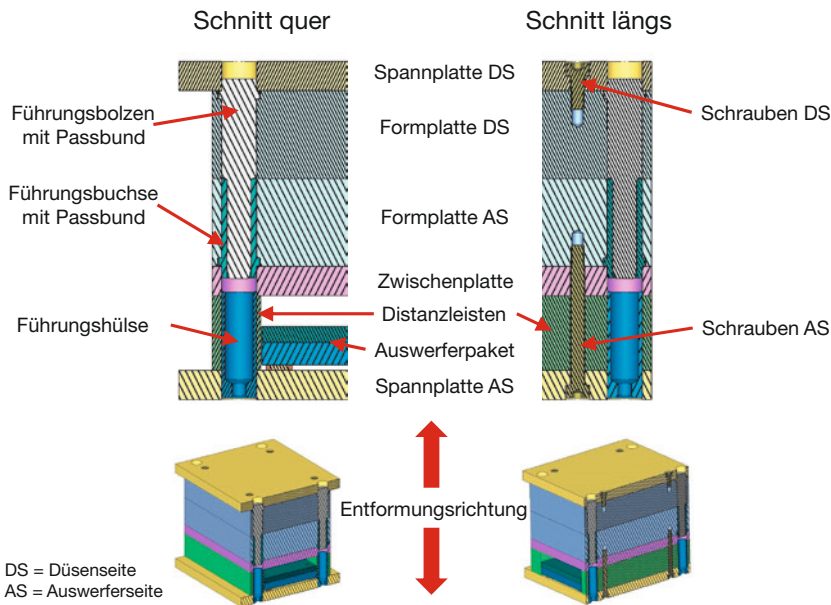
Das Oberteil (Düsenseite) und Unterteil (Auswerferseite) ist aus jeweils mehreren Platten und Leisten zusammgebaut. Über die eingebauten Führungen, Bolzen in der Düsenseite und Buchsen in der Auswerferseite, wird das Werkzeug passgenau zusammengefahren.

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 zusammgebaut 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 von der Spannplatte bis zur Formplatte fest verschraubt. So ist gewährleistet, dass alle Bauelemente gemeinsam fluchten und fest miteinander verbunden sind. Auswerfer sind die beweglichen Bauteile in einem Spritzgießwerkzeug, die das Kunststoffteil nach dem Öffnen des Werkzeuges auswerfen oder ausstoßen. Meist sind die Auswerfer runde Stifte, die im Auswerferpaket eingebaut sind. Die bereits zu Beginn angesprochenen kleinen Ringe, die man meist innen in einem Kunststoffteil sieht, sind Abdrücke von diesen Auswerfern.

In Bild 2.4 sind mehrere Schnitte längs und quer durch ein Spritzgießwerkzeug dargestellt, man sieht den klassischen Aufbau eines Auf-Zu-Werkzeuges.



**Bild 2.4** Schnitt durch einen Werkzeugaufbau



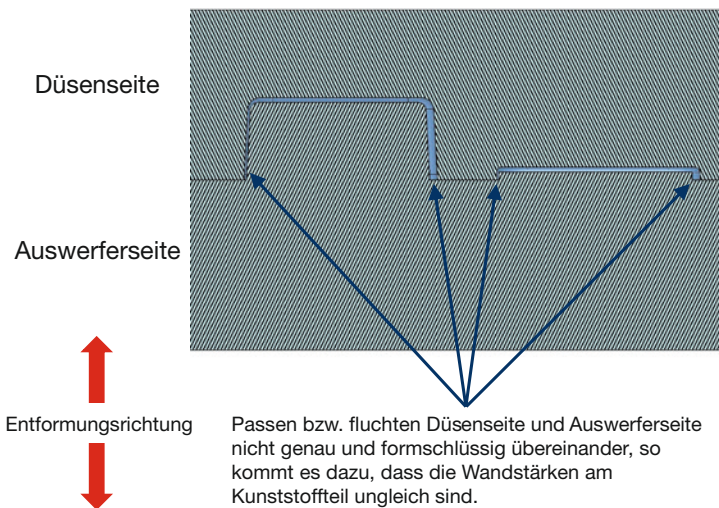
Die Passgenauigkeiten im Werkzeug sind extrem wichtig. Ohne entsprechende genaue Führung und Fixierung der beiden Formhälften können sich diese radial verschieben.

## 2.1.2 Führungen

Die Führungen in einem Spritzgießwerkzeug sind sehr wichtig. Sie gewährleisten, dass die beiden Werkzeughälften bereits beim Zufahren gegeneinander zentriert sind. Außer in Sonderlösungen werden in die Düsenseite Führungsbolzen und in die Auswerferseite Führungsbuchsen eingebaut. Die Toleranzen zwischen den Formplatten und den Führungsbolzen und -buchsen sind so gering, dass diese mit einem leichten Presssitz eingebaut werden.

Die Düsenseite mit ihren Führungsbolzen passt genau, aber spielfrei, in die Führungsbuchsen der Auswerferseite. Nur so ist gewährleistet, dass die beiden Seiten genau und wiederholbar übereinander- und zusammenpassen. Wäre dies nicht der Fall, so könnten sich die beiden Formhälften radial verschieben. Dadurch werden unter anderem die Wandstärken der Kunststoffteile unterschiedlich stark, man nennt dies auch Formversatz.

In Bild 2.5 sieht man was passieren kann, wenn die Führungen eines Spritzgießwerkzeuges nicht exakt passen.



**Bild 2.5** Formversatz durch mangelnde Führung



Hier ein paar Vergleiche, um sich ein Bild über die nötige Genauigkeit der Führungen zu machen. Die Toleranzen zwischen Bolzen und Platte müssen so genau sein, dass der Bolzen mit leichten Schlägen in die Platte eingebaut wird. Ist der Bolzen im Durchmesser um 0,006 mm größer, lassen sich die Bolzen nur noch schwer einbauen.

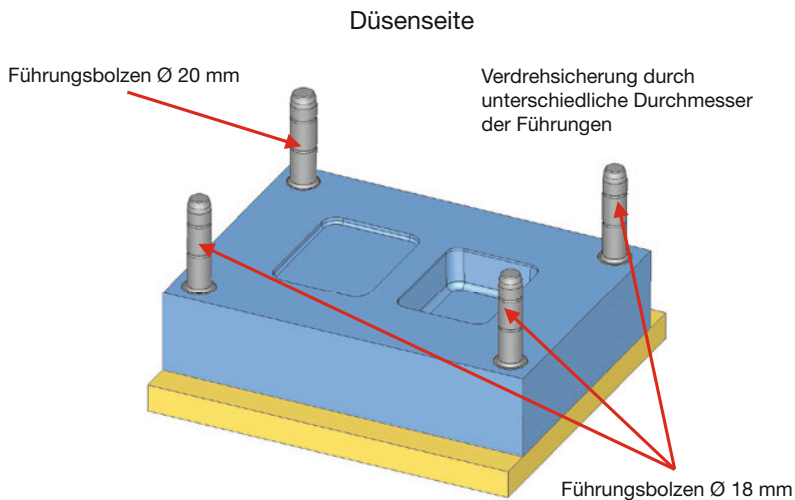
Die Toleranz zwischen Führungsbolzen und Führungsbuchse ist noch kleiner. Der Unterschied zwischen spielfrei bewegen und klemmen sind hier max. 0,004 mm im Durchmesser.

Ist der Unterschied des Achsabstands zwischen den Führungen der Platten im Ober- und Unterteil größer als 0,02 mm, läuft das Werkzeug nur noch sehr schwer zusammen.

## Verdrehsicherung

Nahezu alle Spritzgießwerkzeuge sind heutzutage rechteckig. Aus diesem Grund werden normalerweise vier Führungen, in jede Ecke eine, in ein Werkzeug eingebaut. Um zu verhindern, dass man Düsenseite und Auswerferseite verdreht zusammenfügt, ist eine der Führungen kleiner oder größer als die anderen drei.

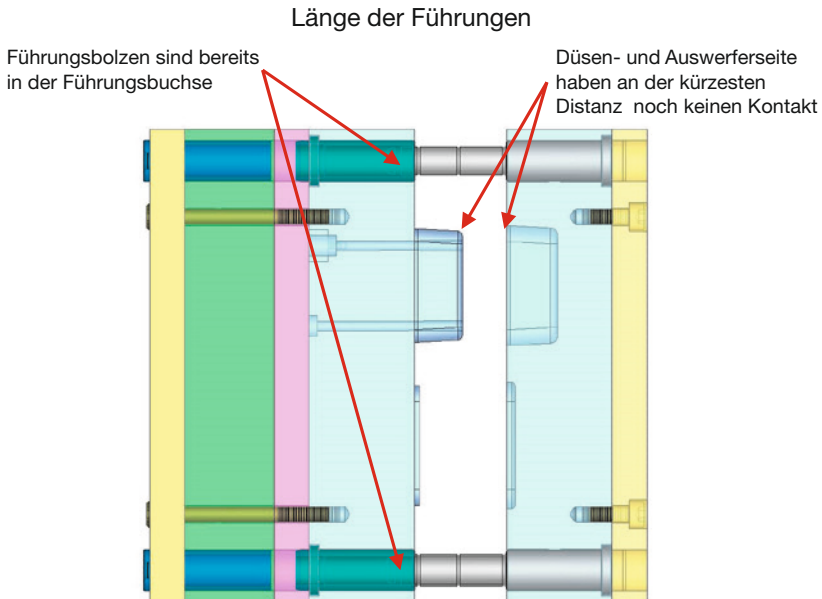
In Bild 2.6 ist die Düsenseite eines Werkzeuges zu sehen. Drei Führungsbolzen mit  $\varnothing 18$  mm und ein Führungsbolzen mit  $\varnothing 20$  mm. Dies soll verhindern, dass die Düsenseite verdreht auf die Auswerferseite gesteckt wird.



**Bild 2.6** Verdrehsicherung im Formenbau

Bei der Längenauswahl der Führungsbolzen ist Folgendes zu beachten: Bevor sich die Formkonturen der beiden Seiten nähern, müssen die Führungen bereits ineinander sein. Sind die Führungen zu kurz, kann es sein, dass beim Zusammenfahren der beiden Formhälften die Formkontur beschädigt wird.

In Bild 2.7 ist deutlich sichtbar, dass die Führungen bereits ineinander fahren, bevor die beiden Seiten Kontakt haben können.



**Bild 2.7** Längenauswahl der Führungen

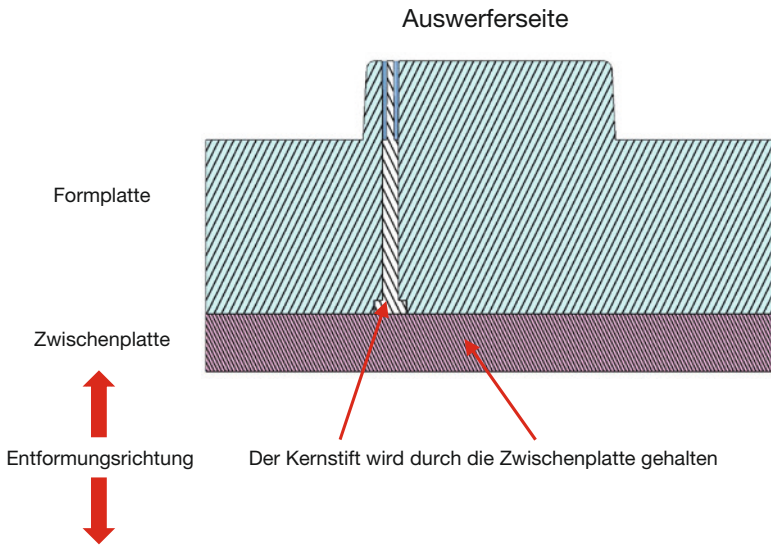
### 2.1.3 Zwischenplatte

Diese wird bei einem ganz einfachen Spritzgießwerkzeug weniger gebraucht. Eingebaut wird sie dann, wenn eine aufwendige Kühlung, ein Kernstift oder weitere zusätzliche Bauteile im Spritzgießwerkzeug benötigt werden, die zum einen in der Formplatte keinen Platz mehr haben oder durch die Formplatte durchgehen und von der Zwischenplatte gehalten werden sollen.

In Bild 2.8 unten ist ein Kernstift eingezeichnet, der in die Formplatte eingebaut ist und von der Zwischenplatte gehalten wird.

Der Einsatz einer Zwischenplatte hat hier mehrere Funktionen und Vorteile. Einer der Vorteile ist, dass die Zwischenplatte unter der Formplatte angebaut wird und plan ist. Somit sind alle Bauteile, die hier an der Zwischenplatte anliegen, geometrisch bestimmt und auf der gleichen Ebene. Ein weiterer Vorteil sind die Herstellungskosten. Um eine ähnliche Fixierung solcher Kernstifte zu erreichen, wäre sonst der zusätzliche Einbau einer anderen Abdeckung von unten notwendig. Möglich wäre hier eine kleine eingebaute Abdeckplatte oder ein Gewindestift, der den Kernstift fixiert.

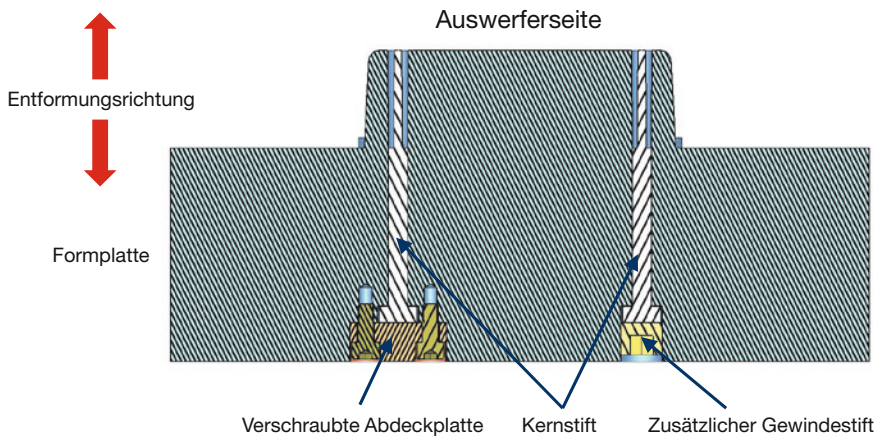




**Bild 2.8** Zwischenplatte fixiert und hält Kernstift

Beide Alternativen verursachen höhere Fertigungskosten. Sollten sie in einem Werkzeug mehrfach gebraucht werden, ist es sinnvoll eine Zwischenplatte einzubauen.

In Bild 2.9 werden zwei mögliche Alternativen zur Fixierung von Kernstiften gezeigt.



**Bild 2.9** Alternativen zur Fixierung

Weitere grundsätzliche und zusätzliche Bauformen, Funktionen, Elemente und Bauteile an einem Spritzgießwerkzeug werden in den einzelnen noch folgenden Abschnitten in diesem Buch behandelt.

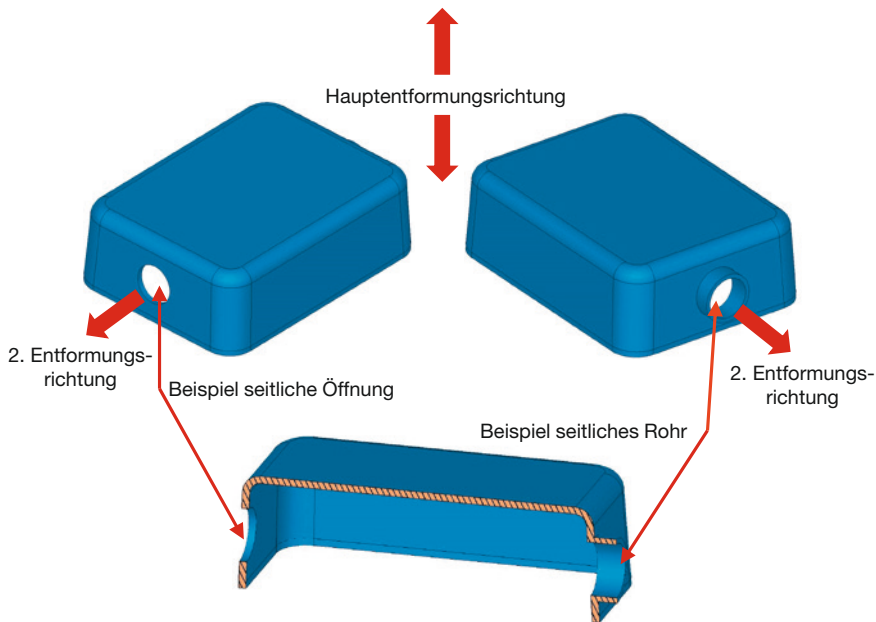
## ■ 2.2 Werkzeug mit beweglichen Elementen

Nahezu alles was ein Spritzgießwerkzeug kompliziert und aufwendig macht, kommt aus der Geometrie des späteren Kunststoffteiles. Deshalb sollte schon bei der Planung und Konstruktion eines Kunststoffteiles darauf geachtet werden, dass all das, was das Kunststoffteil später beinhalten soll, auch im Spritzgießwerkzeug zu realisieren ist. Dies ist oft eine große Herausforderung beim Entstehen, sprich Konstruieren, von Kunststoffteilen. Wenn dann auch noch Technik auf Design trifft, kann das mit Kompromissen verbunden sein.

### 2.2.1 Hinterschnitt

Die nächste Stufe der Schwierigkeit an einem Kunststoffteil sind Elemente, die nicht in der Hauptentformungsrichtung, wie bei einem Auf-Zu-Werkzeug, entformt werden können. Diese, beim Entformen störenden Elemente, nennt man Hinterschneidung oder Hinterschnitt. Sie müssen in einer weiteren Entformungsrichtung freigestellt bzw. entformt werden. Dazu verwendet man im Spritzgießwerkzeug bewegliche Einbauteile. Das können z. B. Schieber, Kernstifte, schräge Auswerfer oder Formeinsätze sein. Sie unterstützen das Kunststoffteil, damit es besser entformt und ausgeworfen werden kann.

In Bild 2.10 sind zwei mögliche Elemente, seitliche Bohrung und seitliches Rohr, an unserem Bauteil zu sehen. Beide Elemente sind am Kunststoffteil ein Hinterschnitt und müssen über die zweite Entformungsrichtung freigestellt werden. Nur so können Kunststoffteile ohne Beschädigung aus dem Werkzeug ausgestoßen werden. An diesen beiden Beispielen kommen Schieber zum Einsatz.



**Bild 2.10** Zusätzliche Entformungsrichtungen

### 2.2.2 Schieber

Bei der Realisierung dieser seitlichen Öffnungen wird aus dem Auf-Zu-Werkzeug ein Schieber-Werkzeug. Schieber sind bewegliche Bauteile innerhalb des Spritzgießwerkzeuges. In diese Schieber werden ein oder mehrere Teile der Formkontur eingearbeitet. Der Schieber selbst bewegt sich beim oder nach dem Öffnen des Werkzeuges in einer zusätzlichen Entformungsrichtung vom Kunststoffteil weg. Durch dieses Wegfahren werden die Hinterschnitte freigestellt, bevor das Kunststoffteil aus dem Spritzgießwerkzeug ausgestoßen wird. Der zu fahrende Weg wird vorher errechnet und definiert. Er muss so groß sein, dass das Kunststoffteil ohne Beschädigung nach dem Auswerfen aus dem Spritzgießwerkzeug fallen oder entnommen werden kann.