



Leseprobe

Rainer Dangel

Spritzgießwerkzeuge für Einsteiger

ISBN (Buch): 978-3-446-44352-5

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

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44352-5>

sowie im Buchhandel.

# 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 Naderverschluss .....	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 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>

# 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

# 2

## Werkzeugarten

### ■ 2.1 Einfaches Auf-Zu-Werkzeug

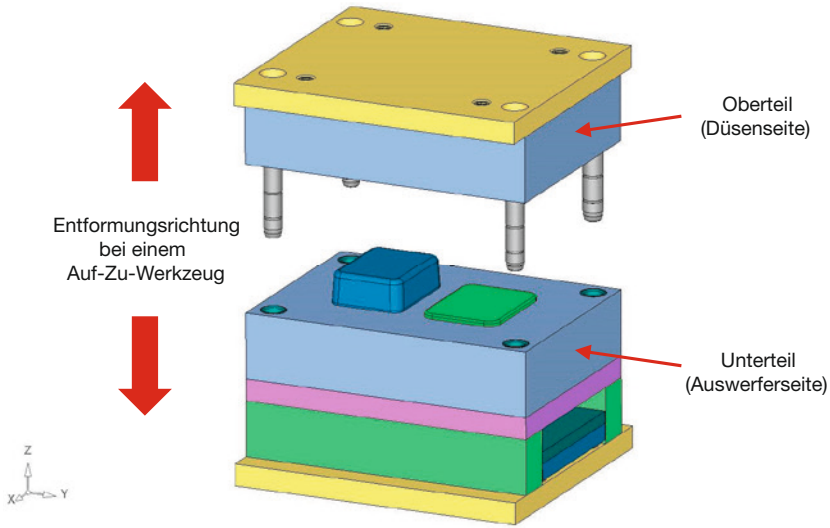
Das Auf-Zu-Werkzeug hat seinen Namen von dem einfachen Bewegungs- und Funktionsablauf, wenn das Spritzgießwerkzeug zur Fertigung von Kunststoffteilen in eine Spritzgießmaschine eingespannt ist. Das Spritzgießwerkzeug bzw. die Spritzgießmaschine öffnet und schließt, geht Auf und Zu, ohne dass eine weitere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

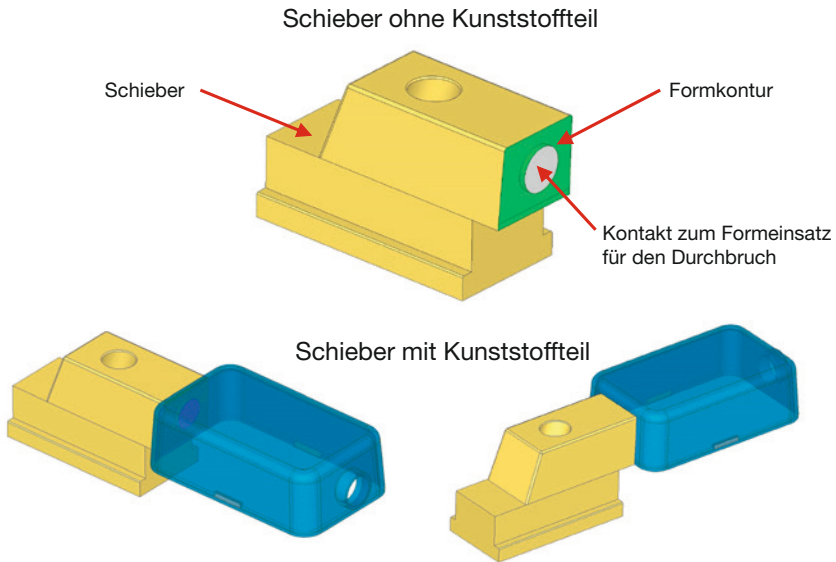


**Bild 2.1** Entformungsrichtung

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“.

In Bild 2.11 ist der Schieber dargestellt, mit dem die seitliche Öffnung an unserer Dose entformt wird. In den vorderen Bereich des Schiebers ist ein Teil der Formkontur des Kunststoffteils eingearbeitet. Die runde Fläche ganz vorne hat mit dem feststehenden Formeinsatz Kontakt, wenn das Werkzeug zu ist und eingespritzt wird. Dieser Kontakt verhindert, dass an diese Stelle beim Einspritzen Kunststoff kommt und bildet somit die Bohrung im Kunststoffteil. In der Fachsprache wird diese Kontaktstelle auch Durchbruch genannt.

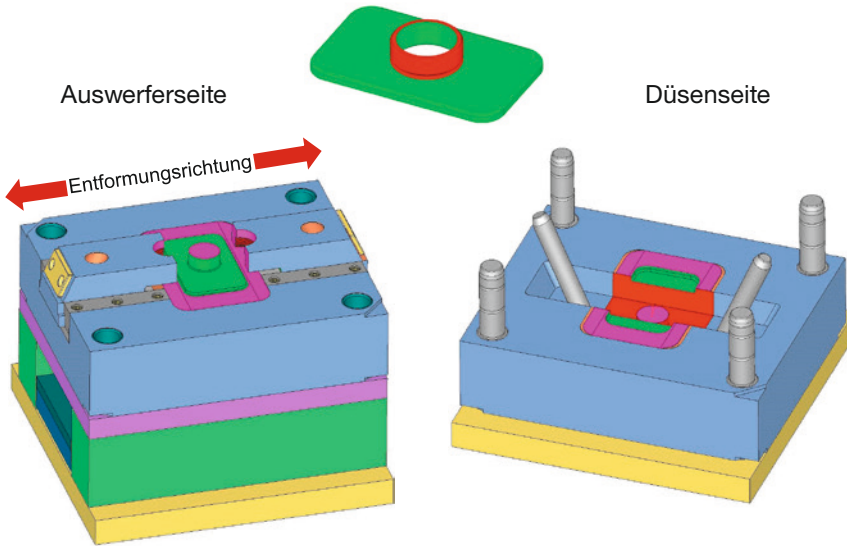


**Bild 2.11** Schieber mit und ohne Kunststoffteil

### 2.2.3 Schieberbetätigung

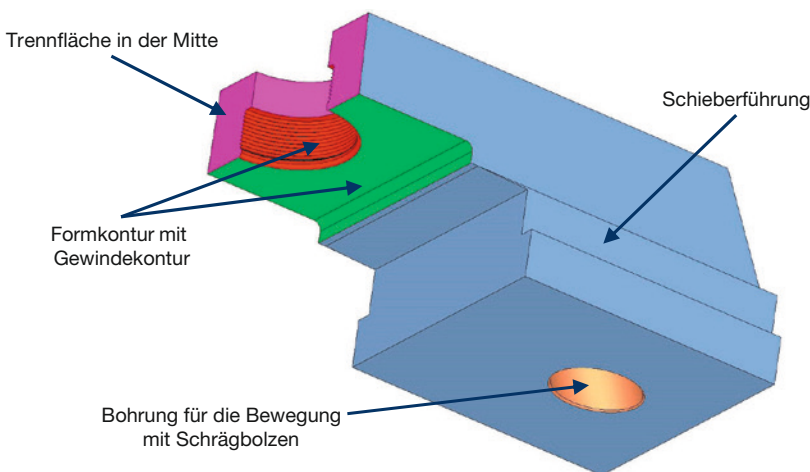
Um diesen Schieber bewegen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit wäre, der Schieber wird mit einem Hydraulikzylinder verbunden, der wiederum fest mit dem Spritzgießwerkzeug verschraubt ist. Über diesen Zylinder wird der Schieber bewegt. Bei dieser Lösung macht der Zylinder einen fest definierten Weg. Er wird als Normteil gekauft und eingebaut. Hierzu mehr im Abschnitt 4.2 „Schieber“. Die zweite Möglichkeit ist die Zwangssteuerung durch einen Schrägbolzen. Ein Bolzen wird unter einer errechneten Schräge in die Düsen- seite des Spritzgießwerkzeuges eingebaut. Der vordere Teil des Schrägbolzens taucht in den zu bewegenden Schieber ein. Wenn sich das Werkzeug in der Hauptentformungsrichtung öffnet, bewegt dieser Schrägbolzen über eine resultierende Bewegung den Schieber in der zusätzlichen Entformungsrichtung. Auch dazu gibt es weitere Details im Abschnitt 4.2 „Schieber“.



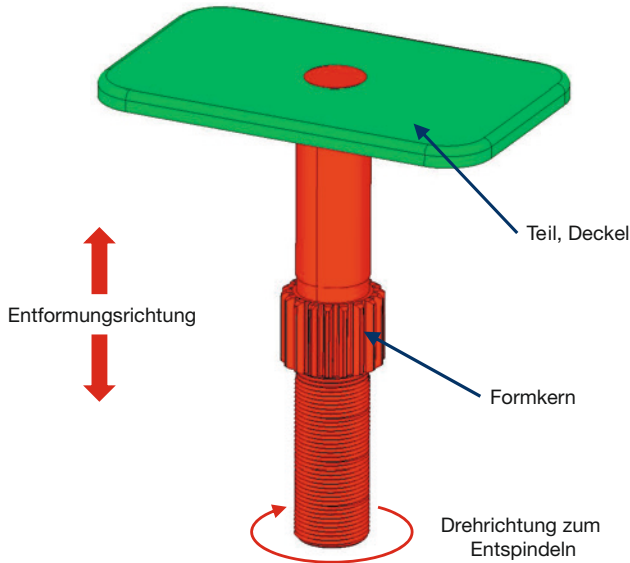


**Bild 2.20** Werkzeug für Deckel mit Außengewinde

In Bild 2.21 ist der Schieber mit all seinen Funktionsflächen abgebildet. Ganz vorne die Trennfläche in der Mitte des Werkzeuges, an der sich die beiden Schieber treffen und die Formkontur, zu der auch die Geometrie des Gewindes gehört. Des Weiteren ist auch die schräge Bohrung, in die der Schrägbolzen eintaucht und den Schieber bewegt, abgebildet. Seitlich sind die Schieberführungen, in die die Schieber eingelassen sind und in Entformungsrichtung geführt werden, zu sehen.



**Bild 2.21** Schieber für den Deckel mit Außengewinde



**Bild 2.22** Kunststoffteil mit Formkern

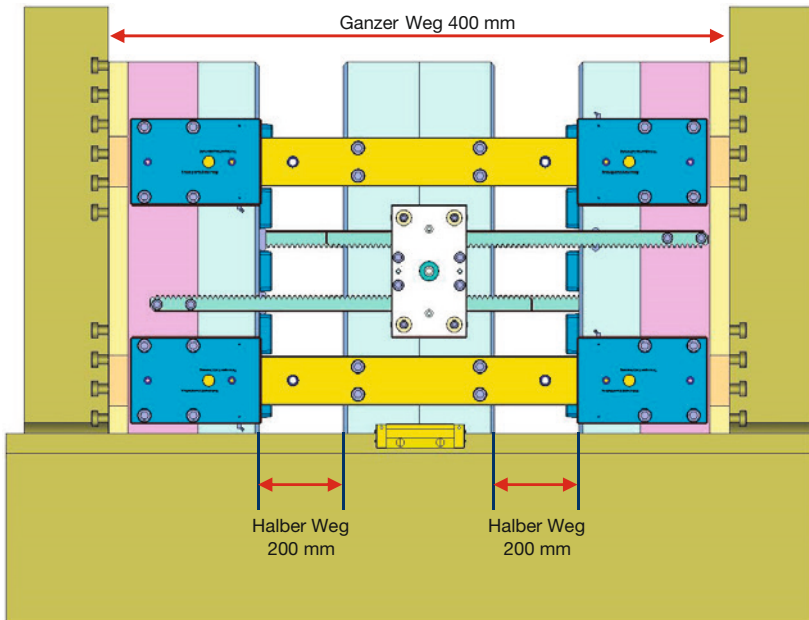
## 2.3.3 Antriebsarten zum Entspindeln

### 2.3.3.1 Hydraulische Ausschraubeinheit

Die hydraulische Ausschraubeinheit ist ein zusätzliches Gerät, das entweder an das Spritzgießwerkzeug oder an die Maschine angeschraubt wird. Sie wird an die Spritzgießmaschine angeschlossen und von dieser angesteuert und geregelt. Man kann sie entweder elektrisch oder hydraulisch betätigen. Diese Ausschraubeinheiten sind in ihrer Handhabung sehr flexibel. Es können Gewinde entformt werden, die entweder in der Düsen­seite, der Auswerfer­seite oder auch in der Trennebene liegen. Die Ausschraubeinheit erzeugt die Schraubbewegung, und treibt entweder ein kleines Getriebe oder den Formkern direkt an. Sie können in unterschiedlichen Arten und Möglichkeiten von Herstellern für Formnormalien oder Herstellern von Spritzgießmaschinen bezogen werden.

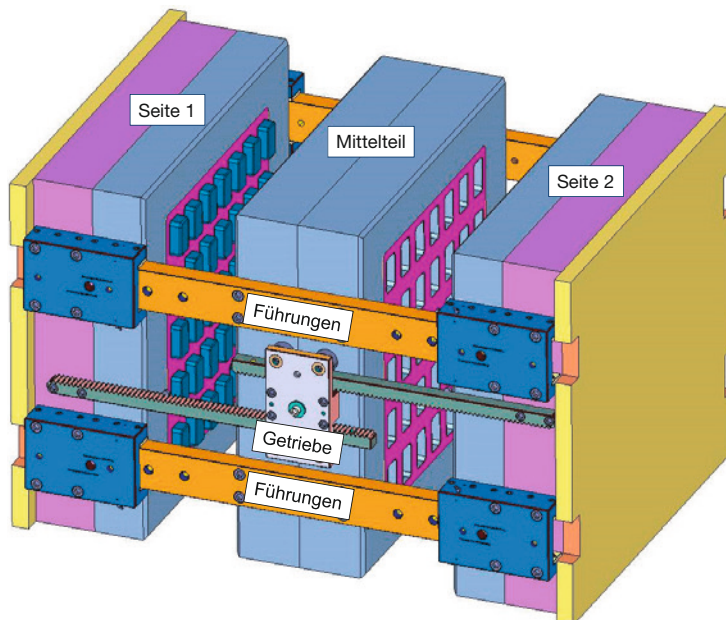


Der Formkern hat vorne das Gewinde als Formkontur, das sich später im Kunststoffteil abbildet. An der hinteren Seite ist ein Gewinde mit der *gleichen Steigung*, für die Führung in einer Leitmutter. Der Durchmesser des hinteren Gewindes ist unerheblich, nur die Steigung muss vorne und hinten gleich sein. Nicht vergessen darf man, dass *beide Gewinde* mit der vorher festgelegten *Schwindung* versehen sein müssen!



**Bild 2.38** Situation bei geöffneter Maschine um 400 mm

Um sich das Ganze noch besser vorstellen zu können, ist in Bild 2.39 eine räumliche Darstellung des geöffneten Spritzgießwerkzeuges mit Getriebe und außenliegenden Führungen abgebildet.



**Bild 2.39** Räumliche Darstellung mit Getriebe

konstruieren lassen, ist es eine Variante bei der man Geld sparen kann. Die Kosten für den gesamten Formausbau werden auf alle Teile umgelegt.

Alles in allem ist die Festlegung der Anzahl von Kavitäten ein Mix aus Ausbringungsmenge, Schwierigkeitsgrad und auch Maschinengröße.

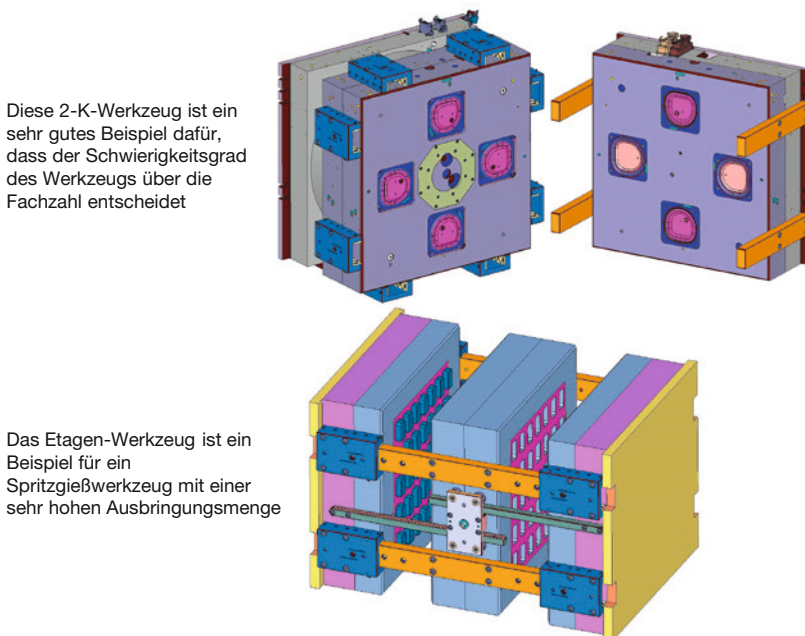
### Beispiel für die Wirtschaftlichkeitsrechnung:

Bedarf eines Kunststoffteils über die gesamte Lebensdauer von 100 000 Stück.

- Kosten für das 1-fach Werkzeug 20 000 €. Der Teilepreis aus dem 1-fach Werkzeug 0,50 €/Stück. 100 000 Teile x 0,50 € ergibt Kosten für die Teile von 50 000 €. Zusammen mit den Werkzeugkosten kommt man auf gesamt 70 000 € über die Lebensdauer.
- Dagegen kostet das 2-fach-Werkzeug 30 000 € und der Teilepreis ist, da bei jedem Zyklus statt einem zwei Teile aus der Maschine fallen, nur 0,30 €/Stück. Zählt man die Summen beim 2-fach Werkzeug zusammen, kommt man auf 30 000 € für die Teile und 30 000 € für das Werkzeug, kommt man im gesamten auf 60 000 €.

*Ergebnis:* Man würde bei dieser Rechnung mit einem 2-fach Werkzeug 10 000 € über die Lebenszeit einsparen.

In Bild 3.18 sind zwei Beispiele für Werkzeuge dargestellt, das 2-K-Werkzeug und das Etagen-Werkzeug in Bezug zum Schwierigkeitsgrad und der Ausbringungsmenge.



**Bild 3.18** 2-K-Werkzeug und Etagen-Werkzeug

## 3.4 Materialauswahl für Spritzgießwerkzeuge

Die Auswahl des richtigen Materials für den Bau von Spritzgießwerkzeugen wird von einer ganzen Menge von Bedingungen und Faktoren definiert und beeinflusst.

### Ausbringungsmenge

Eine der wichtigsten Faktoren ist die Ausbringungsmenge über die Lebensdauer des Spritzgießwerkzeugs. Bei einem Musterwerkzeug, aus dem nur 100 Teile gespritzt werden, kann es oft schon ausreichen, wenn das Werkzeug aus Aluminium hergestellt ist. Zu diesem Zweck gibt es ein spezielles Aluminium, mit hoher Festigkeit für den Formenbau.

**Tabelle 3.2** In den folgenden Tabellen sind Materialangaben für Spritzgießwerkzeuge enthalten [Quelle: Meusburger GmbH, Wolfurt]

3.3547 (AW-5083)	DIN: AlMg 4.5 Mn	Si - 0.40	≤ 290 N/mm <sup>2</sup> (dickenabhängig)	Aluminium-Legierung	Platten für Formaufbauten und für den Vorrichtungsbau
	EN: ISO 5083	Fe - 0.40			
	AFNOR: A-G4 5MC	Cu - 0.10			
	UNI: 7790	Mn - 0.70			
		Mg - 4.40			
		Cr - 0.15			
		Zn - 0.25			
		Ti - 0.15			
3.4365 (AW-7075)	DIN: AlZnMgCu 1.5	Si - 0.40	≤ 540 N/mm <sup>2</sup> (dickenabhängig)	Aluminium-Zink-Legierung hochfest, ausgehärtet	Platten für Formaufbauten und Säulengestelle mit erhöhter Anforderung an Festigkeit
	EN: ISO 7075	Fe - 0.50			
	AFNOR: A-25GU	Cu - 1.60			
	UNI: 9007/2	Mn - 0.30			
		Mg - 2.40			
		Cr - 0.23			
		Zn - 5.60			
		Ti - 0.20			

Soll das Werkzeug für eine mittlere Stückzahl von z.B. 100 000 Teilen ausgelegt sein, wird schon eine bedeutend bessere Qualität des Materials nötig sein. Der Formrahmen ist beispielsweise aus vergütetem Werkzeugstahl 1.2312.

1.2312	DIN: 40 CrMnMoS 86	C - 0.40	≈ 1080 N/mm <sup>2</sup>	Werkzeugstahl legiert und vergütet, gut zerspanbar	Platten für Formaufbauten und Säulengestelle mit erhöhter Anforderung an Festigkeit
	AFNOR: 40 CMD 8.5	Si - 0.40			
	AISI: P20+S	Mn - 1.50			
		Cr - 1.90			
		Mo - 0.20			
		S - 0.06			

Die Formeinsätze und Schieber können aus einem Warmarbeitsstahl 1.2343 sein.

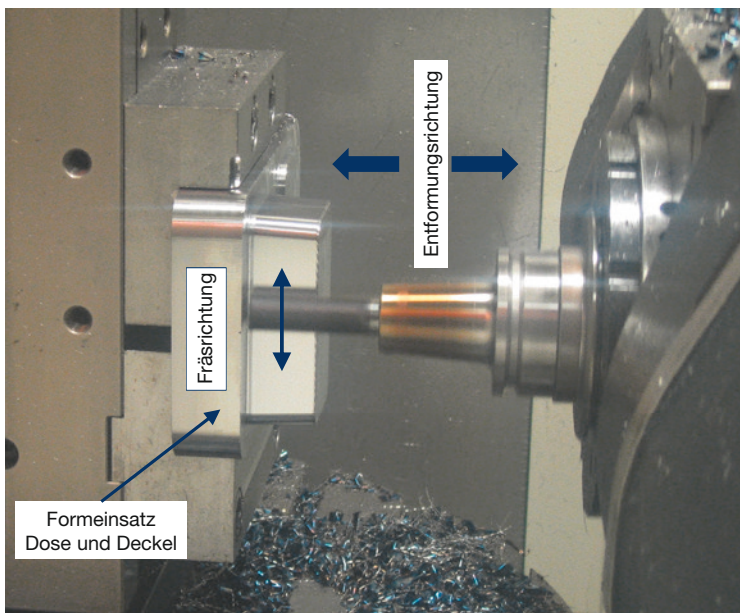
1.2343	DIN: X 38 CrMoV 51	C - 0.38	≈ 780 N/mm <sup>2</sup>	Warmarbeitsstahl hochlegiert	Formplatten und Formeinsätze für Druckgussformen (Al, Mg, Zn etc.) und Kunststoffwerkzeuge
	AFNOR: Z 38 CDV 5	Si - 1.00			
	UNI: X 37 CrMoV 51 KU	Mn - 0.40			
	AISI: H11	Cr - 5.30			
		Mo - 1.20			
		V - 0.40			
1.2343 ESU (ESR)	DIN: X 38 CrMoV 51	C - 0.38	≈ 780 N/mm <sup>2</sup>	Warmarbeitsstahl hochglanzpolierfähig, Elektroschlacke umgeschmolzen, hochlegiert	Formplatten und Formeinsätze für Druckgussformen (Al, Mg, Zn etc.) und Kunststoffwerkzeuge
	AFNOR: Z 38 CDV 5	Si - 1.00			
	UNI: X 37 CrMoV 51 KU	Mn - 0.40			
	AISI: H11 ESR	Cr - 5.30			
		Mo - 1.20			
		V - 0.40			

## Oberfläche

Die Beschaffenheit der Oberfläche an der Entformungsschräge ist ebenfalls von großer Bedeutung. Egal mit welchem Bearbeitungsverfahren die Oberfläche erzeugt wird, unter dem Mikroskop sieht diese wie ein Gebirge aus.

**Fräsen:** Sehr oft ist die Fräsrichtung um  $90^\circ$  gegenüber der Entformungsrichtung verdreht. Es entsteht ein treppenförmiges Fräsbild über die ganze Fläche. Die Wirkung ist, dass dadurch regelrechte Widerhaken entstanden sind. Das Entformen wird schwerer. Bei solchen Fräsbildern muss die Oberfläche nachbehandelt werden. Die gängigste Nachbehandlung ist das Polieren der Fläche. Dabei wird in Entformungsrichtung poliert.

In Bild 3.34 wird der Formeinsatz für unser Werkzeug „Dose mit Deckel“ gefräst.



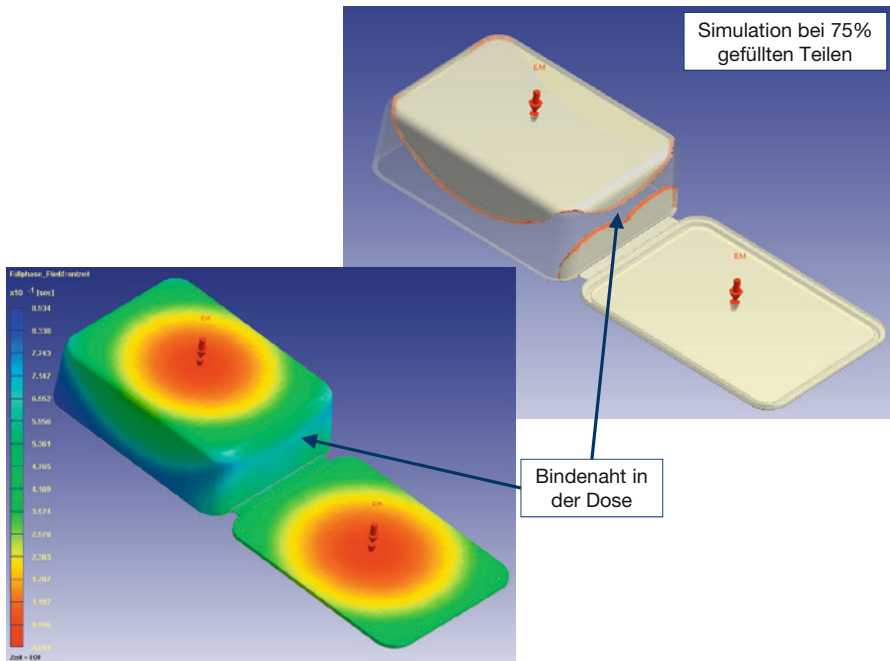
**Bild 3.34** Formeinsatz fräsen [Werkbild: Gebr. Heller Maschinenfabrik GmbH]

**Erodieren:** Das Erodieren, mit dem beispielsweise Rippen hergestellt werden, erzeugt eine gleichmäßige, aber raue Oberfläche. Je nach Einstellung der Erodiermaschine wird diese Oberfläche mehr oder weniger rau. Je rauer die Oberfläche, desto schwerer das Entformen. Wie beim Fräsen muss auch hier nachbehandelt werden. Auch hier hilft polieren, wie beim Fräsen.

## Falsche Seite

Kommt es doch einmal vor, dass die Orientierung und die Lage des Bauteils falsch eingeschätzt wurden, ist es möglich, dass das Kunststoffteil in der Düsenseite hän-

In Bild 3.68 ist das unterschiedliche Füllen der beiden Kavitäten zu sehen. Der Deckel füllt sich früher als die Dose. Die Bindenaht wird in die Dose geschoben.

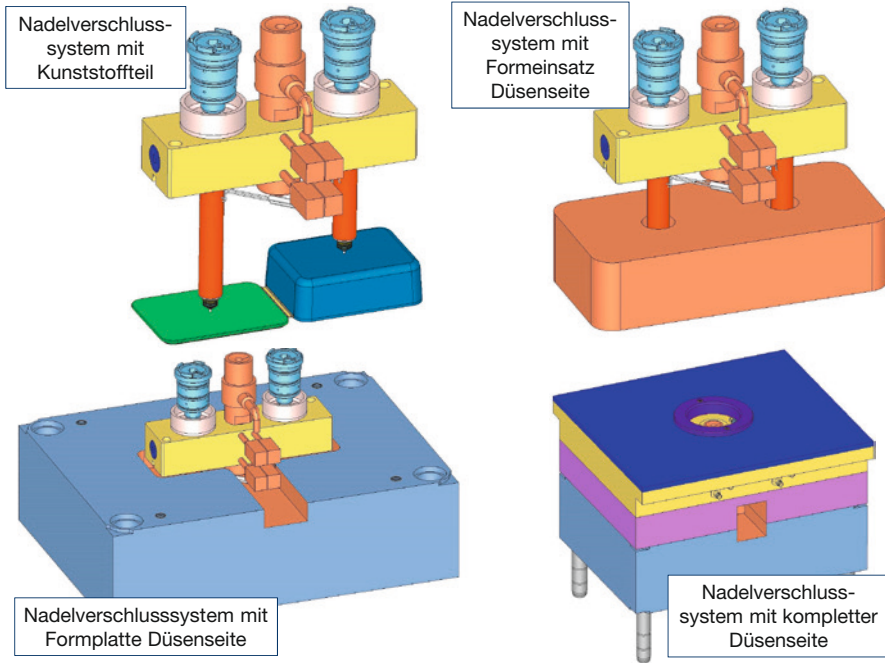


**Bild 3.68** Füllen mit Verzögerung [Simulation: Cimatron GmbH, Ettlingen]

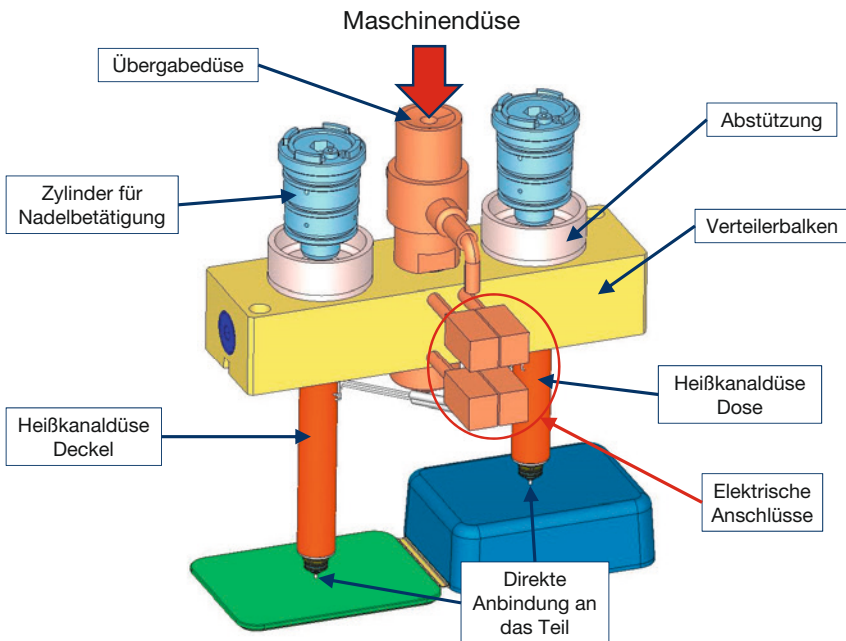
Eine weitere sehr wichtige Möglichkeit ergibt sich durch das zeitverzögerte Steuern der Nadeln bei sehr langen dünnen Kunststoffteilen. Spritzt man diese Teile gleichmäßig mit einem Heißkanalverteilersystem mit beispielsweise sechs offenen Düsen an, ergeben sich fünf Bindenähte. Füllt man dasselbe Teil mit Nadelverschlussdüsen, könnte das so aussehen: Die erste Düse öffnet sich und füllt den ersten Teil der Kavität. Ist die Fließfront über der zweiten Düse, öffnet sich diese und spritzt in die fließende Schmelze. So geht das weiter, bis das Teil vollständig gefüllt ist. Der genaue Ablauf muss durch eine Füllstudie an der Maschine ermittelt werden. Bindenähte werden so vermieden oder stark minimiert.

In Bild 3.69 ist der Aufbau eines Heißkanalsystems mit Nadelverschlussdüsen dargestellt.

In Bild 3.70 sind die Elemente des Heißkanalsystems mit Nadelverschluss dargestellt. Die Heizung ist hier nicht zusätzlich beschrieben, sie ist analog zum Verteilerbalken in Bild 3.66.



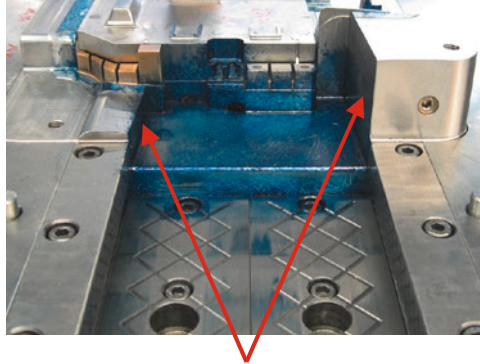
**Bild 3.69** Aufbau eines Werkzeuges mit Nadelverschlussystem  
[Quelle: CAD-Daten, PSG Plastic Service GmbH, Mannheim]



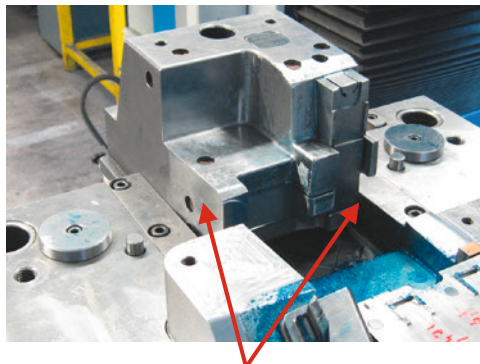
**Bild 3.70** Elemente des Heißkanalsystems mit Nadelverschluss  
[Quelle: CAD-Daten, PSG Plastic Service GmbH, Mannheim]



In Bild 4.13 ist die reale Situation am Spritzgießwerkzeug zu sehen. Am Schieber und im Formeinsatz ist die Einführschräge zu sehen. Der Schieber hat mit dem Formeinsatz erst Kontakt, wenn das Spritzgießwerkzeug ganz geschlossen ist.



Einführschräge für  
den Schieber



Einführschräge am  
Schieber

**Bild 4.13** Schieber und Formeinsatz mit Einführschräge [Werkbilder: Formenbau Rapp, Löchgau]

Gleiches gilt für Schieber, die unterhalb der Formtrennung eingebaut sind. Solche Schieber brauchen zusätzlich zur schrägen Rampe unten (siehe Bild 4.12), auch eine seitliche Rampe oder Einführschräge. Durch diese seitliche Einführschräge wird die Trennung zwischen Schieber und Formeinsatz abgedichtet. Dadurch dass diese Trennung schräg ist, findet auch hier der Kontakt zwischen Schieber und Formeinsatz erst kurz bevor der Schieber in der vorderen Endlage ist statt. An unserer Dose mit Deckel aus dem Abschnitt Filmscharnier ist jetzt seitlich ein Raster, der unterhalb der Haupttrennung zu entformen ist. Der Raster ist ein Hinterschnitt, braucht deshalb einen Schieber.

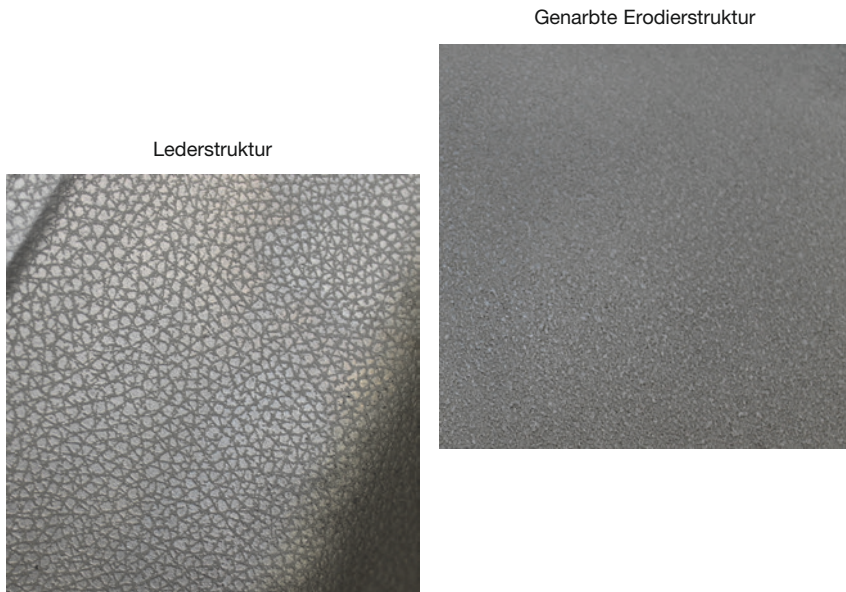
### 4.6.3 Narbung

Ein bereits seit Jahrzehnten bewährtes Verfahren, eine strukturierte Oberfläche in Kunststoffteile zu bringen ist das Narben im Ätzverfahren. Mit diesem Verfahren lassen sich die verschiedensten Oberflächen herstellen. Lederoptik, Textiloptik, geometrische Strukturen oder auch Erodierstrukturen lassen sich nachbilden.

Beim Narben im Ätzverfahren werden Formeinsätze oder Formplatten mit Formkontur an allen Stellen mit einem säurebeständigen Kleber abgedeckt, die keine Struktur bekommen sollen. Die Struktur wird als Folie in die Formkontur eingelegt und deckt weitere Teile ab. Die Säure ätzt die freien Bereiche an. Die Struktur wird gesäubert und sandgestrahlt. Folien werden wieder eingelegt. Es erfolgt wieder ätzen und sandstrahlen. Dies wird mehrfach wiederholt, bis die endgültige Struktur erreicht ist. Die abgedeckten Stellen werden wieder freigemacht, und das Werkzeug ist fertig. Was hier relativ einfach beschrieben ist, ist ein kompliziertes und aufwendiges Verfahren, das auch einiges an Zeit in Anspruch nimmt.

Da diese Strukturen zum Teil sehr tief sind, muss die Regel für die Entformungsschräge beachtet werden.

In Bild 4.63 ist eine Leder- und eine genarbte Erodierstruktur, die allgemein bekannt ist, zu erkennen.



**Bild 4.63** Verschiedene genarbte Strukturen [Quelle: Reichle GmbH, Bissingen-Teck]

Weiterbildung, Betriebsführungen zum besseren Verständnis und technische Unterlagen speziell zum Thema Formenbau an.

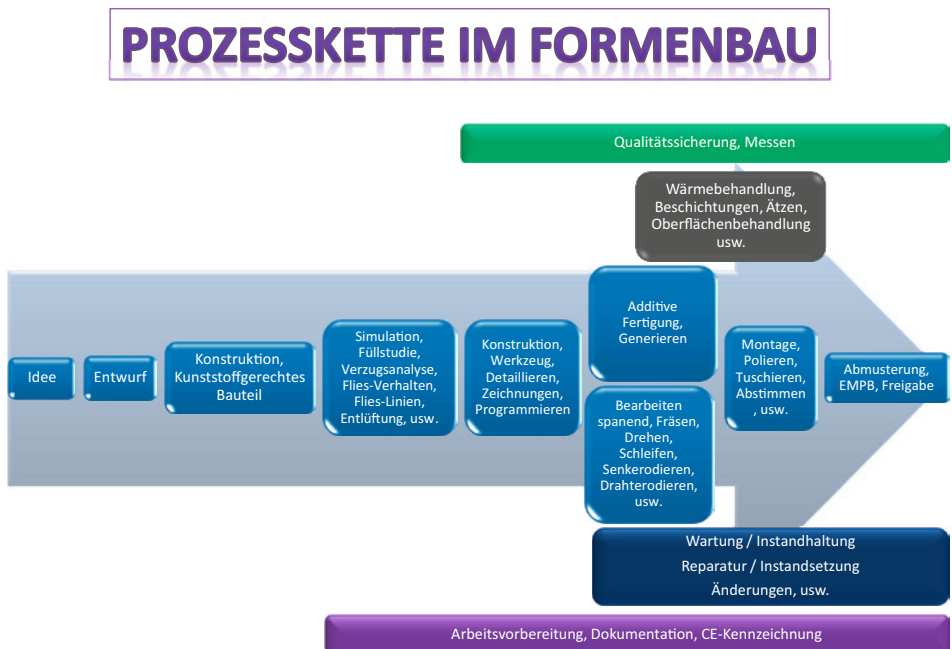
### Beispiel: Oberfläche

Ein weiteres Beispiel ist die Oberfläche des Kunststoffteils: Wie bereits in Abschnitt 4.6 „Oberfläche“ beschrieben, muss die Art der Oberfläche bei Beginn der Arbeiten mit dem Kunden geklärt sein.

Je nach Oberfläche muss die Vorarbeit darauf abgestimmt sein. Wird die Oberfläche später erodiert, muss nicht allzu viel und zu lange in die Schlichtbearbeitung beim Fräsen investiert werden.

Wird die Oberfläche später hochglanzpoliert, ist die erodierte Fläche keine gute Grundlage für das Polieren. Durch das Erodieren wird das Gefüge an der Oberfläche verändert. Beim Hochglanzpolieren muss diese ganze, veränderte Schicht abgetragen werden, sonst glänzt es nicht.

Hat man bei der Planung zum Bau eines Spritzgießwerkzeugs die ganze Prozesskette im Auge, plant alle Schritte voraus und kommuniziert dies zu Beginn des Projektes, dann sollten Fehler deutlich minimiert werden. Besser in eine genaue Planung investieren als später in aufwendige Nacharbeiten oder Korrekturen. In Bild 6.1 ist die Prozesskette im Formenbau grafisch dargestellt. Es gibt Prozesse, die direkt voneinander abhängen, aber auch Prozesse die unabhängiger sind. Wichtig ist aber dass man die Schritte kennt und weiß wie sie zusammenhängen.



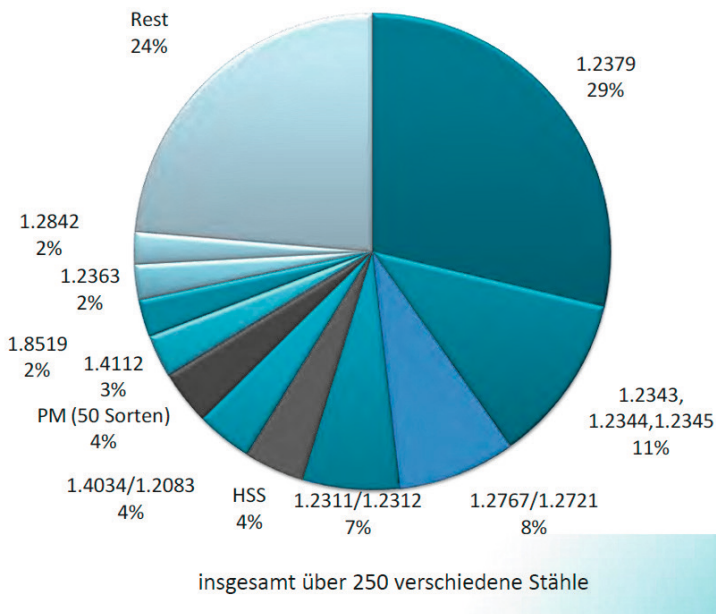
**Bild 6.1** Prozesskette im Formenbau

## Stähle

Geeignete Stähle zum Vakuumhärten sind:

- Hochlegierte Vergütungs- und Werkzeugstähle,
- Kalt- und Warmarbeitsstähle,
- Schnellarbeitsstähle,
- pulvermetallurgische Stähle,
- korrosionsbeständige Stähle.

In Bild 6.10 sind die konkreten Werkstoffbezeichnungen und die prozentuale Häufigkeit beim Härten dargestellt.



**Bild 6.10** Werkstoffe zum Vakuumhärten

[Quelle: Wetz Vakuu-Wärmebehandlung GmbH, Gammertingen-Harhausen]

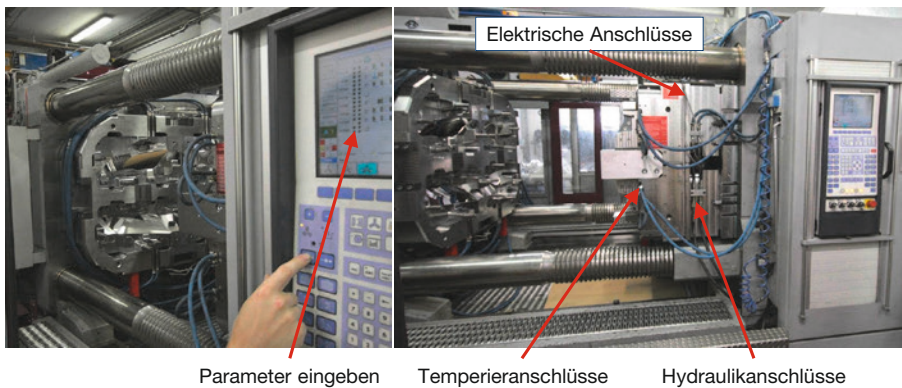
### 6.4.3 Nitrieren

Ein mittlerweile verbreitetes Verfahren im Formenbau ist das Plasmanitrieren. Beim Plasmanitrieren wird in einer Stickstoffgasatmosphäre die Randzone von Werkstücken, die aus Eisenwerkstoffen sind, eindiffundiert. Die Temperaturen beim Plasmanitrieren liegen bei max. 600 °C. Dadurch ist der Verzug der Werkstücke extrem gering. Dies ist auch der entscheidende Vorteil gegenüber den Härteverfahren.

Bei allem sollte die *Energieeffizienz* immer beachtet werden. Man sollte keine unnötigen Aggregate in Betrieb nehmen oder zu früh einschalten.

Vor dem ersten Füllen des Werkzeugs nochmals im *Werkzeugplan* die ganzen Parameter des Teils kontrollieren: Was sagt die Simulation? Gibt es Besonderheiten, die man daraus erkennen kann was den Zyklus, Füllzeit, Fließfront, Luftpinschlüsse, Bindenähte usw. betrifft? Sind Material, Teilgewicht, Temperaturen für das Werkzeug und den Kunststoff eingetragen und geprüft? Passt die Zuhaltkraft für die Maschine?

In Bild 7.2 ist ein aufgespanntes und geöffnetes Werkzeug kurz vor der ersten Abmusterung zu sehen.



**Bild 7.2** Aufgespanntes und angeschlossenes Spritzgießwerkzeug  
[Quelle: Formenbau Schweiger GmbH & Co. KG, Uffing am Staffelsee]



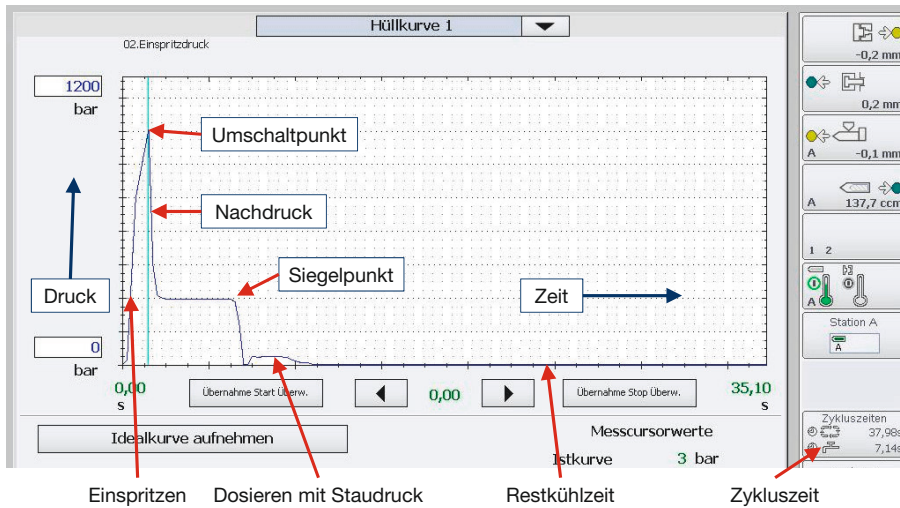
Nach der Abmusterung muss man die Temperierkreisläufe komplett frei machen. Entweder leersaugen oder durchblasen. Wasserreste setzen sich in den Kreisläufen fest und bilden mit der Zeit Rost. Durch den Rost verringert sich auch der Durchfluss.

### 7.1.2 Füllen des Werkzeuges

Das Spritzgießwerkzeug ist aufgespannt, die Temperierung aktiv, der Bewegungsablauf eingestellt. Das Werkzeug ist startklar.

Jetzt muss noch die Maschine vorbereitet werden. Die Spritzeinheit ist auf der für das zu verarbeitende Material hochgeheizt.

Als Erstes wird der *Spritzzylinder leergefahren*, um das Restmaterial des vorher benutzten Materials aus der Schnecke zu spritzen. Steht eine aufgeheizte, mit Mate-



**Bild 7.6** Kompletter Zyklus im Ablauf [Quelle: Friedrich Heibel GmbH Formplast, Heuchlingen]

### 7.1.4 Kräfte im Werkzeug beim Prozess

Auf ein Spritzgießwerkzeug wirken beim Spritzprozess unterschiedliche, zum Teil extreme Drücke und Kräfte. Bereits beim Einspritzen wirken der Einspritzdruck und dann der Nachdruck. Bei entsprechend projizierter Fläche kann der Forminnendruck ein Werkzeug öffnen, Sprich die Zuhaltkraft der Maschine reicht nicht aus, oder das Werkzeug wird so stark deformiert, dass es in der Trennung geöffnet wird, sich in der Mitte durchbiegt.

Wie bereits schon angesprochen, kann bei entsprechend hoher Viskosität des Kunststoffes dieses Verhalten schon beim Einspritzen vorkommen. Also noch bevor nach dem Umschaltpunkt der Nachdruck wirkt.

Ein Problem könnte auch eine asymmetrische Verteilung der Kunststoffteile bei einem Mehrfach-Werkzeug sein. Sind auf der einen Hälfte mehr oder größere Teile als auf der anderen, wirkt sich über die projizierte Fläche der Forminnendruck asymmetrisch aus und kann das Spritzgießwerkzeug einseitig aufdrücken.

Das gleiche kann passieren, wenn nur ein Kunststoffteil im Werkzeug ist, das in der Mitte eine dünnere Kontur hat und am äußeren Bereich größer wird.

Der Werkzeuginnendruck wirkt sich auch mit seitlich wirkenden Kräften auf die Schieber aus. Wie bereits schon in Abschnitt 3.5 „Formgröße“ beschrieben, wirkt der Werkzeuginnendruck in alle Richtungen. In der Entformungsrichtung unterstützt die Maschine die Stabilität. In Richtung Schieber muss das Werkzeug dazu in der Lage sein, diese Kräfte aufzufangen. Entsprechend dimensionierte Platten und Schließekeile wirken als Gegenhalter.

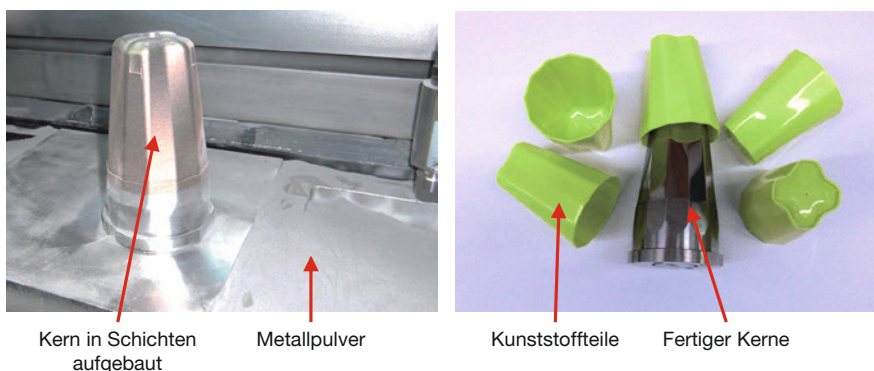
Der Formkern hat eine Dichte von nahezu 100% und ist wasserdicht. Jedes weitere Verfahren, um den Formkern weiter zu bearbeiten, ist möglich. Fräsen, erodieren, Schleifen oder auch Polieren kann als weiterer Arbeitsschritt durchgeführt werden. Der fertige Kern kann auch noch zusätzlich beschichtet werden.

Ein generierter Kern hat gegenüber dem Fertigteil noch etwas Aufmaß, um die Fertigungskontur herstellen zu können.

Die Vorteile beim Lasergenerieren sind:

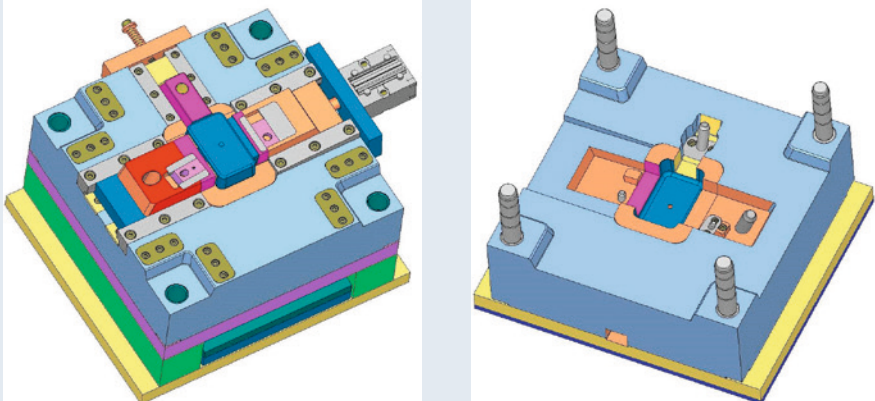
- **Zeitgewinn:** Nur wenige Stunden nach der Konstruktion hält man den Kern, egal wie komplex er auch aussieht, in Händen.
- **Flexibilität:** Modifikationen an Konstruktionsdaten und Produktion von Varianten können im Ursprungsprozess integriert werden und sind nach einer Bemusterung sehr schnell möglich.
- **Qualität:** Mit dem Laser können komplexere Werkzeuge generiert werden, als dies mit herkömmlichen Verfahren möglich ist. Dadurch kann man die Qualität der Produkte verbessern.
- **Produktivität:** Der Einbau konturnaher Kühlungen in Spritzgießwerkzeugen ermöglicht die Verkürzung der Produktionszyklen.
- **Kostenreduzierung:** Lasergenerierte Formeinsätze aus Originalmaterial haben im Regelfall höhere Standzeiten als konventionell hergestellte. In Verbindung mit den vorgenannten Faktoren ergeben sich deutliche Kostenvorteile.

In Bild 9.22 ist im linken Bild ein Kern auf der Lasermaschine zu sehen, rechts neben dem Kern ist noch der pulverförmige Werkstoff zu sehen. Auf dem rechten Bild ist der fertige, hochglanzpolierte Formkern und die produzierten Kunststoffteile zu sehen.



**Bild 9.22** Rohling und fertiger Kern [Quelle: bkl-lasertechnik, Rödental]

## ■ **Wartungsplan**

<b>Mustermann Formenbau</b>	<h1>Checkliste</h1>		CHL	Seite
			05	1 von 1
	<h1>Wartungsplan</h1>		Änd. Datum	Revision
			31.01.2015	01
<b>Werkzeug</b>		<b>Auftrags Nr.</b>	<b>Datum</b>	
<b>Allgemeine Hinweise:</b> Spritzgießwerkzeuge sind für den industriellen Gebrauch bestimmt. Sie dürfen nur von geschultem und eingewiesenem Personal bedient werden. Das Werkzeug muss in regelmäßigen Abständen durch dieses geschulte und eingewiesene Personal auf seine ordnungsgemäße Funktion überprüft werden. Sollten funktions- oder sicherheitsbeeinträchtigende Mängel festgestellt werden ist das Werkzeug stillzulegen, bis diese beseitigt sind! Die Fertigung darf nur auf den dafür vorgesehenen Maschinen, deren Funktion und geometrische Genauigkeit geprüft und ggf. korrigiert ist, erfolgen				
<b>Was ist zu tun</b>		<b>Intervall</b>	<b>Zu tun</b>	<b>Erledigt</b>
Komplettreinigung		50.000 Schuss oder 1x Jährlich		
Abschmieren Führungen Werkzeug, Schieber		5.000 Schuss		
Angussseinsatz Prüfen auf Ausschwemmungen		5.000 Schuss		
Abschmieren Auswerfer		1.000 Schuss		
Durchfluss Wasser		1 x wöchentlich		
Leckage Öl		1 x pro Schicht		
Leckage Wasser		1 x pro Schicht		
Oberflächliche Reinigung		1 x täglich		
Sichtprüfung Oberfläche		1 x täglich		
Elektrische Leitungen		1 x täglich		
				



# Index

## Symbole

2,5-Achs-Fräsen 286  
2-D-Zeichnungen 47  
2-K-Werkzeug 31  
3+2-Achsen-Fräsen 289  
3-Achs-Fräsen 286  
3-D-Daten 47  
3-D-Konstruktion 47  
3-K- oder 4-K-Werkzeug 32  
4-Achs-Fräsen 287  
5-Achs-Bearbeitungs-  
zentrum 284  
5-Achs-Fräsen 288  
5-Achs-Simultanfräsen  
290  
5-Achs-Simultan-Walz-  
fräsen 290

## A

Abmusterung 243, 263  
abrasive Kunststoffe 78  
Abstreiferplatte 190,  
194  
Aluminium 76  
Anbindung 73  
Änderungen am Spritz-  
gießwerkzeug 259  
Anguss 72, 73, 100  
Angussart 108  
Angussauswerfer 187  
Angusseinsätze 134

Angusskanal 73, 101, 110  
Angusslänge 134  
Angusspicker 100, 131  
Angussspinne 132  
Angussstange 113  
Angussstrang 100  
Angussystem 108  
Anlasstemperatur 254  
Anordnung 75  
Anordnung der Kavitäten  
71  
Anschließen von Bauteilen  
236  
Anschlussnippel 210  
Anspritzen 100  
Anspritzzpunkt 100, 136  
Anzahl der Kavitäten 68,  
80  
Arten der Wärmebehand-  
lung 253  
Ätzstruktur 98  
Ätzverfahren 218  
Aufbau eines Schiebers  
156  
Auf-Zu-Werkzeug 5  
Ausbringungsmenge 69,  
70, 76  
Ausschraubeinheit 26, 31  
Ausschwemmung 78  
Außengewinde 23  
Auswerfer 9, 19, 66, 89,  
178  
Auswerferabdrücke 89

Auswerfer als Entlüftung  
139  
Auswerfer als Hilfsmittel  
185  
Auswerferbolzen 264  
Auswerferdeckplatte 179  
Auswerferei 265  
Auswerferführung 134  
Auswerfergrundplatte 179  
Auswerferpaket 8, 18, 179  
Auswerferseite 6, 8  
Auswerferstifte mit Kugel-  
kopf 132

## B

becherförmige Kunststoff-  
teile 6  
Bemusterung 263  
Beryllium-Kupfer 208  
Beschichtungen 258  
Beschriftung 212  
Beschriftungsart 213  
Betätigung von Schiebern  
163  
bewegliche Einbauteile 14  
Bewegungsablauf 5, 43,  
265  
Bindenaht 102, 104, 127  
Biokunststoffe 2  
Bohren 301

**C**

## CAD

- Daten 292
  - Modell 293
  - Programm 47
  - System 47
- CAD-CAM-System 47, 224

## CAM

- Programm 292
  - Programmierung 292
  - System 292
- Checklisten 309
- Clipverschluss 17
- Cloud 49
- CNC-Programm 283

**D**

- Datengröße 52
- Datenmenge 48
- Datentransfer 48
- Datumsstempel 213
- Dauerfestigkeit 145
- Dauerläufer 78
- Dichtung 36
- Dielektrikum 296
- DIN 912 146
- DIN 16742 57
- DIN 66217 285, 287
- direkte Anspritzung 72
- Distanzleisten 8
- Distanzrollen 84
- Distanzscheiben 180
- Dome 66, 85
- Dosierung 267
- Drahterodieren 296, 299
- Drehen 303
- Drehteller 36
- Dreiecksfacetten 51
- Drei-Platten-Werkzeug 131
- drückende Auswerfer 179
- Druckplatten 96, 234

- Durchbruch 16
- Düsenradius 264
- Düsenseite 6, 8
- DXF 49

**E**

- ebene Trennung 93
- Eckenverzug 63
- Einbauhöhe 264
- Einbrand 278
- Einspritzen 73
- Elektrode 216, 297
- Endlage 17, 98, 171
- Endlagensicherung 169, 188
- Endmontage 236
- Endschalter 236
- Energieeffizienz 266
- entformt 14
- Entformung 84
- Entformungsprobleme 89
- Entformungsrichtung 6, 65
- Entformungsschräge in der Trennung 87
- Entformungsschragen 85
- Entlüftung 135, 147, 158, 185, 271
- Entlüftung am Auswerfer 142
- Entlüftung in der Trennung 141
- Entlüftungseinsatz 140
- Entlüftungskanal 138
- Entlüftung über Elemente 138
- Entspindeln 26 ff.
- Erodieren 91, 216, 296
- Erodierstruktur 98
- Ersatzteile 278
- Erstbemusterung 275
- Erstmusterprüfbericht 274
- Etagen-Werkzeug 38, 69

**F**

- Fachzahl 69
- falsche Seite 91
- Faltkern 26, 193
- Farbtafel Konstruktion 309
- Feder im Schieber 171
- federnde Auswerfer 183
- Fehlerquote 245
- Fertigungskosten 13
- Fertigungstechnologien 283
- Fertigungsteile 225
- Festlegungen 64
- Fettfilm 163
- Fetttaschen 163
- Filmanguss 119
- Filmgelenk 130
- Filmscharnier 127, 130
- Fixierung von Kernstiften 13
- Flachauswerfer 139, 182
- flache Kunststoffteile 6
- Flächenmodellierer 50
- Flachschleifen 301
- Fließfrontzeit 104
- Formeinsätze 14, 145
- Formeinsätze aufteilen 145
- Formeln und Berechnungen 310
- Formgröße 22, 79
- Formhälften 10
- Forminnendruck 82, 273
- Formkerne 26, 151
- Formkerne in Schiebern 156
- Formkontur 15, 158
- Formnester balancieren 268
- Formplatte 8
- Formtrennung 93
- Formversatz 10
- Fräsbahnen 294

Fräsbild 91  
 Fräsen 91, 283  
 Fräskopf 289  
 Fräsmaschine 285  
 Fräsrichtung 91  
 Frässtruktur 215  
 freie Schwindung 57  
 Freistrahle 115  
 FTP-Server 49  
 Führungen 10, 161  
 Führung im Spritzgieß-  
 werkzeug 162  
 Führungsbolzen 10  
 Führungsbuchsen 8  
 Füllbild 108  
 Füllsimulation 102  
 Füllstoffe 53  
 Füllstudie 128, 267  
 Funktionsablaufplan 309

## G

gebohrte Kühlung 200  
 Gefügeveränderungen  
 253  
 gehinderte Schwindung  
 57  
 gesteuerte Nadel 126  
 Getriebe 38, 42  
 Gewindehälften 24  
 Gewindestift 12  
 Glasfaser 53  
 Glaskugel 53  
 Gleitführungen 41  
 Gleitschuh 41, 43  
 Glühen 253  
 Grafit 216, 297  
 Größe der Daten 47  
 größere Einbauhöhe 45

## H

harte Komponente 33  
 Härten 145, 254  
 hart-weich 32

Hauptentformungsrichtung  
 5, 14, 87, 178  
 Heißkanal 40, 109  
 Heißkanal Einzeldüse 122  
 Heißkanal mit Nadel-  
 verschluss 35  
 Heißkanalverteiler 124  
 Heißkanalverteiler mit  
 Nadelverschluss 126  
 Heizpatronen 209  
 Herstellungskosten 12  
 Hilfsauswerfer 118  
 Hilfsrippe 117  
 Hinterschneidungen 14,  
 18  
 Hinterschnitt 14, 24  
 Hochglanzpolieren 307  
 Hülsenauswerfer 137, 182  
 Hydraulikanschlüsse 239  
 Hydraulikzylinder 16, 28,  
 167, 177  
 hydraulische Ausschraub-  
 einheit 27

## I

IGES 49, 50  
 Innengewinde 23, 26

## K

Kabel 237  
 Kalter Pfropfen 114  
 Kaltkanal 108  
 Kaltkanalverteiler 110  
 Kantenlänge 22  
 Kernstifte 12, 14  
 Kernzüge 265  
 kleinste Entformungs-  
 schräge 85  
 Klinkenzug 233  
 Kniehebel 43  
 Konstruktion 47  
 Konstruktionselemente  
 48

Konturänderung 151  
 Konturauswerfer 184  
 Konturgebende Trennung  
 94  
 Konvertieren 50  
 Korrektur von Stichmaßen  
 153  
 Kosten 17, 21, 69, 123, 125  
 Kosten ermitteln 260  
 Kräfte im Werkzeug 273  
 Kreisläufe umlenken 202  
 Kreisläufe verbinden 209  
 Kugelmittnehmer 132  
 Kugelraster 171  
 Kühlkern 151  
 Kühlkreisläufe 198  
 Kühlung 148, 198  
 Kühlung auf Dichtheit  
 prüfen 240  
 Kühlung im Schieber 172  
 Kühlzeit 271  
 kunststoffgerecht  
 konstruiert 65, 85  
 Kunststoffgranulat 1  
 Kunststoffteile 1  
 Kupfer 216, 297  
 Kupferkerne 208  
 Kupferlegierung 151

## L

Lage des Anspritzpunktes  
 100  
 Längenauswahl der  
 Führungsbolzen 11  
 Langloch 175  
 Längsrichtung 56  
 Lasercusing 304  
 Lasergenerieren 304  
 Laserschweißen 279  
 Lasertextur 219  
 laufende Wartung 277  
 Lebensdauer 76  
 Leitbild 245  
 Leitgewinde 28

Leitmutter 28, 30  
 Lufteinschlüsse 102, 104  
 Luftventil 90

## M

Maschinenbett 41, 43  
 Maschinendüse 40  
 Maschinengröße 69, 80  
 Massetemperatur 271  
 Materialanhäufung 74  
 Materialauswahl 52  
 Materialauswahl für Spritzgießwerkzeuge 76  
 Materialpaarungen 32  
 Mehrfach-Werkzeug 31, 73  
 Mehrkomponenten-Werkzeuge 31, 38  
 Messdruck 240  
 Mittelauswerfer 187  
 Montage 229  
 – abhängig/unabhängig 226  
 – von innen nach außen 226  
 Musterwerkzeug 76, 145

## N

Nachdruck 53, 61, 267  
 Nachschwindung 54  
 Narbung 218  
 NC-Daten 47  
 Nebentformungsrichtung 6  
 neutrales Datenformat 48  
 nicht werkzeuggebundene Maße 57  
 Nitrieren 256  
 Normen 246  
 Normteile 224

## O

Oberfläche 67, 91, 98, 214  
 Öffnen und Schließen 41  
 ohne Beschädigung 66  
 Optimieren der Parameter 270  
 O-Ring 148, 230, 241

## P

Parameter 265  
 Passgenauigkeit 248  
 Passleisten 248  
 Passungen 231, 247  
 Peitschenanguss 134  
 Pilotbohrer 302  
 Plattendicke 83  
 Polieren 91, 220, 307  
 Postprozessor 294  
 praktische Richtlinien 309  
 Prallwand 115  
 Präzision 98, 247  
 Presspassung 247  
 produktionsstypischer Zyklus 267  
 Profilschleifen 301  
 projizierte Fläche 170  
 Prozesskette 243

## Q

Qualitätssicherung 245  
 Querbohrung 148  
 Querkräfte 155  
 Querrichtung 56  
 Querschnitt des Kaltkanalverteilers 112

## R

Rampe 159, 249  
 Rand am Formeinsatz 147  
 Raster 171

Rastnase 17  
 Rechte-Hand-Prinzip 287  
 Reparatur 281  
 Restkühlzeit 272  
 resultierende Bewegung 16, 19  
 Riffelung 26  
 Ringanguss 121  
 Rippen 66, 85, 139  
 rohe Oberfläche 215  
 Rohlinge 33, 36  
 Rohstoffpreise 101  
 rostfreie Stähle 79  
 Rückdrücker 185  
 Rucksackschieber 177

## S

Schieber 14, 15, 24, 81, 95, 154  
 Schieberbetätigung 16  
 Schieberbreite 163  
 Schieberführung 25, 232  
 Schieber im Schieber 174  
 Schieberkörper 161  
 Schiebersicherung 172  
 Schieber-Werkzeug 15  
 Schilder am Werkzeug 275  
 Schirmanguss 120  
 Schläuche 237  
 Schleifen 300  
 Schlichtbearbeitung 290  
 Schlichtfräsen 289  
 Schließkeil 81  
 Schließkeilfläche 169  
 Schließkraft 71  
 Schmelztemperatur 124  
 Schmierung 163  
 Schnecke 267  
 Schnellverschlusskupplungen 210, 239  
 Schrägbolzen 16, 24  
 schräge Auswerfer 14

- schräglaufernde Kontur-  
auswerfer 231
- schräglaufernder Auswerfer  
18, 19, 178, 184, 187
- Schrägsäule 155, 163, 175
- Schrägsäule mechanisch  
165
- Schraubbewegung 26, 27
- Schrauben 9
- Schraubkappe 23
- Schraubkupplung 23
- Schruppfräsen 289
- Schweißen 278
- Schwenk-Rundtisch 291
- Schwierigkeitsgrad des  
Kunststoffteils 69
- Schwindung 52, 65, 102
- seitliche Öffnung 16
- Selbsthemmung 147
- Senkerodieren 297
- Serienwerkzeug 145
- Server 49
- sichtbare Trennung 98
- Sichtprüfung 240
- Sichtseite 67
- Siegelpunkt 267
- Silikon 55
- Simulation 61, 101, 102,  
294
- Simulationsprogramm 61
- Spannplatte 8, 36
- Spannpratzen 265
- Sperrschieber 38
- Spielpassung 247
- Spindeltrieb 30
- Spiralkern 205
- Spritzdruck 53, 82
- Spritzgießmaschine 1
- Spritzgießwerkzeug 1
- Spritzgrat 71, 269
- Spritzzyklus 5
- Sprudler 204
- Stange auf das Teil 112
- Stauboden 116
- Stecker 237
- Steckverbindung 210
- Steilgewindeantrieb 30
- Steilgewindemutter 30
- Steilgewindespindel 26,  
29, 30, 31
- STEP 48, 50
- STL 51
- T**
- Talkum 53
- Taschengrund 230
- Technologie Drehteller 35
- Technologie Sperrschieber  
38
- Technologie Umsetzen 32
- Temperatur des flüssigen  
Kunststoffes 53
- Temperaturhaushalt 123,  
125, 195, 271
- Temperaturhaushalt des  
Werkzeugs 53
- Temperieranschlüsse 239
- Temperierung 195
- T-Führung 161
- Thermofühler 236
- Tieflochbohrer 302
- TiN-Beschichtung 258
- Toleranzen 10, 57
- tote Ecken 124
- Transportbrücke 238,  
265
- Trennblech 200, 203
- Trennfläche 25
- Trennung 93, 234
- Trennung am Schieber  
158
- Trennungsrand am  
Formeinsatz 97
- Trennungssprung 94
- Tunnelanguss 101, 113
- Tunnel in der Auswurfseite  
114
- Tunnel in der Düsenseite  
114
- Tuschieren 234
- Tuschierfarbe 234
- Tuschierrand 235
- U**
- Übergabedüse 124
- Übergabestelle 40
- Überspritzung 71
- Umlenkelemente 209
- Umschaltpunkt 268
- Umsetzen 32
- USB-Stick 49
- V**
- Vakuum 86, 90, 92, 147
- Vakuumbärten 254
- Vakuumlöten 306
- VDI 3400 216, 297
- Verarbeitungsschwindigkeit  
54
- Verblockungen 155
- verdrängte Luft 135
- Verdrehsicherung 11
- Verhältnis  
– Schrägsäule/Schließ-  
keifläche 167
- Verkrallungen 92
- Verschleiß 281
- Verschließen einer Kühl-  
bohrung 149
- Verschlusnieten 211
- Verschlusstopfen 211
- versetzte Trennung 99
- Verteiler 124
- Verteilerbalken 124
- Verzögerung 175
- Verzug 61, 102
- Verzug bewerten 61
- Vickers 257
- Vision 245
- volumetrisches Füllen 267
- vorausschauende Wartung  
278

**W**

Wandstärke 10, 53, 61, 62  
Wärmeaustausch 196  
Wärmebehandlung 252  
Wärmeleitrohre 207  
Wartungsplan 277, 310  
Wechselkern 152  
weiche Komponente 33, 37  
weiches Material 33  
Weißbruch 89  
Werkzeugarten 5  
Werkzeuge mit beweglichen Elementen 26  
Werkzeug für Gewinde 23  
werkzeuggebundene Maße 57  
Werkzeuggröße 21  
Werkzeug mit beweglichen Elementen 14

Werkzeug mit Drehteller 35  
Werkzeugplan 266  
Werkzeugsicherung 265  
Werkzeugtemperatur 53, 102, 271  
Wiederverwertung 100  
WIG-Schweißen 278  
Wirtschaftlichkeitsrechnung 70, 125

**Z**

Zahnrad 28, 30  
Zahnstange 26, 28, 31  
Zentrierflansch 264  
Zentrierungen 98, 274  
Zentrische Aufspannung 71  
ziehende Auswerfer 179  
Zubringer 40  
Zuhaltekraft 82

Zusammenbau 232  
zusätzliche Entformungsrichtungen 5, 15  
Zusätzliche Zentrierungen 98  
Zwangsentformung 20, 194  
Zwangssteuerung 16, 24, 163  
zwei Aggregate 33  
Zwei-Komponenten-Werkzeug 31  
Zwei-Stufen-Auswerfer 191  
zweite Entformungsrichtung 14  
zwei Trennebenen 38  
Zwischenplatte 8, 12  
Zyklus 33  
zyklusbestimmend 74  
Zykluszeit 270  
Zylinder 164