

Proto Labs Sonderausgabe

# Injection Molding Part Design

FÜR  
**DUMMIES**<sup>®</sup>

## *Auf einen Blick:*

Das Produktdesign optimieren,  
indem Sie den Herstellungsprozess  
im Auge behalten

Erfahren, was die Kosten für Form-  
herstellung in die Höhe treibt und so  
das Projektbudget im Griff haben

Die Sprache des Spritzgusses  
verinnerlichen

**Thom Tremblay**



proto labs®

Real Parts. Really Fast.

Proto Labs ist einer der weltweit führenden Hersteller von kundenspezifischen Teilen für die Prototypfertigung und die schnelle Produktion kleinerer Stückzahlen. Mithilfe eigener Computertechnologie und automatisierter Fertigungssysteme können wir Teile innerhalb eines Werktags nach Erhalt Ihres 3D-CAD-Modells liefern.

Sie benötigen nur ein bis zehn Teile? Das CNC-Verfahren von Proto Labs verwendet für die Teileherstellung eine Reihe von Kunststoff- und Metallmaterialien. Wenn Sie zehn bis 10.000 Teile benötigen, liefert das Verfahren von Proto Labs Teile aus technischen Kunststoffen in kürzester Zeit.

Der Vertrieb und Kundenservice von Proto Labs unterstützt Sie mit Informationen und Hilfestellungen, die Sie für Ihr Projekt benötigen. Wir hoffen, dass dieses Buch viele Ihrer Fragen zum Design von Spritzgussteilen beantwortet. Einige hier enthaltene Informationen beziehen sich speziell auf den Proto Labs-Prozess und auf ein Design, mit dem Proto Labs Ihre Teile schnellstmöglich produzieren kann. Für noch mehr Tipps, Tricks und tiefer gehende Informationen besuchen Sie doch unsere Website. Dort finden Sie eine Vielzahl von Designquellen wie White Papers, Videos und Artikel.

[www.protolabs.de](http://www.protolabs.de)

***Injection Molding Part Design  
für Dummies***

***Proto Labs Sonderausgabe***

***Injection Molding Part Design***

FÜR  
**DUMMIES®**

*Proto Labs Sonderausgabe*

**Thom Tremblay**

**Übersetzung aus dem Amerikanischen von  
Sabine Lambrich**



**WILEY-  
VCH**

**WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**

1. Auflage 2012

© 2012 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Original English language edition *Injection Molding Part Design for Dummies, Proto Labs Special Edition*

© 2011 by Wiley Publishing, Inc.

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form.

This translation published by arrangement with John Wiley and Sons, Inc.

Copyright der englischsprachigen Originalausgabe *Injection Molding Part Design for Dummies, Proto Labs Special Edition* © 2011 by Wiley Publishing, Inc.

Alle Rechte vorbehalten inklusive des Rechtes auf Reproduktion im Ganzen oder in Teilen und in jeglicher Form. Diese Übersetzung wird mit Genehmigung von John Wiley and Sons, Inc. publiziert.

Wiley, the Wiley logo, Für Dummies, the Dummies Man logo, and related trademarks and trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates, in the United States and other countries. Used by permission.

Wiley, die Bezeichnung »Für Dummies«, das Dummies-Mann-Logo und darauf bezogene Gestaltungen sind Marken oder eingetragene Marken von John Wiley & Sons, Inc., USA, Deutschland und in anderen Ländern.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Korrektur: Frauke Wilkens, München

Satz: Mitterweger & Partner, Plankstadt

# Inhaltsverzeichnis



<b>Einführung</b> .....	<b>9</b>
Über dieses Buch .....	10
Törichte Annahmen über den Leser.....	10
Wie dieses Buch aufgebaut ist .....	11
Symbole, die in diesem Buch verwendet werden .....	12
Wie es weitergeht.....	12
<b>Kapitel 1 : Spritzussteile – die Basics</b> .....	<b>13</b>
Die Grundlagen der Spritzgießerei .....	14
Ein Blick auf die Maschine.....	14
Das Formteil fertigen.....	15
Das Design im Auge behalten.....	15
Das Teiledesign im Einzelnen .....	16
Die Sache mit der Form.....	16
Das Angussystem.....	19
Immer cool bleiben.....	24
Formteile für das Proto Labs Verfahren vorbereiten.....	25
ProtoQuote-System .....	25
Größe und Konfiguration der Formteile .....	25
<b>Kapitel 2 : Anforderungen an das Spritzussteil definieren</b> ...	<b>27</b>
Auf Materialsuche.....	27
Den Kunststoff auf die Teilefunktionalität abstimmen .....	28
Kunststoffeigenschaften bedenken .....	29
Mischungen in Betracht ziehen .....	29
Gutes Aussehen.....	31
Seite A: Die Oberfläche.....	31
Seite B: Die Funktion.....	32
Die Details in Angriff nehmen .....	33
»Starke« Wände bauen.....	33
Schräge beziehungsweise Verjüngung.....	35
Die Kurve kriegen .....	38
Teilen, auch wenn es schwerfällt.....	39

In Topform bleiben .....	40
Ins Bodenlose versinken .....	41
Das Werkzeug befüllen.....	42
<b>Kapitel 3 : Auf dem Weg zum perfekten Spritzgussteil . . . .</b>	<b>45</b>
Rippen .....	45
Dome.....	47
Formschrägen.....	49
Die Biege machen.....	50
Ein Gefühl für Strukturen entwickeln .....	50
Und noch einmal zu den Wänden .....	51
Text auf Formteilen.....	53
<b>Kapitel 4 : Jenseits der Form mit geradem Rückzug . . . . .</b>	<b>57</b>
Das Problem seitlich angehen.....	58
Seitenschieber ja, aber wann?.....	59
Die Größe des Seitenschiebers bestimmen.....	59
Mit Verschlüssen arbeiten.....	59
Zwangsentformung anordnen .....	62
Mit Einsätzen und Stiften arbeiten.....	63
Einsätze einsetzen .....	64
Kernstifte anfügen .....	65
Produktivitätsdesign .....	66
Einer für alle: Eine Form für mehrere Teile .....	66
Seitwärts schubsen: Seitenschieber für Formen mit mehreren Hohlräumen .....	66
Spieglein, Spieglein an der Wand.....	67
<b>Kapitel 5 : Spritzgussteilen den letzten Schliff geben . . . . .</b>	<b>69</b>
Farbe bekennen.....	69
Von außen anmalen.....	70
Von innen einfärben .....	70
Das große Finale.....	72

---

<b>Kapitel 6 : Die Top Ten der Proto Labs-Vorteile .....</b>	<b>75</b>
Proto Labs-Know-how .....	75
Zugriff auf Experten und Expertinnen .....	76
Eigene Technologien und Werkzeuge .....	76
Echte Teile in kürzester Zeit.....	77
Bereit für die Serienproduktion .....	78
Verschiedenste Oberflächen .....	78
Fertigung on-demand.....	79
<b>Glossar.....</b>	<b>81</b>



# Einführung



**W**ir leben im Plastikzeitalter. Gebrauchsgegenstände, medizinische Geräte und was es sonst noch für Produkte gibt – alle enthalten Kunststoff. Dieses allgegenwärtige Material formt Bauteile und sorgt dafür, dass Gebrauchsgüter weich und leicht in der Hand liegen.

Das ist ja alles schön und gut. Das Problem dabei ist, dass es ewig dauern kann, bis so ein Kunststoffteil gefertigt ist. Sie müssen nämlich zunächst einmal über das Produktdesign Bescheid wissen. Dann brauchen Sie ein Unternehmen, das das Teil herstellen kann. Und dann müssen Sie noch darauf warten, dass die Produktionsfirma Sie und Ihren Auftrag in ihrem Terminkalender unterbringt. Wenn dann einige Monate ins Land gezogen sind, werden Sie vielleicht feststellen, dass Sie doch nicht so viel vom Kunststoffdesign verstehen, wie Sie gedacht haben. Und noch schlimmer: Manchmal informiert Sie der Teilehersteller zwar über Designfehler, aber erst *nach* Produktion der Form. (Mit etwas Glück handelt es sich beim Hersteller der Form und des Formteils um dieselbe Firma. Dann geht das Anpassen der Form vielleicht etwas schneller. Aber egal wer es macht, Sie werden die Kosten tragen müssen.)

Ein Furcht einflößendes Szenario, oder? Vielleicht suchen Sie sich doch besser einen Holzschnitzer, der Ihnen die perfekte Form schnitzt. Oder Sie lesen einfach weiter.

## *Über dieses Buch*

*Injection Molding Part Design für Dummies*, Proto Labs Sonderausgabe, gewährt Ihnen einen Einblick in den Proto Labs-Prozess, mit dem Sie Kunststoffteile nicht etwa innerhalb von Wochen, sondern innerhalb von sage und schreibe einem Tag erhalten können. Im vorliegenden Buch erfahren Sie, was Sie beim Teiledesign beachten sollten, damit die Teile einfacher und effizienter hergestellt werden können. Das Buch gibt sogar Designoptionen preis, mit deren Hilfe selbst komplexe Teile blitzschnell produziert werden können. Und wem das noch nicht genug ist, der kann sich in den Materialienüberblick vertiefen und erfahren, wie man Teilen ohne hohen Kosten- und Zeitaufwand ein edles Aussehen verleiht.

## *Törichte Annahmen über den Leser*

Technische Abteilungen, aber auch Privatpersonen haben inzwischen Zugriff auf Design-Tools, die denen, die es noch vor ein paar Jahren gab, um Lichtjahre voraus sind. Wenn Sie ein Teil in 3-D auf dem Bildschirm eines Computers anzeigen, können Sie es sich besser vorstellen und beurteilen, was im Design berücksichtigt werden muss. Das ist eine Hilfe, um sicherzugehen, dass das Teil in der realen Welt hergestellt werden kann und funktionsfähig ist. Die Herausforderung dabei sind die Kenntnisse im Design von Kunststoffteilen. Denn nur mit ausreichendem Hintergrundwissen können Sie die Möglichkeiten dieser Design-Tools voll ausschöpfen.

Dieses Buch geht davon aus, dass Sie Zugriff auf Design-Tools haben. Ferner unterstellt es, dass es bereits ein Design gibt und dass Sie nicht über die Möglichkeiten verfügen, das zukünftige Teil selbst herzustellen.

## Wie dieses Buch aufgebaut ist

Dieses Buch besteht aus sechs Kapiteln. Jedes Kapitel ist in sich abgeschlossen und kann daher für sich allein stehen. Das heißt, Sie müssen das Buch nicht von vorn bis hinten durchlesen. Nehmen Sie sich die Freiheit und greifen Sie abhängig von Ihren Vorkenntnissen das Kapitel und das Thema heraus, das Sie aktuell am meisten interessiert.

- ✔ **Kapitel 1: Spritzgussteile – die Basics** Kapitel 1 führt Sie – wie die Überschrift vermuten lässt – in das Thema ein. Es stellt ein paar wichtige Fachtermini vor und gibt einen Überblick über den Herstellungsprozess eines Spritzgussteils.
- ✔ **Kapitel 2: Anforderungen an das Spritzgussteil definieren** Der Schwerpunkt dieses Kapitels liegt auf der Funktionalität des Teils. Die Aufgaben, die es erfüllen soll, haben Einfluss auf das Material, die Oberflächenbeschaffenheit und sogar auf den Designansatz. In diesem Kapitel werden außerdem ein paar komplexere Konzepte – Materialauswahl, Formschräge und abgerundete Ecken – vorgestellt.
- ✔ **Kapitel 3: Auf dem Weg zum perfekten Spritzgussteil** In diesem Kapitel dreht sich alles um Designüberlegungen zur Form, die Sie für die Herstellung des Teils brauchen. Hier finden Sie alles, was wichtig für die Form ist, Rippen, Wände, Dome und Elemente für die Oberfläche des geplanten Teils, beispielsweise Struktur und sogar Text.
- ✔ **Kapitel 4: Jenseits der Form mit geradem Rückzug** Wenn Sie befürchten, dass das von Ihnen geplante Teil für eine schnelle Herstellung zu kompliziert ist, dann sind Sie in diesem Kapitel genau richtig. Hier erfahren Sie, wie auch komplexere Merkmale beim Spritzgießen realisierbar sind, und Sie werden sehen: Wenn ein Verfahren nicht funktioniert, gibt es meist ein anderes, mit dem Sie Ihre Teilverstellungen verwirklichen können.
- ✔ **Kapitel 5: Spritzgussteilen den letzten Schliff geben** In Kapitel 5 geht es um die wichtigen Themen der Farbgebung und der Oberflächenbehandlung. Es ist wichtig, dass Sie wissen, was alles möglich ist. Denn nur so wird das geplante Teil auch wirklich so gut aussehen, wie Sie es sich erträumt haben.

✓ **Kapitel 6: Die Top Ten der Proto Labs-Vorteile** Und dann gibt es da noch die berühmten Top Ten – eine . . . für *Dummies*-Tradition, die wir Ihnen nicht vorenthalten wollen. Dieses Kapitel zeigt, wie das Zusammenwirken von Fachwissen, Erfahrung und Technologie dafür sorgt, dass Sie geplante Formteile schnell und effektiv produzieren lassen können – mit dem Spritzgussverfahren von Proto Labs: Proto Labs.

## *Symbole, die in diesem Buch verwendet werden*

Die folgenden Symbole finden Sie am Rand neben dem Text. Sie sind strategisch günstig platziert, damit Sie auf einen Blick sehen können, was Sie lesen sollten und was vielleicht doch eher nicht.



Hier erhalten Sie eine kleine Extraportion Informationen zu einem Thema. Oder es wird eine weitere Vorgehensweise vorgestellt. Oder Sie erfahren irgendetwas Neues, das Ihnen das Leben beim Designen von Teilen erleichtert.



Hier stehen Informationen, die Sie sich merken sollten. Sie werden sie bestimmt bald wieder brauchen.



Hier wird es ernst! Lesen Sie diese Informationen, wenn Sie weder Zeit noch Geld verlieren und keine defekten Teile riskieren wollen.

## *Wie es weitergeht*

Krempeln Sie die Ärmel hoch, atmen Sie tief durch und los geht's.

Wenn Sie nicht sicher sind, wo Sie beginnen wollen, werfen Sie einen Blick ins Inhaltsverzeichnis. Aber da der Proto Labs-Ansatz zum Spritzgießen von Kunststoffteilen so einzigartig ist, lohnt es sich wirklich, das Buch von vorn bis hinten durchzulesen.

Schlimmstenfalls können Sie einfach nicht mehr mit dem Lesen aufhören. Ich bin gespannt, ob Sie das Proto Labs-Verfahren genauso interessant und spannend finden werden wie ich.

## Kapitel 1

---

# Spritzgussteile – die Basics

.....

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Die Grundlagen des Spritzgießens kennenlernen
  - ▶ Spritzgussteile fertigen
  - ▶ Teile für das Spritzgießen vorbereiten
- .....

**E**gal wohin Sie schauen, Gegenstände aus Kunststoff finden Sie überall. Und die meisten setzen sich aus mehreren einzelnen Kunststoffteilen zusammen. Die Hersteller von Kunststoffteilen können auf eine lange, erfolgreiche Geschichte zurückblicken. Die Verfahren wurden ständig verbessert und heutzutage werden diese Formteile im Handumdrehen und in optimaler Qualität produziert. Wenn Sie dieses Büchlein lesen, planen Sie wahrscheinlich die Herstellung von Kunststoffteilen und sind auf der Suche nach einfachen und effektiven Verfahren.

Die meisten Kunststoffteile werden in einem Verfahren mit der Bezeichnung *Spritzguss* oder *Spritzgießen* hergestellt, bei dem geschmolzener Kunststoff in einen offenen Bereich einer Maschine, in die sogenannte *Form* (auch *Werkzeug* genannt), eingespritzt wird. Die Bezeichnung »Spritzgießen« ist mit Sicherheit keine kreative Wortschöpfung. Das Verfahren ermöglicht aber die Umsetzung kreativer Ideen in reale Formteile. Wenn Sie verstehen, wie das Spritzgießen funktioniert, wird es einfacher, die Teile für diesen Prozess zu entwickeln. Und genau diese Informationen erhalten Sie in diesem Kapitel.

## Die Grundlagen der Spritzgießerei

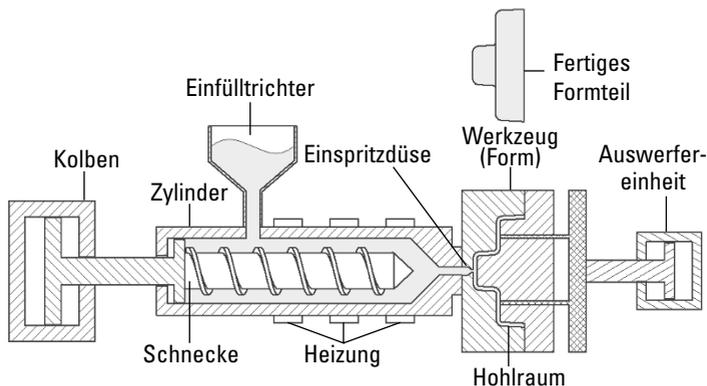
Wenn man einmal von den komplexen wissenschaftlichen Fakten absieht, die mit dem Spritzgießen verbunden sind, kann man den Prozess in wenige grundlegende Schritte aufteilen:

1. **Kunststoffgranulat schmelzen**
2. **Plastifizierten Kunststoff in die Form einspritzen**
3. **Gegossenes Teil auskühlen lassen**
4. **Fertiges Teil aus der Form lösen**

Im vorliegenden Abschnitt erhalten Sie einen Überblick über diese Schritte. Detaillierter wird es dann im Abschnitt »Das Teiledesign im Einzelnen« am Ende dieses Kapitels.

### Ein Blick auf die Maschine

Um zu verstehen, wie das Spritzgießen funktioniert, müssen Sie sich mit dem dafür benötigten Equipment, der Spritzgießmaschine (manche sagen auch Spritzgussmaschine), beschäftigen (siehe Abbildung 1.1).



**Abbildung 1.1:** Schematische Darstellung einer klassischen Spritzgießmaschine

## Das Formteil fertigen

Das Spritzgießverfahren beginnt mit dem Einfüllen des Kunststoffgranulats in den Fülltrichter der Spritzgießmaschine (siehe Abbildung 1.1). Dort wird das Granulat mithilfe einer Mischung aus Wärme und Druck geschmolzen. Die Wärme wird von den elektrischen Heizbändern außen am Zylinder geliefert. Und der Druck wird von einer Schnecke mit variabler Steigung im Zylinder erzeugt.

Die Schnecke befördert das Granulat vom Zylinderende in Richtung Form. Der Kolben erzeugt den Druck, mit dem der Kunststoff in das Werkzeug gepresst wird. Das kann man sich ungefähr so wie bei den hydraulischen Zylindern von Baumaschinen vorstellen. Sobald das geschmolzene Granulat weich genug ist, presst der Kolben die Schnecke vorwärts, was wiederum das geschmolzene Granulat durch eine kleine Düse in den Hohlraum der Form drückt. Und dort nimmt das Formteil Gestalt an.

Ist die Form gefüllt, lässt man sie abkühlen.

Ist der Kunststoff abgekühlt und das Teil gehärtet, wird die Form geöffnet und das Teil herausgedrückt.

## Das Design im Auge behalten

Die Hauptarbeit beim Designen eines Spritzgussteils konzentriert sich auf das, was zwischen diesen beiden Punkten stattfindet:

- Wenn der Kolben vorwärts drückt.
- Wenn die Form geöffnet wird, um das Teil auszuwerfen.

Der Großteil dieses Buches befasst sich damit, wie Sie sicherstellen können, dass das, was aus der Form herauskommt, auch wirklich das ist, was Sie haben wollen. Behalten Sie also bei der Teileentwicklung stets die Form im Auge. Dann sind Sie in der Lage, hochwertige Formteile kostengünstig zu produzieren.



Gelingt es Ihnen, mit einem Prototypwerkzeug hochwertige Teile in geringer Stückzahl zu erzeugen, können Sie sicher sein, dass Sie später Millionen dieser Teile mit derselben hohen Qualität in

Serie produzieren werden. Sie können außerdem ungemein viel Entwicklungszeit sparen, wenn Sie wissen, wie das Teil weiterverwendet wird. Denn dann können Sie verschiedene Ansätze ausprobieren.



Seien Sie nicht erschüttert, wenn Sie gebeten werden, kleinere Änderungen an einem Teil vorzunehmen. Auftraggeber fordern diese nicht mal so eben ohne guten Grund. Die Zusammenarbeit mit erfahrenen Leuten kann Ihnen auf lange Sicht nur Vorteile bringen.

## Das Teiledesign im Einzelnen

Im vorherigen Abschnitt haben Sie die vier grundlegenden Schritte für das Spritzgießverfahren kennengelernt. Aber da steckt noch viel mehr dahinter. Wenn Sie vorhaben, Formteile herstellen zu lassen, sollten Sie die Verfahrensdetails kennen und Ihre Aufmerksamkeit auf ein paar Feinheiten konzentrieren, die es beim Designen von Formteilen zu beachten gilt. Beginnen wir also gleich mit der Detailarbeit.

### Die Sache mit der Form

Kein Spritzgussteil ohne Spritzgussform! Es ist sehr wichtig, dass Sie sich Gedanken darüber machen, wie die Form hergestellt wird, wie sie funktioniert und wie Sie das bestmögliche Teil aus ihr herausbekommen.

Eine Form beziehungsweise ein Werkzeug verfügt über viele Komponenten. Zunächst sieht sie beziehungsweise es wie eine Reihe ineinandergreifende Metallplatten aus – und seltsamerweise ist es genau das, was eine Form ausmacht. Die einzelnen Platten haben allerdings verschiedene Funktionen und machen für ihre Herstellung ein erstaunliches Geschick erforderlich.

#### Formen mit geradem Rückzug

Es gibt verschiedenste Formen. Am häufigsten werden Sie wohl auf die *Form mit geradem Rückzug* treffen. Diese Form besteht aus mindestens zwei Stahl- oder Aluminiumhälften. Diese werden mit einer mechanischen Klammer oder mittels hydraulischen

Drucks zusammengehalten, während der Kunststoff eingespritzt wird. Ist der Kunststoff ausreichend abgekühlt, erfolgt – Überraschung! – der direkte Rückzug, das heißt, die Werkzeughälften werden gerade auseinandergezogen.



Sie können die Form auch mit sogenannten *Seitenschiebern* versehen, um Öffnungen an den Seitenteilen oder komplexere Eigenschaften zu erstellen. Mithilfe von Seitenschiebern ist es einfacher, kompliziertere Teile mit einem einfachen Basiswerkzeug zu produzieren.

### ***Formen mal anders gesehen***

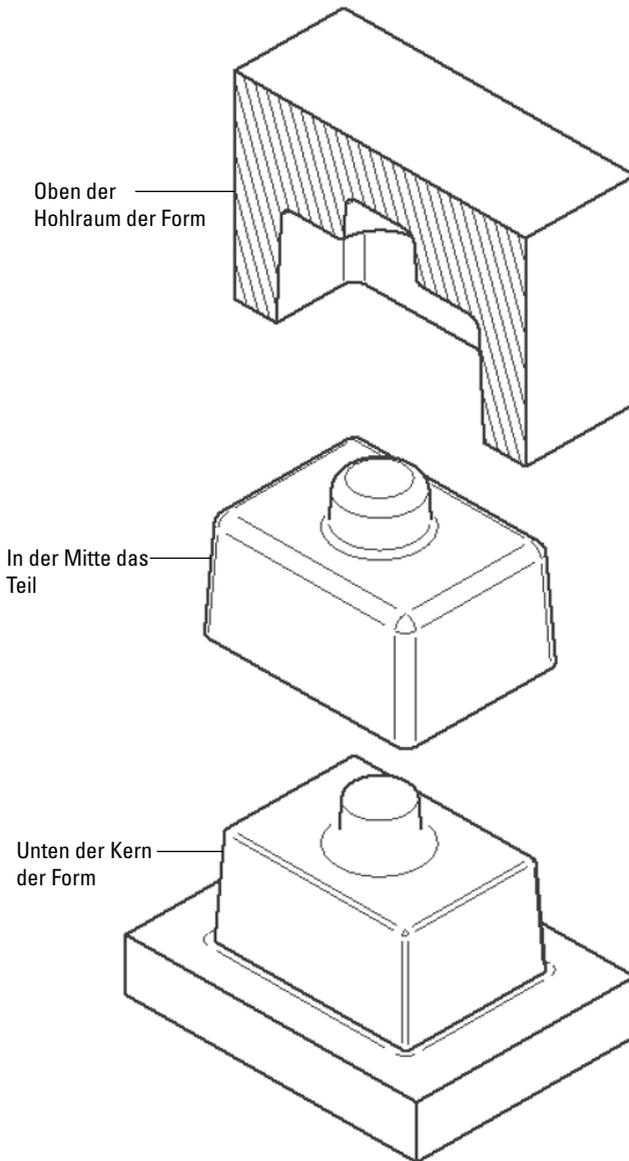
Sie können sich die beiden Formhälften auch folgendermaßen vorstellen: Die beiden Hälften werden in der Regel mit Seite A und Seite B bezeichnet. Erinnern Sie sich noch an die guten alten Vinylschallplatten? Da gab es auch eine Seite A und eine Seite B. Meistens erhält Seite A die größere Aufmerksamkeit, während Seite B die interessantere Seite ist. Die zwei Seiten einer Form umgeben einen Raum, den sogenannten *Hohlraum*.

### ***Den Kern vom Hohlraum unterscheiden***

Das Zentrum dieser ganzen Formgeschichte bilden die beiden Hälften, die den Hohlraum, in den der geschmolzene Kunststoff fließt, und sein Negativ bilden (siehe Abbildung 1.2).

Die beiden Hälften stellen zum einen den Kern und zum anderen den Hohlraum der Form dar und sie funktionieren folgendermaßen:

- ✓ **Kern:** Der *Kern* stellt in der Regel das Innere des zukünftigen Teils dar, das nicht kosmetisch bearbeitet werden kann. Die Kernseite enthält außerdem den Auswerfermechanismus, mit dem das fertige Teil aus der Form gedrückt wird.
- ✓ **Hohlraum:** Der *Hohlraum* ist der leere Raum in der Form, der mit dem flüssigen Kunststoff gefüllt wird. Der Kunststoff fließt von der Hohlraumseite in die Form. Diese Hälfte ist also für die eigentliche Silhouette des zukünftigen Teils zuständig und kann nachbehandelt werden.



**Abbildung 1.2:** Ein Teil zwischen Kern und Hohlraum

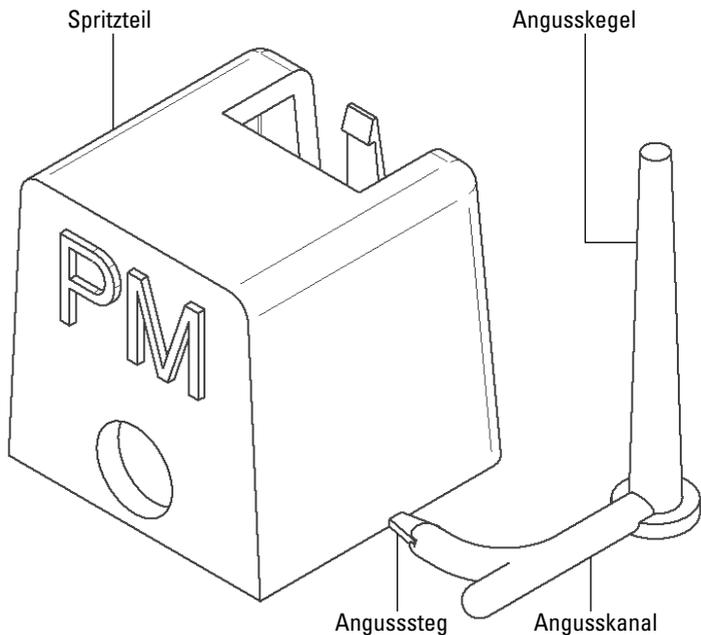


Um in den Genuss aller Vorteile zu kommen, die das Proto Labs-Verfahren zu bieten hat, ist es wichtig, dass Sie sich auf das Teiledesign konzentrieren und die Richtlinien in diesem Buch beachten.

## Das Angussystem

Wie weiter vorn im Abschnitt »Das Formteil fertigen« beschrieben, wird die plastifizierte Formmasse aus der Schneckenpresse in die Form gespritzt. Dabei muss sie durch eine Reihe von Kanälen, durch das sogenannte Angusskanalsystem (siehe Abbildung 1.3). Dieses Kanalsystem besteht aus verschiedenen Kanalsegmenten – Angusskegel, Angusskanal und Angusssteg.

Die Definition des Angusskanalsystems stellt eine echte künstlerische Herausforderung beim Formdesign dar. Es muss zum einen sichergestellt werden, dass die Masse gleichmäßig fließt, und zum anderen, dass der gesamte Hohlraum gefüllt wird – und



**Abbildung 1.3:** Das Angusskanalsystem leitet den plastifizierten Kunststoff in den Hohlraum, der wiederum das Spritzteil formt.

zwar korrekt gefüllt wird. Und das sind Ansprüche, die selbst Raketenforscher nervös werden lassen.

Das Angussystem (nein, kein Angussteak) ist also dafür zuständig, dass die Form befüllt wird, nicht zu langsam, aber auch nicht zu schnell. Außerdem muss das System dafür sorgen, dass der Druck weder zu hoch noch zu niedrig ist. Die Definition des Angussystems findet in der Regel während des Formdesigns statt.

Wenn Sie schon einmal ein Modellauto oder ein Modellflugzeug zusammengebaut haben, kennen Sie bereits ausgezeichnete Beispiele für ein Angussystem, nämlich die Teile, mit denen die einzelnen Modellkomponenten verbunden werden.

- ✔ **Angusskegel:** Der *Angusskegel* – auch Angusszapfen oder Angussstange genannt – übernimmt die Formmasse direkt von der Düse. Er ist meist größer als die übrigen Kanäle, da er die gesamte Kunststoffmasse für das Spritzteil durchleiten muss. Im Fall des Modellflugzeugs ist der Angusskegel der dickste Zylinder, von dem alle anderen Kunststoffteile abzweigen.
- ✔ **Angusskanal:** Die *Angusskanäle* sind mit dem Angusskegel verbunden und verteilen den Kunststoff über die Fläche, an der sich die beiden Formhälften treffen. Im Auto-beziehungsweise Flugzeugmodellbau sind dies die kleinen Pins, die an allen Teilen entlanglaufen und vom dicken Zylinder aus verzweigen.
- ✔ **Angusssteg:** Die Angusskanäle sind mit den *Angussstegen*, auch *Anschnitte* genannt, verbunden, die den Kunststofffluss in den Hohlraum steuern (mehr hierzu im nächsten Abschnitt). Im Modellbau ist der Angusssteg dort, wo das Bauteil abbricht, wenn Sie es verdrehen.



Selbstverständlich wollen Sie nicht, dass Andere das fertiggestellte Spritzgussteil mit dem daran befestigten Angussystem zu sehen bekommen. Sie können das System vom fertigen Teil trennen, es gebührend bewundern und anschließend recyceln, indem Sie es wieder zu Granulat zerkleinern und erneut durch die Spritzgießmaschine jagen, um damit das nächste Teil zu formen – ein echter polymerer Lebenszyklus.

Nach dem Erstellen des Angusskegels und der Angusskanäle müssen Sie sich an die Herstellung der *Angussstege* machen, den Verbindungen zwischen den Kanälen und dem Hohlraum der Form. Die Stege gibt es in verschiedensten Gestalten und auch für den Transport der Kunststoffmasse über die Stege gibt es die unterschiedlichsten Verfahren.



Es ist ungeheuer wichtig, die Stege korrekt zu positionieren. Wenn das fertige Spritzgussteil so aussehen soll, wie Sie es sich vorgestellt haben, muss sichergestellt sein, dass der Kunststoff in alle Bereiche des Hohlraums fließt. Wenn die Stege nicht korrekt platziert sind, wird dies auf keinen Fall gelingen.

Im Folgenden werden ein paar Steg- beziehungsweise Anschnittvarianten vorgestellt, die Sie vielleicht interessieren könnten:

- ✔ **Seitenanschnitt:** Im Fall von *Seitenanschnitten* wird der Kunststoff an der Seitenwand des Hohlraums eingespritzt (siehe Abbildung 1.4). Dabei bleiben der Kanal und das Spritzteil nach Fertigstellung zunächst miteinander verbunden. Diese Verbindung kann abschließend ganz einfach getrennt werden. Es bleibt aber an der Seite ein kleiner Makel übrig, der sogenannte *Anschnittrest*. Wenn Sie absolut saubere Teilesseiten benötigen, steht eine Reihe anderer Anschnitttypen zur Verfügung:
- ✔ **Tunnelanschnitt:** Beim Einsatz von *Tunnelanschnitten* (auch *Abscheranschnitte* genannt) wird der Kunststoff über eine Öffnung in den Hohlraum gespritzt, die in den Kern der Form geschnitten wird und in den Spritzling mündet (siehe Abbildung 1.5).
- ✔ **Anschnitt über Auswerfer:** *Anschnitte via Auswerfer* (siehe Abbildung 1.6) ermöglichen das Einspritzen des Kunststoffs an der Formrückseite. Das Ganze passiert über die Auswerferstifte (siehe den nächsten Abschnitt). Nachteil: Der Auswerfer drückt den Kunststoff aus der Öffnung und dieser bleibt am Formteil kleben. Bei Bedarf kann dieser überflüssige Kunststoff entfernt werden.

✓ **Thermischer Anschnitt:** Im Fall von *thermischen Anschnitten* (auch *Hot-Tip-Anschnitte* genannt) ist der Angusskegel direkt mit dem Formteil verbunden. Eine Düse wird in den Hohlraum gesteckt. Diese wird erwärmt, sodass das Formteil nicht an der Düse kleben bleibt. Man benötigt außerdem im Formteil eine Kalotte, damit der Kunststoff optimal fließen kann. Bei diesem Anschnitttyp wird fast kein Kunststoff verschwendet.

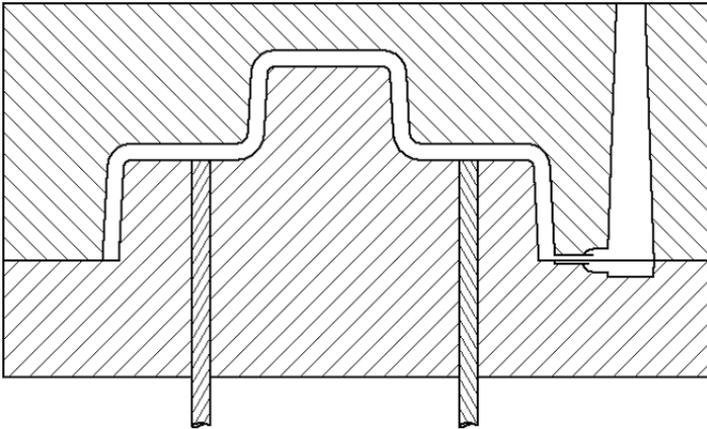


Abbildung 1.4: Seitenanschnitt

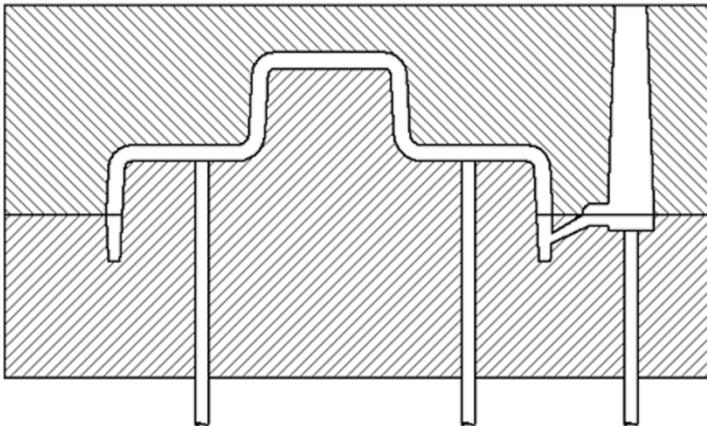


Abbildung 1.5: Ein Tunnelanschnitt wird automatisch beim Auswerfen des Teils abgeschnitten.

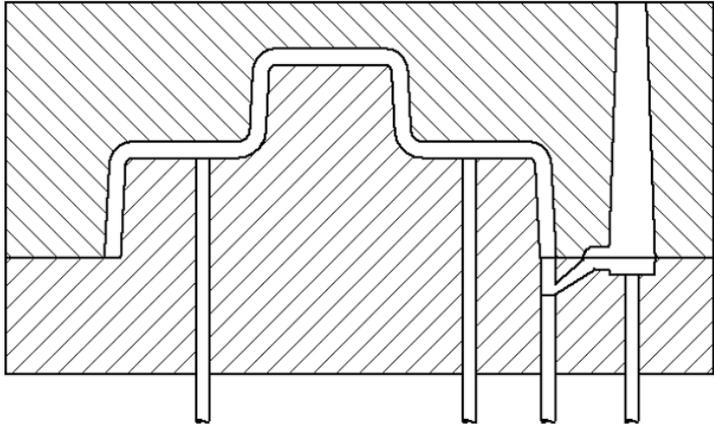


Abbildung 1.6: Anschnitt über Auswerfer

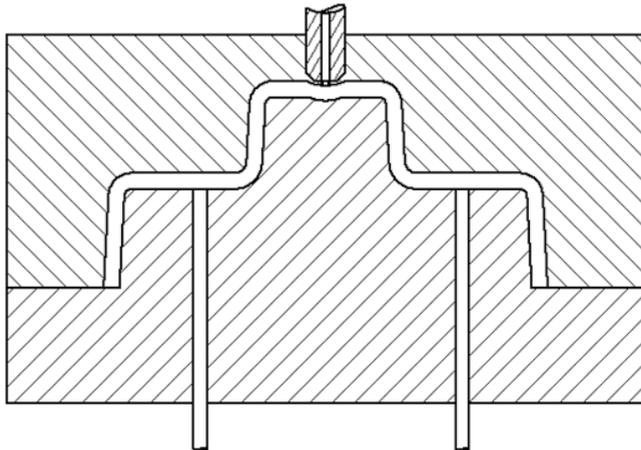


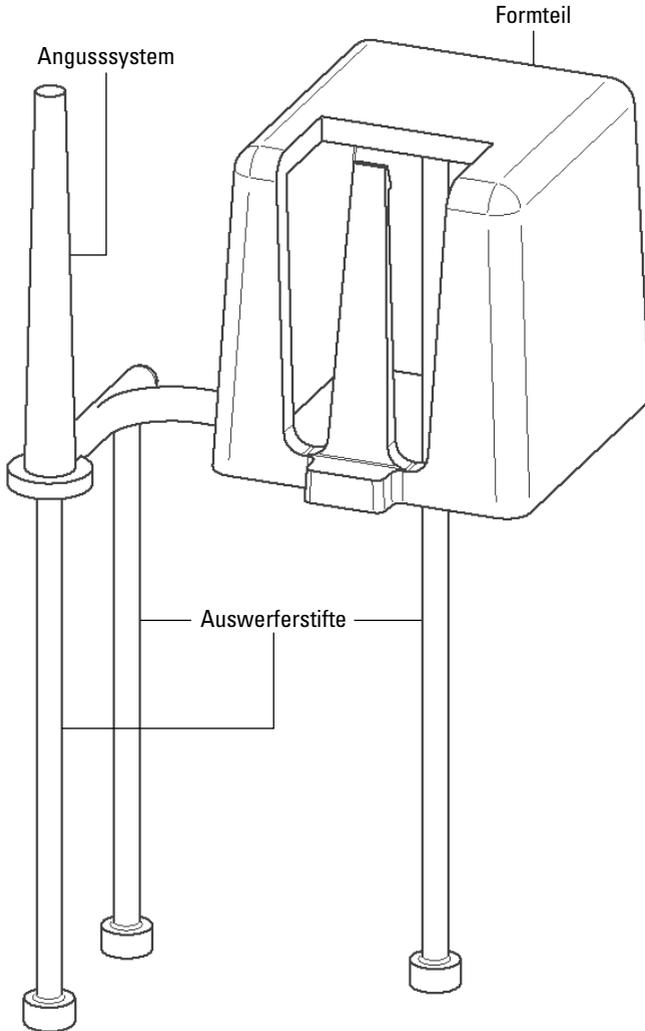
Abbildung 1.7: Thermischer Anschnitt



Sie müssen viel Denkarbeit in den Entwurf des Hohlraums, des Angussystems und die Anschnittpositionierung stecken. Egal ob Sie nur eine geringe Stückzahl produzieren oder in Serienproduktion gehen wollen, mit einem schlechten Formentwurf können keine hochwertigen Formteile erstellt werden. Eine solche Form ist also wertlos.

## Immer cool bleiben

Da das Werkzeug die Kunststoffwärme ein bisschen zu gut hält, muss es mit Wasser gekühlt werden. Nur so erkaltet das Spritzgussteil schneller. Ist das Formteil schließlich abgekühlt



**Abbildung 1.8:** Mithilfe von Auswerferstiften wird das Formteil aus der Form geworfen.

und ausgehärtet, kann die Form geöffnet werden. In der Regel wird das Formteil mithilfe von *Auswerferstiften* aus der Form entfernt (siehe Abbildung 1.8).



Wenn Sie die Form zu früh öffnen, ruinieren Sie das Formteil. Alles umsonst!

## ***Formteile für das Proto Labs Verfahren vorbereiten***

Damit das Proto Labs-Spritzgussverfahren bei Ihnen zum Einsatz kommen kann, sollten Sie ein paar weitere Faktoren bei der Planung des Teiledesigns berücksichtigen. Und was genau ist nun dieses Proto Labs-Verfahren? Ich bin froh, dass Sie fragen.

### ***ProtoQuote-System***

Das Proto Labs-Verfahren wird mit einem automatisierten Angebotssystem begonnen. Dort können Sie die gewünschten Optionen auswählen und Preisinformationen einholen. Anschließend nimmt Proto Labs Ihr CAD-Modell als Basis und bastelt daraus in Windeseile eine Form. Und mithilfe dieser Form kann Proto Labs Ihre gewünschten Spritzgussteile quasi sofort produzieren.

### ***Größe und Konfiguration der Formteile***

Damit ein Kunststoffteil schnell produziert werden kann, müssen Sie ein paar Dinge festsetzen, zum Beispiel die Größe der Form und die Menge an Kunststoff, die in die Form passt.

Die genaue Größenberechnung eines Teils kann kompliziert sein. Das Angebotssystem von Proto Labs bestimmt automatisch die benötigte Größe für das Werkzeug und gibt an, ob diese Größe die maximal mögliche Größe für diesen Prozess übersteigt.



Jetzt wissen Sie in etwa, wie man Kunststoff in Form bringt. Bevor Sie sich in die Details zum Thema Kunststoffteile-Design stürzen, müssen Sie wissen, wie ein Teil möglichst einfach gehalten wird und trotzdem seinen Job korrekt erledigt (siehe Kapitel 2).

### ***Klasse statt Masse***

Beim Entwurf von Formteilen ist es manchmal wünschenswert, die Masse möglichst klein zu halten. Hierzu ein paar Gedanken:

- ✓ Die Stärke der Wände, die Größe, das Volumen und die Menge an gefüllten Bereichen – diese Faktoren können dazu führen, dass sich ein Teil in unerwünschter Weise verzieht.
- ✓ Vielleicht müssen Rippen oder sonstige Verstärkungen hinzugefügt, entfernt oder neu positioniert werden, damit das Teil einfacher herzustellen ist.

## Kapitel 2

# Anforderungen an das Spritzgussteil definieren

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Den perfekten Kunststoff auswählen
- ▶ Die Formteile verschönern (oder auch nicht)
- ▶ Sich um die Details kümmern
- ▶ In Topform bleiben

**W**elche Aufgaben wird das Kunststoffteil erfüllen müssen? Wird es als Behältnis für ein Endverbraucherprodukt dienen, das die Leute stundenlang halten werden? Wird es ein Bauelement auf einer Platine sein, das nie jemand zu Gesicht bekommen wird? Die Funktion hat bei jedem Spritzgussteil Auswirkungen auf seine Geometrie, auf seine Oberflächenbehandlung und sogar auf das Design des Werkzeugs, das das Teil wiederum formt.

Dieses Kapitel hilft Ihnen bei der Definition der Anforderungen an das zukünftige Spritzgussteil, was Ihnen wiederum beim Teiledesign weiterhilft.

## *Auf Materialsuche*

Bevor Sie sich um die Geometrie eines Kunststoffteils kümmern können, müssen Sie wissen, welchen Kunststoff Sie verwenden wollen.

Kunststoffmaterialien gibt es in Hülle und Fülle. Sie können Kunststoffe mit anderen Füllstoffen bzw. Additiven kombinieren,

um dem Kunststoff bestimmte Eigenschaften zu verleihen. All diese Materialien verändern sich nach dem Einspritzen in die Form. Beim Abkühlen schrumpfen sie und nehmen ihre physikalischen (*mechanischen*) Eigenschaften an. Mehr zu diesem Schrumpfen finden Sie im Abschnitt »In Topform bleiben« weiter hinten in diesem Kapitel.

## Den Kunststoff auf die Teilefunktionalität abstimmen

Wie können Sie wissen, welcher Kunststoff am besten für ein bestimmtes Formteil geeignet ist? Zum einen müssen Sie wissen, welche Aufgaben für das Teil vorgesehen sind, und zum anderen sollten Sie die folgenden Punkte in Ihre Überlegungen einbeziehen:

- ✔ **Mechanische Teileeigenschaften:** Hierzu gehören die Festigkeit bei normalen und hohen Temperaturen sowie die Schlagfestigkeit.  
Erfordert das Teil beispielsweise eine geringe Festigkeit bei Raumtemperatur und eine hohe Schlagfestigkeit, dann steht eine Reihe von Kunststoffen in unterschiedlichen Kategorien zur Verfügung.
- ✔ **Kunststoffeigenschaften:** Hierzu gehören die Formbeständigkeit beim Abkühlen und die Fließigenschaften, damit auch jeder Winkel der Form gefüllt werden kann. Das schränkt das in Frage kommende Material schon beträchtlich ein.
- ✔ **Besondere Betrachtungen:** Das zukünftige Formteil macht unter Umständen weitere Überlegungen erforderlich – FDA-Zertifizierung ja/nein, UL-Anforderungen, wenn ja, welche –, die die Auswahl zusätzlich einschränken.
- ✔ **Kosten:** Ist der für das Formteil am besten geeignete Kunststoff zu teuer oder liegen andere Einschränkungen vor, ist eine Designanpassung eine Überlegung wert, damit das Teil aus einem anderen Kunststoff hergestellt werden kann.
- ✔ **Verstärkungsfasern:** Ist zusätzliche Festigkeit erforderlich, können Sie dem Kunststoff verschiedenste Fasern beim Schmelzen in der Schnecke (siehe Kapitel 1) beimengen.

Diese Fasern werden zusammen mit dem Kunststoff in die Form gespritzt. Die Fasern passen sich dem Fluss des Kunststoffmaterials an und verstärken somit das Teil, wie Stahlträger Beton verstärken.



Das Hinzufügen von Fasern stellt erhöhte Ansprüche an das Werkzeugdesign, ermöglicht aber für tragende Teile unter Umständen den Einsatz von Kunststoff anstelle von Metall.

Für jeden Materialtyp gibt es Regeln und Richtlinien in Bezug auf die kleinstmögliche geometrische Größe, die korrekt gefüllt werden kann. Die Zusammenarbeit mit den Experten von Proto Labs und die Nutzung dieser Richtlinien erleichtern die Vorbereitung für eine blitzschnelle Teileproduktion. Ist ein wichtiger Bereich zu klein für einen bestimmten Kunststoff, erhalten Sie von Proto Labs Mittel, die Sie bei der Wahl eines passenden Werkstoffes unterstützen.

Dieser Abschnitt gibt Hilfestellung bei der Suche nach dem Kunststoff, der optimal zu Ihrem Produkt passt.

## ***Kunststoffeigenschaften bedenken***

Tabelle 2.1 zeigt einige Eigenschaften von häufig verwendeten Kunststoffen, von denen Sie vielleicht schon gehört haben.

## ***Mischungen in Betracht ziehen***

Das Material stellt Ihr zukünftiges Formteil dar. Es ist also unbedingt erforderlich, dass es alle Anforderungen erfüllt, die an das Formteil gestellt werden. Und was tun, wenn es keinen Standardwerkstoff gibt, der allen Anforderungen gerecht wird? Dann sollten Sie sich auf die Suche nach einer passenden Kunststoffmischung machen.

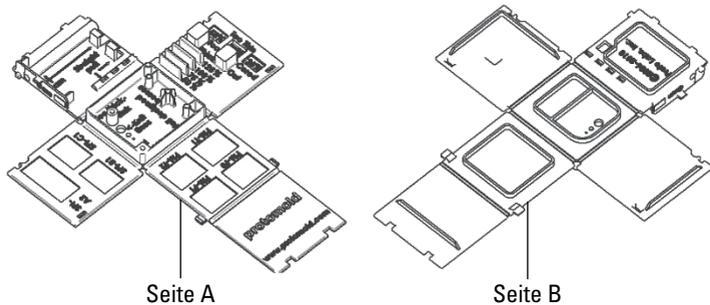
Wie Sie Tabelle 2.1 entnehmen können, ist eine Verbindung aus Polycarbonat und ABS fester und kann die Größen besser einhalten als die jeweils einzelnen Werkstoffe.

Werkstoff	Festigkeit	Schlagfestigkeit	Größeneinhaltung	Befüllung kleiner Detailbereiche	Leistung bei hoher Werkzeugtemperatur	Kosten
Acetal	Mittel	Mittel	Akzeptabel	Akzeptabel	Akzeptabel	Mittel
Acryl	Mittel	Niedrig	Gut	Akzeptabel	Gut	Mittel
ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)	Mittel/niedrig	Hoch	Gut	Akzeptabel	Gut	Niedrig
HDPE (Polyethylen mit hoher Dichte)	Niedrig	Hoch	Akzeptabel	Ausgezeichnet	Gut	Niedrig
PC (Polycarbonat)	Mittel	Hoch	Gut	Akzeptabel	Gut	Mittel/hoch
Polycarbonat/ABS-Legierung (PC/ABS)	Mittel	Hoch	Gut/ausgezeichnet	Akzeptabel	Gut	Mittel
PP (Polypropylen)	Niedrig	Hoch	Akzeptabel	Ausgezeichnet	Gut	Niedrig
PS (Polystyrol)	Mittel/niedrig	Niedrig	Gut	Gut	Gut	Niedrig

*Tabelle 2.1: Eigenschaften häufig verwendeter Kunststoffe*

## Gutes Aussehen

Als Nächstes müssen Sie sich entscheiden, wie sauber ausgearbeitet Ihr Produkt werden soll. Teile, die nie ein Mensch zu Gesicht bekommen wird, müssen keine Augenweide darstellen und können sich daher mehr optische Makel erlauben, als es im Fall von sichtbaren (*kosmetischen*) Teilen erlaubt ist. Abbildung 2.1 zeigt die verborgene Seite B eines Kunststoffteils. Diese Seite sorgt dafür, dass das Teil funktioniert. Zu seinem Äußeren trägt sie eher wenig bei.



**Abbildung 2.1:** Präzise Konturen und feine Kanten stellen erhöhte Anforderungen an die Form dar.



Damit Seite A eines kosmetischen Teils gut aussehen kann, müssen Sie reichlich Überlegungen und Arbeit in Seite B des Teils stecken.

## Seite A: Die Oberfläche

In der Regel stellt Seite A eines Teils die sogenannte kosmetische Seite dar. Bei Seite B steht die Kosmetik eher im Hintergrund. Bei Formteilen mit einem »Inneren« und einem »Äußeren«, beispielsweise einem Gehäuse, kann man dies leichter auseinanderhalten. Es gibt aber auch genügend Teile, zum Beispiel eine Linse, bei denen beide Seiten kosmetischer Natur sind oder bei denen es mit der Optik bei keiner Seite so genau genommen werden muss, beispielsweise bei einem Getriebe.

Die Fertigung von Formteilen mit ansprechenden Oberflächen hebt die Wissenschaft des Spritzgussdesigns auf eine künstlerische Ebene. Es braucht Jahre an Erfahrung (beschleunigt durch die neuesten Technologien), um sicherzugehen, dass eine schöne Oberfläche während des Spritzgießprozesses nicht verformt wird. Herumraten und Schätzungen kommen hier überhaupt nicht in Frage, egal wie knapp die Produktionszeit auch bemessen sein mag.

Keine Sorge! Nicht alle kosmetischen Teile werden auf Hochglanz poliert. Die meisten komplexen Kunststoffteile, auf die Sie stoßen werden, sind nicht zum Anschauen gedacht. Ein einzelnes Kunststoffteil in einem Elektronikgerät kann unter Umständen mehrere Metallteile ersetzen und hat daher wahrscheinlich eine ziemlich komplexe Geometrie und Anschlüsse für weitere Teile. In einem solchen Fall ist eine glatte Oberfläche schlicht und einfach unpraktisch und ungeeignet.

Soll das geplante Formteil mit einer Oberflächenstruktur versehen werden, müssen Sie eine ganze Reihe weiterer Überlegungen für das Design anstellen. Unter Umständen müssen Sie die Geometrie des Formteils ändern, damit es ohne Beschädigung der Oberflächenstruktur aus der Form ausgestoßen werden kann. Dieser Aspekt wird in Kapitel 3 ausführlicher unter die Lupe genommen.



Abhängig von der Struktur lassen sich mithilfe der Oberflächenstruktur sogar kleine Schönheitsfehler verbessern. Kleine Mängel, für deren Beseitigung viel Arbeit zur Herstellung einer glatt polierten Oberfläche erforderlich wäre, sind unter Umständen auf einer Oberfläche mit Struktur überhaupt nicht zu erkennen.

## *Seite B: Die Funktion*

Solange Position und Größe von Bauteilen innerhalb der Spezifikationen liegen, sind Sie bei der Erstellung von Formen für nicht sichtbare Teile relativ flexibel. Sie positionieren Anschnitte und sonstige Elemente einfach da, wo es Ihnen am besten passt. Das Aussehen ist zweitrangig.

Die Experten von Proto Labs unterstützen Sie auch bei der Erstellung von für den Endverbraucher nicht sichtbaren Formteilen. Greifen Sie deren Änderungstipps einfach auf.

Eine geringere Wandstärke hier, eine Änderung der Rippenposition dort – und schon kann das Formteil unter Umständen einfacher und kostengünstiger produziert werden, ohne dass seine Funktionalität eingeschränkt wird.

## Die Details in Angriff nehmen

Bei der Betrachtung eines gut durchdachten Spritzgusskunststoffteils fällt auf, dass es noch ein paar Details zu beachten gilt:

- ✔ Die meisten, wenn nicht gar alle Wände eines Formteils sind gleich dick.
- ✔ Die Seiten eines Formteils verlaufen in einer Schräge um das Teilezentrum.
- ✔ Viele Teileecken sind abgerundet.
- ✔ Um das Formteil herum verläuft eine dünne Linie.

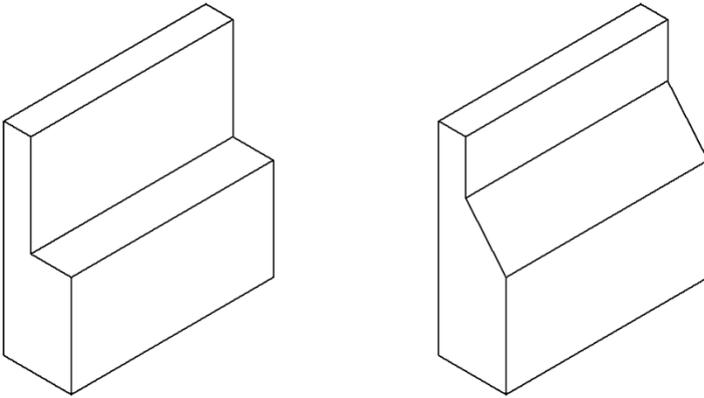
Diese vier aufgelisteten Details sind design- und nicht zufallsbedingt. Glücklicherweise sind Sie nicht der Erste, der Kunststoffteile herstellen lassen möchte. Die Hersteller kennen sich sehr gut mit den Details aus, die herausgearbeitet werden müssen. Im Folgenden werden diese Punkte nacheinander abgearbeitet. Behalten Sie sie beim Design Ihrer Formteile stets im Hinterkopf.

### »Starke« Wände bauen

Die Wände eines Formteils sollten, wenn möglich, alle gleich dick beziehungsweise dünn sein – und das nicht nur, weil es einfach ist, sondern weil die Teile damit eine größere Festigkeit erhalten. Kunststoff schrumpft beim Abkühlen und kühlt von außen aus ab, was zum *Einsinken* der Wände nach innen, zu Spannungen und/oder Hohlräumen im Inneren führen kann. Verwendet ein Werkzeug unterschiedliche Wandstärken, müssen mehr Anstrengungen beim Design unternommen werden, damit das Teil hinterher auch wirklich so aussieht, wie es aussehen sollte.

### *Für weiche Übergänge sorgen*

Wenn eine Seite unterschiedliche Wandstärken hat oder angrenzende Wände nicht dieselbe Stärke aufweisen (siehe Abbildung 2.2), müssen Sie für weiche Übergänge sorgen, um die Spannungen in den Wänden zu begrenzen und die Schrumpfunterschiede bei der Materialabkühlung zu minimieren. Spitze Ecken können ebenfalls Spannungen in den Wänden verursachen und zum Bruch des Werkstücks führen.



**Abbildung 2.2:** Unterschiedliche Wandstärken erfordern weiche Übergänge.

### *Wandstärken auf das verwendete Material anpassen*

Auch das verwendete Material ist eine weitere Überlegung wert. Nicht alle Kunststoffe sind für die Herstellung dicker Wände oder anderer Teilespezifikationen geeignet. Tabelle 2.2 zeigt ein paar empfohlene Wandstärken für verschiedene Kunststofftypen.

Wandstärke	Kunststoff
0,025 – 0,150	Acryl
0,025 – 0,150	PP (Polypropylen)
0,030 – 0,120	Acetal
0,035 – 0,150	PS (Polystyrol)
0,040 – 0,150	PC (Polycarbonat)
0,045 – 0,140	ABS (Acrylnitril-Butadien-Styrol)

*Tabelle 2.2: Werkstoffempfehlungen nach Wandstärke*



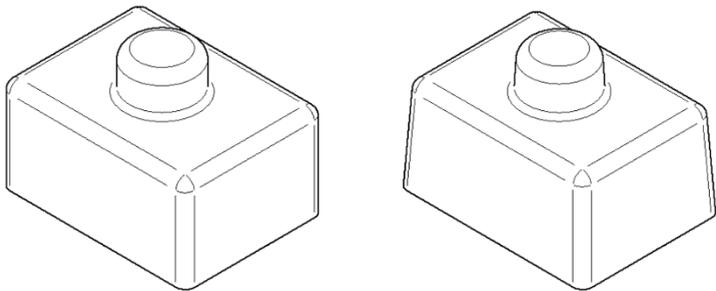
Die Wandstärken für die Kunststoffe aus Tabelle 2.2 weisen ziemlich viele Überschneidungen auf. Wenn Sie also diese gängigen Wandstärken in Ihr Design einbauen, haben Sie mehr Auswahlmöglichkeiten für den zu verwendenden Kunststoff. Vielleicht erinnert Sie das Ganze etwas an die berühmte Fragestellung »Was war zuerst da? Die Henne oder das Ei?«. Lassen Sie das Thema etwas setzen und Sie werden merken, es vereinfacht den Designprozess, wenn Sie Wandstärke und Materialerwägungen kombinieren.



Es ist einfacher, wenn sich beim Testspritzgießen herausstellt, dass Sie die Wandstärken zu dünn berechnet haben. Im Fall von zu dünnen Wänden kann die Form schneller für dickere Wände umgearbeitet werden als für dünnere. Im letzteren Fall müsste die gesamte Form neu zugeschnitten werden.

## *Schräge beziehungsweise Verjüngung*

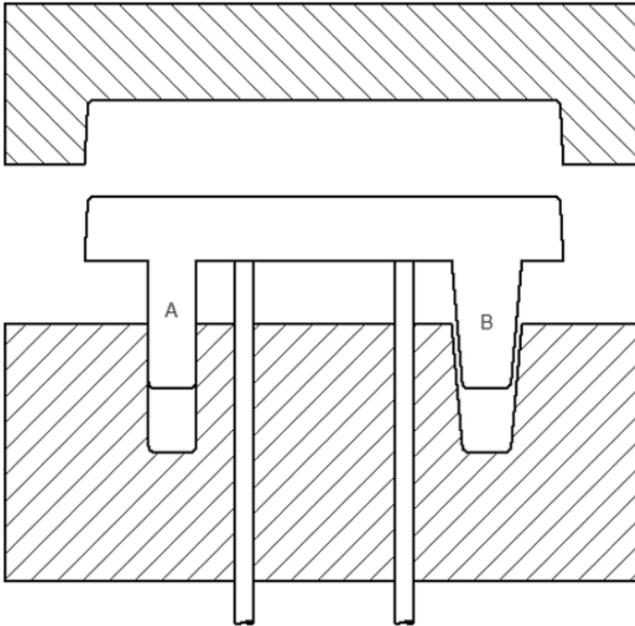
Bei einer Form mit geradem Rückzug (siehe Kapitel 1) stehen die Seitenwände des Formteils mehr oder weniger parallel zur Rückzugsrichtung der Form – das ist die Richtung, in die das Teil aus der Form gezogen wird. Sie haben es sicherlich gemerkt, ich habe »mehr oder weniger« und nicht »genau« geschrieben. Damit das Formteil gut aus dem Werkzeug gleiten kann, dürfen die Wände *keinesfalls* genau parallel zur Rückzugsrichtung stehen. Die Wände müssen etwas schräg in die Form geschnitten werden, damit das Teil später leichter aus der Form gleiten kann (siehe Abbildung 2.3).



**Abbildung 2.3:** Parallele Wände (links) führen zu Reibung in Rückzugsrichtung, konische Wände (rechts) reduzieren die Reibung.

Eine ungenügende *Schräge* beziehungsweise *Verjüngung* kann zu kosmetischen Mängeln, wie beispielsweise Spuren führen, da das Teil beim Ausstoßen aus der Form sozusagen stecken bleibt (siehe Abbildung 2.4).

Jetzt müssen Sie nur noch wissen, wie schräg die Schräge sein soll. Um in der langjährigen Tradition bei der kreativen Vergabe von Bezeichnungen im Bereich des Spritzgießens zu bleiben, wird der Winkel der Verjüngung als *Entformungsschräge* oder *Formschräge* bezeichnet. Und auch diese Formschräge ist ein weiteres Merkmal, das Sie beim Teiledesign nicht aus den Augen verlieren dürfen.



**Abbildung 2.4:** Im Bereich ohne Formschräge (A) wird die Oberflächenstruktur beim Lösen aus der Form zerkratzt, während der Bereich mit Formschräge (B) unversehrt aus der Form gleitet.

### ***Richtlinien für die Formschräge***

Die Leute, die schon länger im Formenbaugeschäft sind, haben einige ziemlich gute Richtlinien für die Formschräge entwickelt. Und diese Richtlinien sind gar nicht so kompliziert, zumindest solange keine Oberflächenstruktur involviert ist (die Thema weiter vorne in diesem Kapitel ist). Für Kunststoffe ohne Oberflächenstruktur können Sie die Formschräge auf der Wandhöhe basieren. Ist eine Seite beispielsweise fünf Zentimeter hoch, passt eine Formschräge von fünf Grad. Bei einer Höhe von sieben Zentimeter sind es sieben Grad und so weiter. Technik ist manchmal recht simpel.

Diese Verjüngung wird auf jede Oberfläche angewendet. Sie dürfen die Regel der identischen Wandstärke nicht aus den Augen verlieren. (Wer es bereits vergessen hat, der schlage schnell im Abschnitt »Starke Wände bauen« weiter vorn in diesem Kapitel nach.) Es passiert nicht selten, dass ein Teileentwickler im Eifer des Gefechts mit einer optimalen Wandstärke beginnt und dabei die Formschräge total vergisst. Und am Ende stellt sich dann heraus, dass die Wand oder die Verrippung für das verwendete Material mit Schräge zu dünn oder zu dick ist. Das bedeutet dann: Zurück auf Los.

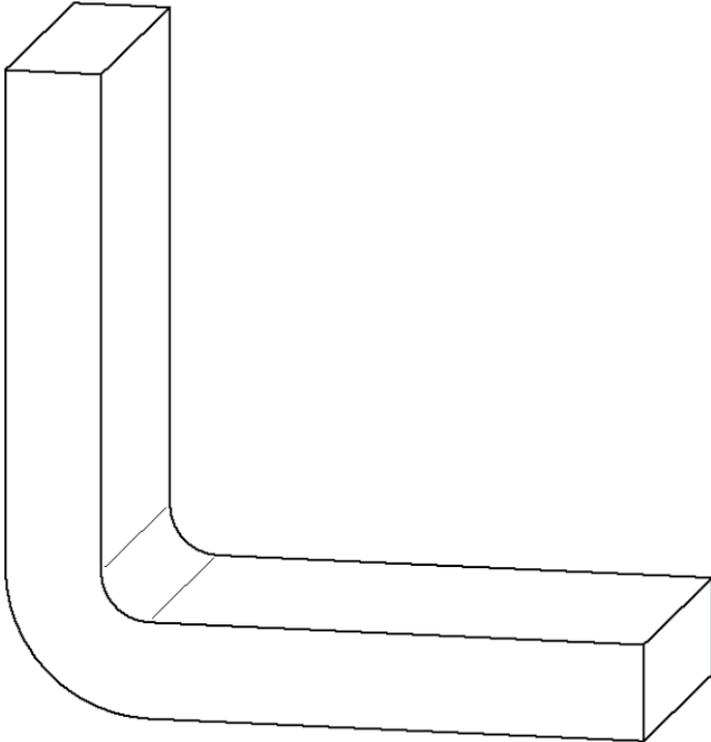
### ***Struktureffekte***

Ist das Formteil mit einer Oberflächenstruktur versehen, sehen die Richtlinien für die Formschräge schon ganz anders aus. Sie müssen sich das Ganze folgendermaßen vorstellen: Das Formteil kühlt in der Form ab. Dabei schrumpft das Teil und die Oberflächenstruktur sinkt in die Wand ein. Die Verjüngung muss nun so stark sein, dass die eingesunkene Oberflächenstruktur beim Herausziehen der Form nicht mehr in den kleinen Vertiefungen der Form hängen bleibt, die die Struktur gebildet haben. Je rauer die Oberflächenstruktur ist, umso größer muss auch die Formschräge definiert werden, damit beim Herausstoßen des Teils keine Kratzspuren oder Druckstellen entstehen.

Das Angebotssystem von Proto Labs analysiert die Formschräge für Ihre geplanten Formteile und kennzeichnet Teilebereiche, die für eine Oberflächenstruktur nicht ausreichend verjüngt sind. Bei einer Oberfläche mit einer leichten Struktur durch Perlstrahlen reicht vielleicht eine Verjüngung um drei Grad, bei einer mittleren Struktur durch Perlstrahlen müssen es unter Umständen bereits fünf Grad sein.

## Die Kurve kriegen

Abgerundete Ecken (siehe Abbildung 2.5) ermöglichen beim Einspritzen einen effizienteren Materialfluss und verringern die Entstehung von Spannungen im Material während der Abkühlphase, was wiederum die Tendenz zum Verbiegen, Verziehen oder Entwickeln von empfindlichen Ecken reduziert.



**Abbildung 2.5:** Abgerundete Ecken reduzieren die Spannung im Werkzeug.

Der Schlüssel zu diesen perfekten Ecken ist das Einhalten der Wandstärke. Der Radius der »Innenkurve« sollte wenigstens halb so dick wie die Wandstärke sein. Mehr ist besser. Wichtig ist, dass der äußere Radius so im Verhältnis stehen muss, dass die Wandstärke konsistent bleibt. Behalten Sie Folgendes im Hinterkopf:

- ✔ Der innere Radius sollte mindestens die halbe Wandstärke betragen. Der äußere Radius sollte die Summe aus innerem Radius und Wandstärke sein.
- ✔ Ein größerer äußerer Radius ohne Anpassung des inneren Radius resultiert in einer dünnen Wandstärke in den Ecken.
- ✔ Ein kleinerer äußerer Radius ohne Anpassung des inneren Radius resultiert in einer Wandverdickung in den Ecken. Dies kann den Materialfluss in der Form erschweren.
- ✔ Es ist auch wichtig, einen Radius für Ecken im Teileinneren zu definieren, um den Materialfluss zu unterstützen und die Festigkeit der Teile zu stützen. Dies reduziert außerdem den Werkzeugverschleiß.

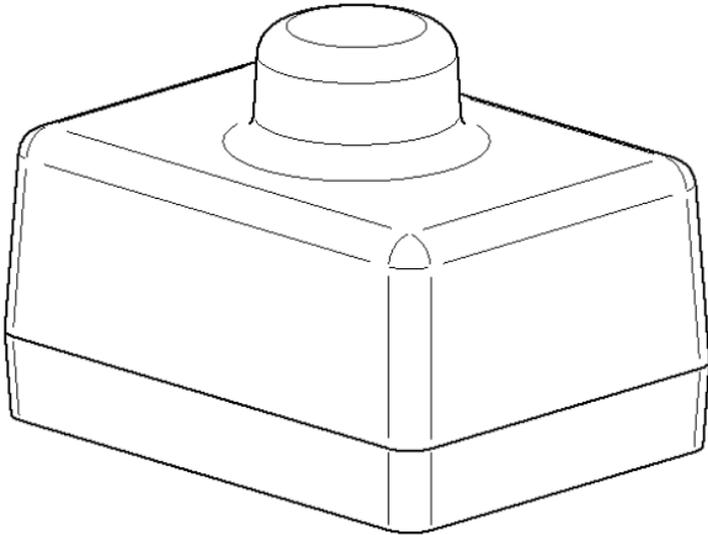


Nicht jede Teilecke kann von außen betrachtet werden. Die B-Seite eines Formteils hat unter Umständen eine Reihe von weiteren Ecken, die abgerundet werden müssen.

## Teilen, auch wenn es schwerfällt

Die zwei Werkzeughälften treffen sich an der sogenannten *Trennebene* (auch *Formteilung* genannt). Abhängig vom Design der Seiten A und B weist das fertiggestellte Teil unter Umständen eine dünne »Narbe« um das Teil herum auf (siehe Abbildung 2.6). Wenn das Teil sowieso eine scharfe Kante benötigt, empfiehlt es sich, diese Kante als Teil der Trennebene zu fertigen. So wird der unschöne Makel kleiner oder verschwindet sogar vollständig.

Die Seiten, an denen die Werkzeughälften aufeinandertreffen, brauchen keinen Biegeradius. Wenn Sie so einen Radius doch einmal für das Ende einer Seite definieren müssen, die an der Formteilung endet, lautet der gute Rat, die Trennebene von dieser Seite zurückzusetzen und sie an der Stelle zu platzieren, an der der benötigte Radius tangentiell zur nächsten Fläche steht. So vermeiden Sie eine messerscharfe Ecke, die die Form verschleißt. Das ist selbst für Formen wichtig, mit denen nicht Tausende von Spritzgussteilen hergestellt werden. Denken Sie stets daran: Was gut für das Werkzeug ist, ist auch gut für das Werkstück.



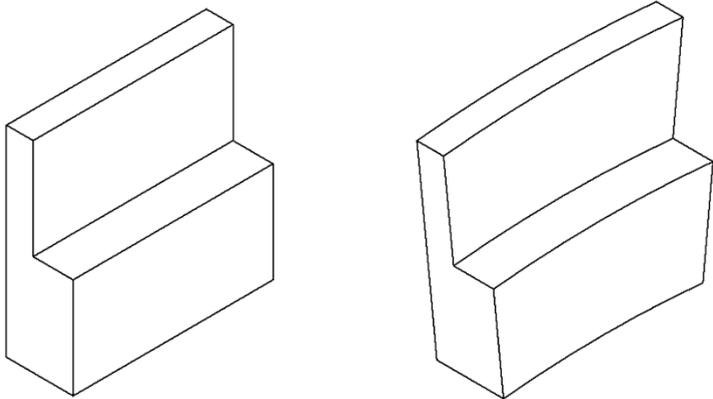
**Abbildung 2.6:** Die Trennebene ist manchmal als feine Kante auf dem Formteil sichtbar.

---

## *In Topform bleiben*

Ein weitverbreitetes Problem bei Spritzgussteilen ist die Formbeständigkeit beziehungsweise die nicht vorhandene Formbeständigkeit. Das heißt, das Werkstück verzieht sich. Oder anders gesagt: Während der Abkühlphase verbiegen sich Formteilelemente oder das gesamte Formteil »geht aus dem Leim« (siehe Abbildung 2.7). Die Ursachen hierfür sind vielfältig. Das Formteil weist unterschiedliche Wandstärken auf, es hat spitze Ecken oder zu dicke beziehungsweise zu dünne Bereiche und vieles mehr.

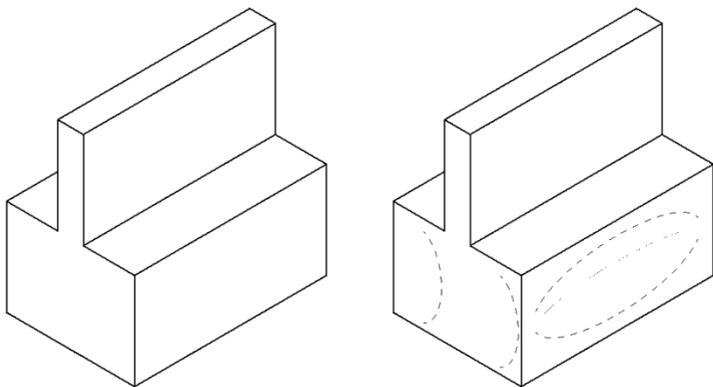
Manchmal lässt sich das Verziehen von Teilen reduzieren, wenn Sie die Position und die Geometrie von Anschnitten ändern oder die Abkühlkapazität der Form erhöhen.



**Abbildung 2.7:** Ein Formteil in Topform (links) kann während der Abkühlphase aus dem Leim gehen (rechts).

## *Ins Bodenlose versinken*

Das Einsinken (siehe Abbildung 2.8) ist eine Verformung, die in der Mitte einer Fläche auftritt, wenn das Material zu dick ist. Der heiße Kunststoff füllt den Hohlraum vollständig aus. Wenn er dann aber abkühlt, zieht sich der Kunststoff in Richtung des Volumenmittelpunkts zusammen, das heißt, die Fläche sinkt ein.

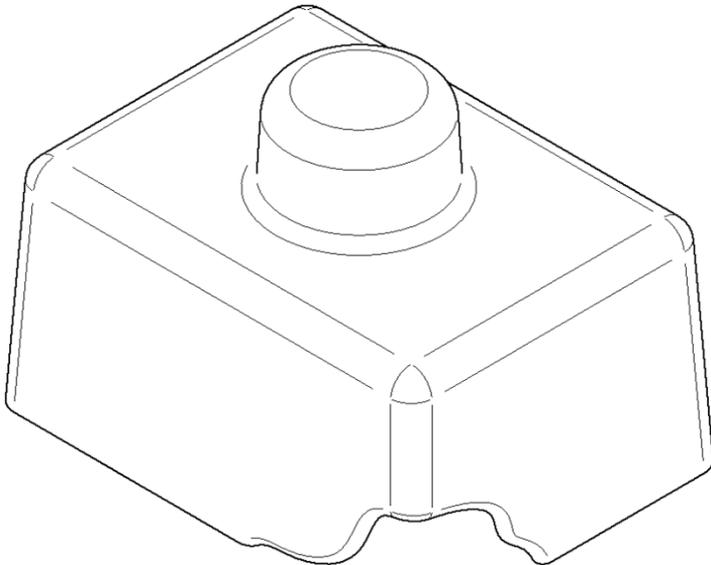


**Abbildung 2.8:** Das Einsinken bewirkt, dass heißes Material in der Form . . . tja, eben einsinkt.

## Das Werkzeug befüllen

Wenn das Formteil viele Löcher oder sonstige Komplikationen enthält, muss der Kunststoff in verschiedenen Richtungen um diese Bereiche herumfließen. Wenn sich diese Flüsse dann wieder treffen, verbinden sie sich eventuell nicht erneut zu einem Fluss. Das kann zu Verformungen oder Verfärbungen führen. Diesen Makel nennt man *Bindenaht* oder (wenn der Kunststoff über mehrere Anschnitte eingespritzt wird) *Schmelznaht*. Bei manchen Innenteilen müssen Sie sich über diese Nähte beziehungsweise Linien keine Gedanken machen.

Endet ein Teilbereich irgendwo in einer Sackgasse wird beim Einspritzen unter Umständen Luft eingeschlossen. Während der Kunststoff die Luft komprimiert, erhöht sich die Temperatur. Dies bedeutet, dass entweder die Form nicht komplett gefüllt wird oder das Teil aufgrund der erhöhten Temperatur Brandflecken erhält oder gar beides. In solchen Fällen ist es hilfreich, für eine Entlüftung der Sackgassen in der Form zu sorgen.



**Abbildung 2.9:** Was nicht in die Form fließt, ist auch nicht im Formteil enthalten.

Im Abschnitt »Für weiche Übergänge sorgen« weiter vorn in diesem Kapitel wurde bereits erwähnt, wie wichtig sanfte Übergänge bei unterschiedlichen Wandstärken sind. Ist die Form nicht optimal konstruiert, wird sie eventuell im Fall von unterschiedlichen Wandstärken nicht vollständig gefüllt. Das heißt, das fertige Teil enthält Hohlräume (siehe Abbildung 2.9).

### ***Gut Ding will Weile haben***

Alle Elemente eines Kunststoffteils schrumpfen. Die Form wird daher größer gebaut als das Teil später sein wird, da es durch die Abkühlung in seine korrekten Ausmaße schrumpft. Ist die Formgröße korrekt, entspricht das fertiggestellte Teil nahezu dem Designteil.

Wenn man es bei der Formkonstruktion eilig hat und das Werkzeug nicht optimal auf das geplante Teil ausgerichtet ist, wird die Teilekonstruktion wohl fehlschlagen. Darum sollte man sich bei der Produktion von Spritzgussteilen Zeit lassen. Ist das Design wohl durchdacht, können Kunststoffteile schnell und präzise hergestellt werden.



## Kapitel 3

# Auf dem Weg zum perfekten Spritzgussteil

---

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Die Anatomie von Rippen, Wänden und Domen
  - ▶ Die Biege machen
  - ▶ Für Strukturen sorgen
  - ▶ Eine nette Schrift für Text wählen
- 

**I**m vorherigen Kapitel haben Sie mehr über die Herstellungsprozesse eines Spritzgussteils erfahren. Sie haben einige echte Probleme kennengelernt, die im Formenbau auftreten können, und gleich ein paar Tipps mitgenommen, wie Sie den Prozess vereinfachen können. Das vorliegende Kapitel widmet sich den Details der Teilevorbereitung für ein schnelles Spritzgießen, legt den Schwerpunkt auf die einzelnen Elemente von Kunststoffteilen und schlägt ein paar Ansätze zur einfacheren Herstellung dieser Teile vor.

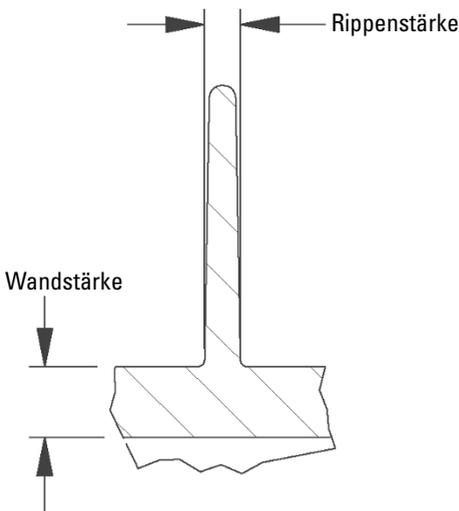
## *Rippen*

Schnell, schnappen Sie sich ein Kunststoffteil und schneiden Sie es auf. Fast in jedem Kunststoffteil werden Sie zumindest ein paar Rippen finden. *Rippen* stellen sozusagen die internen Wände eines Teils dar. Sie üben mehrere Funktionen aus und spielen verschiedene, wichtige Rollen. Sie unterstützen die äußere Fläche und bilden häufig Brücken zwischen verschiedenen Teilelementen. Rippen üben in der Regel erst nach dem Ausstoßen des Teils aus der Form eine Funktion aus.

Sie unterstützen aber auch den Spritzgussprozess, da mit Rippen Kanäle hinzugefügt werden, durch die der Kunststoff fließen kann.

Wie für die Wände gibt es auch für die Rippen einige Richtlinien zur Qualitätssteuerung:

- **Stärke:** Sind die Rippen zu dick, verursachen sie während der Abkühlphase ein Einsinken der gegenüberliegenden Fläche. (Mehr zum Einsinken finden Sie in Kapitel 2.) Um dies zu verhindern, sollte die Rippenstärke 40 bis 60 Prozent der angrenzenden Wandstärke betragen (siehe Abbildung 3.1), damit die Rippe zuerst abkühlen kann. Wenn Sie glauben, dass Sie mit dickeren Rippen als in der hier empfohlenen Größe arbeiten sollten, sich aber nicht sicher sind, versuchen Sie es zunächst mit der dünneren Variante und verdicken anschließend bei Bedarf. Es ist einfacher, eine Rippe zu vergrößern. Dazu müssen Sie lediglich eine dickere Rille in die Form schneiden. Umgekehrt muss die Rille mit Material gefüllt werden, um die Rippe zu verkleinern. Das ist bedeutend schwieriger.



**Abbildung 3.1:** Die Rippenstärke sollte 40 bis 60 Prozent der Dicke der angrenzenden Wand betragen.



Die Dicke einer Rippe ist nicht durchgängig gleich, da Sie unter Umständen auch eine Formschräge einkalkulieren müssen. Verwenden Sie für Ihre Berechnungen die Dicke der Rippenbasis. (Mehr Informationen zu Schrägen finden Sie im Abschnitt »Formschrägen« weiter hinten in diesem Kapitel.)

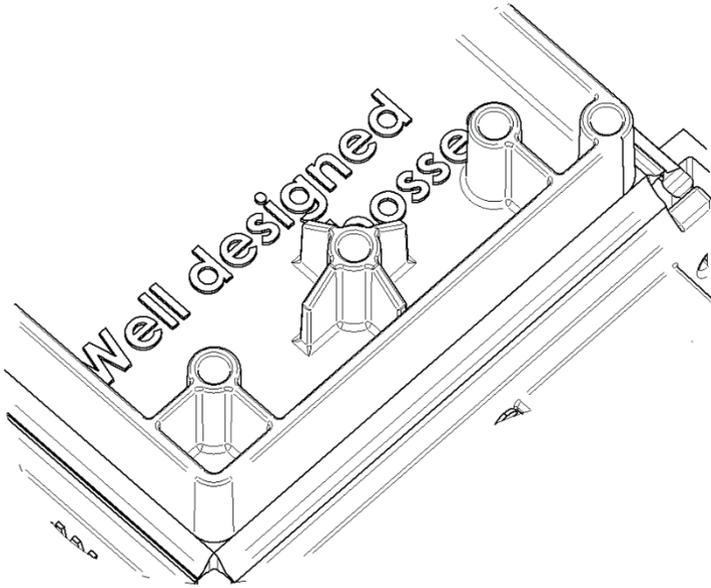
- **Formschräge:** Während Sie sich noch mit Ihrem Taschenrechner vergnügen, dürfen Sie nicht vergessen darauf zu achten, dass die Rippe aufgrund der Formschräge (siehe Kapitel 2) nicht an einer scharfen Ecke verjüngt. Eine solche Rippe wäre nicht nur schwer in die Form zu bekommen, sondern würde auch zu einer hässlichen Kante führen. Damit hätten Sie keinen Spaß.

## Dome

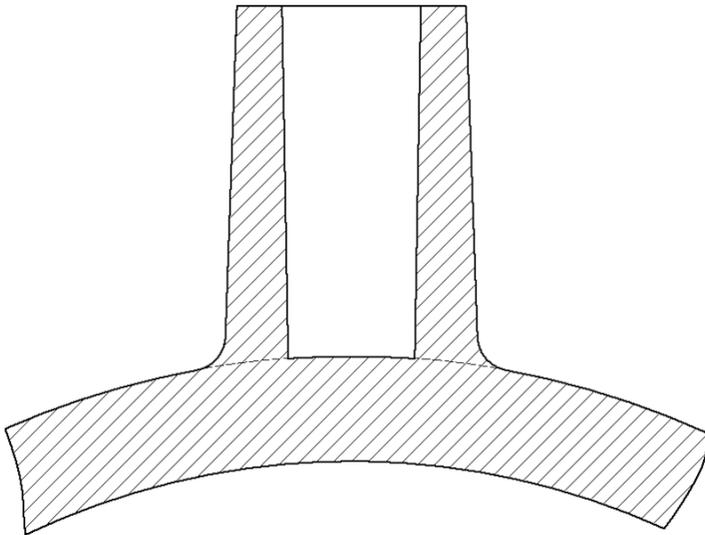
Neben den Rippen tummeln sich manchmal noch andere Elemente im Inneren von Kunststoffteilen, die sogenannten *Dome*. Ein Dom ist ein erhöhter Bereich in einem Kunststoffteil. Er erhebt sich über die ihn umgebende Geometrie und kann je nach Aufgabe auf der A- oder der B-Seite liegen. Dome sind für verschiedene Aufgaben zuständig, unter anderem für die Unterstützung anderer Teile oder als Andockmöglichkeit für Schrauben.

Am besten stellen Sie sich so einen Dom wie eine im Kreis gezogene Rippe vor. Abbildung 3.2 zeigt, wie wichtig das Einbeziehen der Formschräge beim Berechnen der Dicke ist.

Wie bei den Rippen (siehe den vorherigen Abschnitt) ist es auch bei den Domen wichtig, dass ihre Wände nicht zu dick sind. Wenn Sie Angst haben, dass ein Dom nicht stabil genug ist, können Sie ihn zusätzlich mit Rippen verstärken. Bei einem hohlen Dom ist darauf zu achten, dass die Öffnung bis nach unten zur Verbindungsfläche geht (siehe Abbildung 3.2). Ansonsten hätte das Teil eine ungewollt verdickte Stelle.



**Abbildung 3.2:** Well designed bosses – gut konstruierte Bosse, äh Dome



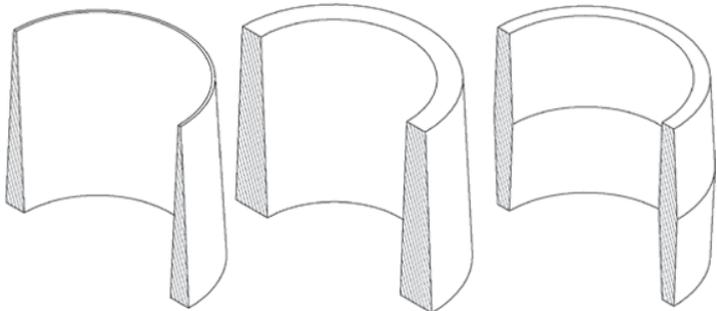
**Abbildung 3.3:** Der untere Bereich eines hohlen Doms sollte der angrenzenden Fläche entsprechen.

Wie bei allen anderen Elementen kann überschüssiges Material in der Abkühlphase auch bei Domen zum Absinken von Wänden führen. (Lesen Sie gegebenenfalls noch einmal die Richtlinien für die Rippenstärke im vorherigen Abschnitt »Rippen«.) Ein Klassiker für das Einsinken: Unten an einem teilweise hohlen Dom ist zu viel Material. Die Dicke des unteren Dombereichs sollte der angrenzenden Fläche entsprechen, wenn er nicht durchgängig hohl ist (siehe Abbildung 3.3).

## Formschrägen

Wenn Rippen, Wände oder das ganze Formteil tief in die Form geschnitten werden müssen, sollten Sie über eine Änderung der Formschräge nachdenken. In Kapitel 2 wurde behauptet, dass für eine fünf Zentimeter lange Rippe eine Schräge von fünf Grad erforderlich ist. Bei sieben Zentimeter sind es dann sieben Grad. Es ist unter Umständen schwierig, das in die Form zu fräsen, da Fräzerspitzen mit kleinem Durchmesser leicht brechen, wenn damit tiefe Rillen gefräst werden. Wenn Sie das Ganze verbreitern, können Sie einen größeren Fräser verwenden, der nicht so leicht bricht.

Eine Lösungsvariante wäre das Einarbeiten von Stufen. So kann der Fräser tief genug in die Form gelangen, um dem Teilelement genügend Raum zu verschaffen. Manchmal hilft es auch, die Trennebene (siehe Kapitel 2) zu verschieben, um die Frästiefe zu reduzieren, wie in Abbildung 3.4 zu sehen ist. Dies verhindert unter Umständen auch, dass die Elemente zu dünn oder zu dick werden, da die gesamte Schräge dann nicht mehr nur in eine Richtung verläuft.



**Abbildung 3.4:** Wird die Wandhöhe geteilt, wird auch die Formschräge reduziert.



Ganz allgemein kann man sagen, dass eine Formschräge von drei Grad aufwärts die ganze Sache einfacher macht und den zusätzlichen Arbeitsaufwand für tiefe Fräsvorgänge aus der Welt schafft.

## Die Biege machen

Die Kurven, Biegungen oder Abrundungen in einem Teil sind wichtig für die Steuerung des Materialflusses. Darüber hinaus haben sie noch eine weitere Aufgabe. Um die Kosten niedrig zu halten und den Herstellungsprozess der Kunststoffteile zu beschleunigen, ist es hilfreich, die Radien der Abrundungen zu minimieren. Das kann aber zu Konflikten mit anderen üblichen Designpraktiken und/oder Maschinenbauprinzipien führen.



Konzentrieren Sie sich auf die folgende Faustregel: Der innere Radius sollte der halben Standardwandstärke und der äußere Radius der Wandstärke mal 1,5 entsprechen. (Wenn Sie Kapitel 2 gelesen haben, ist das hoffentlich ein Déjà-vu-Erlebnis für Sie. Man kann diese Faustregel nicht oft genug wiederholen.)

## Ein Gefühl für Strukturen entwickeln

Die Auswahl einer Oberflächenstruktur hängt stark vom Einsatz des Teils ab. Eine grobe Struktur lenkt von kleinen Mängeln ab, lässt sich gut anfassen und schaut stets sauber und gepflegt aus. Der krasse Gegensatz dazu ist die polierte Oberfläche, die uns in so vielen Kunststoffteilen der Unterhaltungselektronik entgegenblitzt.

Auch wenn Sie ein Teil auf die Schnelle hersteilen wollen, sollten Sie dennoch eine Struktur oder eine polierte Oberfläche vorsehen. So gewinnen Sie einen guten Eindruck davon, wie das Teil aussehen wird, wenn es in Serienproduktion geht.

Es ist auch möglich, ein Teil mit verschiedenen Strukturen zu produzieren. Stellen Sie sich beispielsweise für die A-Seite eine mittlere Struktur vor, die das Formteil weicher wirken

lässt. Das Teil soll aber noch mit einem Namensschild in einer Vertiefung versehen werden. Da das Namensschild viel besser auf einer glatten als auf einer strukturierten Oberfläche haftet, lassen Sie die Oberflächenstruktur in der Vertiefung aus funktionalen Gründen einfach weg. Oder Sie ändern die Struktur unter ästhetischen Aspekten.

Und im Fall der B-Seite müssen Sie vielleicht gar nicht über eine Oberflächenstruktur nachdenken. Das hängt vom Teil ab und wie gut es aussehen soll (mehr dazu in Kapitel 2).

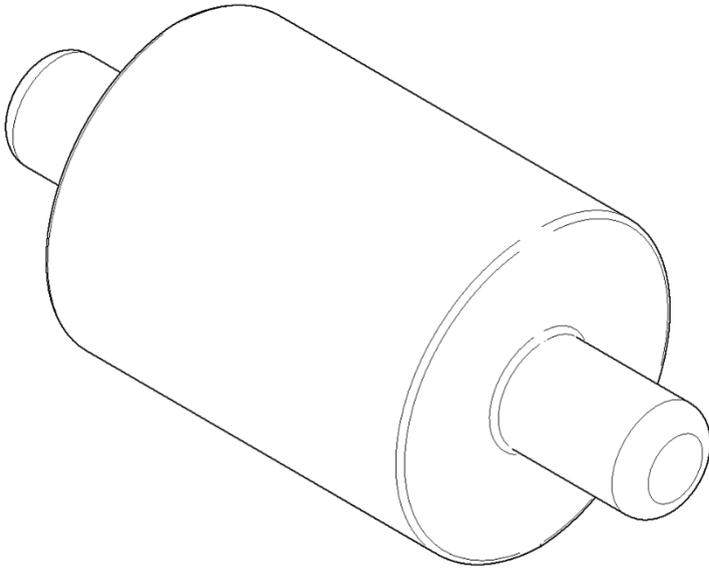


Denken Sie beim Einsatz von Strukturen daran, dass Designaspekte wie die Formschräge unter Umständen völlig neu überdacht werden müssen. Wie in Kapitel 2 erklärt, bezieht sich die Formschräge auf die Wandhöhe. Ist eine Seite beispielsweise drei Zentimeter hoch, passt eine Formschräge von drei Grad, wenn keine Struktur im Spiel ist. Bei einer groben Struktur erhöht sich die erforderliche Formschräge auf fünf Grad. Diese Änderung der Formschräge betrifft auch Rippen, Dome oder sonstige lange, dünne Elemente, die verjüngt werden müssen. Die Formschräge dient der Vermeidung von Druckstellen in der Struktur, die beim Herausziehen des Teils aus der Form entstehen können.

Proto Labs bietet verschiedene Standardstrukturen an – von gefrästen Bearbeitungsspuren bis hin zur Hochglanzoberfläche –, aus denen Sie wählen können und die alle eine schnelle Teileproduktion erlauben.

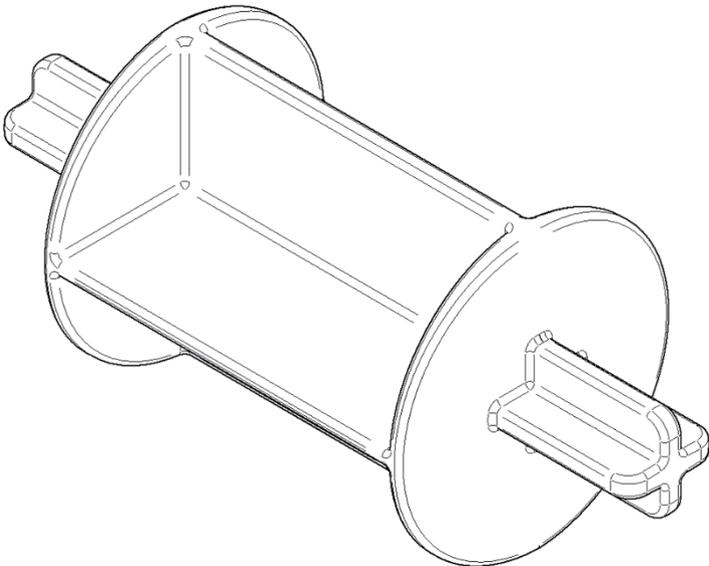
## *Und noch einmal zu den Wänden*

Auch auf die Gefahr hin, mich zu wiederholen: Die Wände eines Teils sollten dieselbe Wandstärke aufweisen. So weit, so gut. Wie aber schafft man das, wenn ein großes Element oben auf dem Teil sitzen oder das Teil wie das »Nudelholz« in Abbildung 3.5 aussehen soll? Ganz einfach: Basteln Sie das Formteil aus einer Reihe von Wänden (siehe Abbildung 3.6) zusammen, anstatt einen einzigen soliden Block zu produzieren.



**Abbildung 3.5:** Um eine Distanzrolle herzustellen, ...

---



**Abbildung 3.6:** ... bauen Sie eine Reihe von Wänden.

---

Durch Eliminieren des Materials, das beim Abkühlen zur Deformierung des Teils führen könnte (siehe Kapitel 2), sorgen Sie dafür, dass wichtige Wände des fertiggestellten Teils in Form bleiben. Diese Überlegungen sind nicht so offensichtlich. Es empfiehlt sich daher, den Designprozess von Spritzgussteilen zu durchlaufen, um dabei vielleicht auf Ansätze zu stoßen, wie Sie das Design für Ihr Formteil etwas anders angehen können. Die Flexibilität Ihrer Denkansätze wird sich positiv auf die Formbarkeit der Formteile auswirken.

Mit dem Beseitigen von Material ist nicht maschinelles Abtragen von Material aus einem gefüllten Teil gemeint. Beim Spritzgießen wird das Formteil durch das Einspritzen von Kunststoff in eine Form erstellt. Anstatt nun einen Hohlraum in einen festen Block zu fräsen, konstruieren Sie einen Kern, um den das Material herumfließen und so den Hohlraum bilden kann.

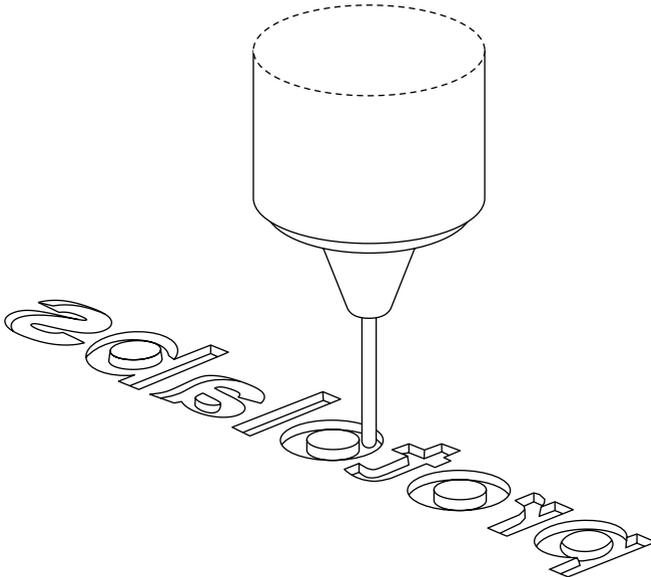
## *Text auf Formteilen*

Formteile müssen häufig mit Text versehen werden, sei es eine Anleitung, ein Sicherheitshinweis, ein Logo oder ein Markenname. Dieser Text muss gut platziert und lesbar sein. Und Hand aufs Herz: Wurde Ihr Firmenlogo unter dem Aspekt ausgewählt, dass seine Spiegelschrift leicht in eine Form zu gießen ist? Wohl kaum, oder?

Wenn Sie Text auf Formteile schreiben müssen, beachten Sie die folgenden Tipps:

- ✔ **Textgröße:** Achten Sie darauf, dass die Schrift groß genug für den gewählten Kunststoff ist, damit auch wirklich der gesamte Textbereich in der Form gefüllt werden kann. Der Text muss auch groß genug für das Schnittwerkzeug sein, das in die Form schneidet (siehe Abbildung 3.7). Die kleinste Fräsgröße, die beim Spritzgießen zum Herstellen von erhabenem Text auf dem Teil verwendet werden kann, beträgt 0,016 Zoll (0,041 Zentimeter).
- ✔ **Lesbarkeit:** Damit Text einfach zu bearbeiten und zu lesen ist, schlage ich eine fette, serifenlose Schrift vor, beispielsweise Arial oder Century Gothic (siehe Abbildung 3.8). Wenn Ihr Designsystem die Schriftgröße

über die Einheit »Punkt« steuert, stellen Sie eine Größe von 20 Punkt oder mehr ein. Für kleine Teile ist das vielleicht etwas groß, dafür wird die Zeit für das Fräsen der Schrift in die Form gering gehalten. Ansonsten sollten Sie das kleinste für den Text auszuschneidende Element messen und darauf achten, dass es größer als 0,016 Zoll (0,41 Zentimeter) ist, damit das Schnittwerkzeug sich im Schnitt bewegen kann. Ansonsten kann das Werkzeug nicht korrekt arbeiten.



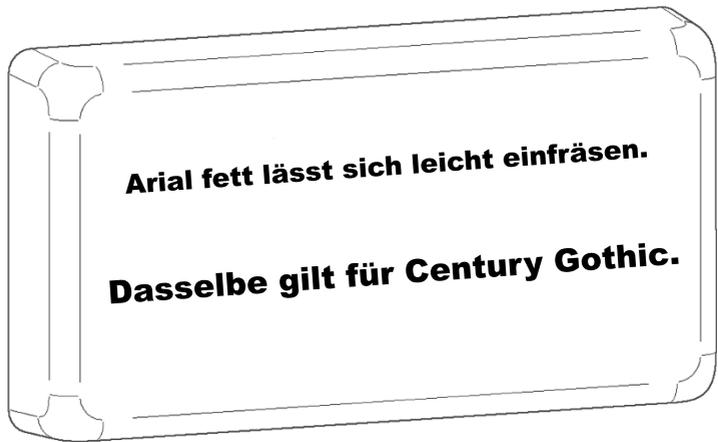
**Abbildung 3.7:** Text in eine Form einarbeiten

---



Großbuchstaben erleichtern das Ganze. Der Punkt auf dem kleinen »i« kann schwierig werden.

- ✓ **Schräge:** Eine Formschräge von zwei bis fünf Grad für den Text ist empfehlenswert.
- ✓ **Erhöhung:** Der Text sollte sich nicht zu weit über die ihn umgebende Fläche erheben. Die Erhöhung sollte nicht mehr als 0,015 Zoll (0,38 Zentimeter) betragen. Ansonsten gibt es Rillen, die für kleine Fräsen sehr tief sind.



**Abbildung 3.8:** Beispiele für geeignete Schriften

### ***Bitte keine Gravur!***



Proto Labs rät davon ab, Text in ein Formteil einzugravieren. Dazu muss nämlich Material aus der Form herausgeschnitten werden, um den erhöhten Text in der Form zu erstellen. Dieser Vorgang ist zeitintensiv und damit teuer. Außerdem ist es ziemlich schwierig, die Eingravierung zu polieren, das heißt, die Oberfläche des Formteils wäre nicht einheitlich. Und selbst wenn Sie mit einer Oberflächenstruktur kleine Schönheitsfehler verbergen wollen, es wird einfach nicht so gut aussehen, wie Sie es sich wünschen.



## Kapitel 4

# Jenseits der Form mit geradem Rückzug

---

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Formteile seitlich aus der Form schubsen
- ▶ Zwangsentformung anordnen
- ▶ Einsätze einsetzen

---

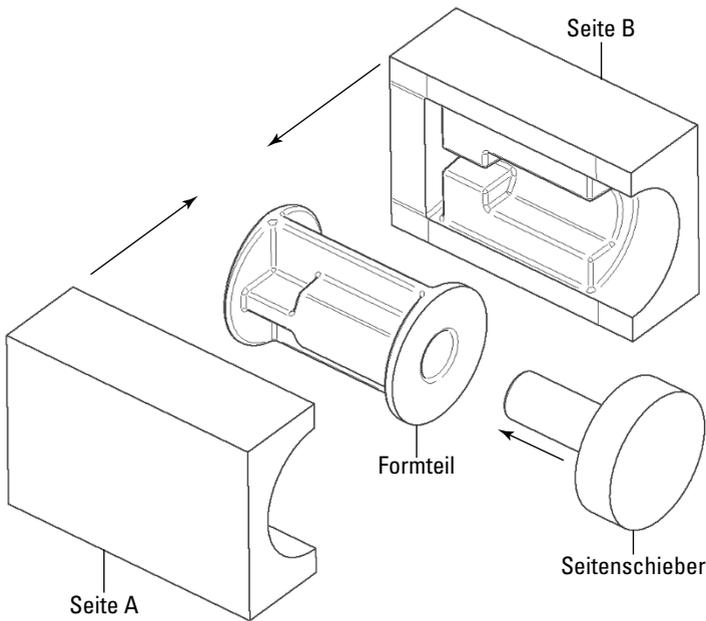
**D**ie einfache Funktionsweise einer Form mit geradem Rückzug reicht für die meisten Formteile völlig aus. Und wenn es dann aber doch mal etwas komplexer werden muss? Keine Sorge! Es gibt für alles eine Lösung. Es gibt verschiedene Verfahren zur Herstellung komplizierterer Spritzgussteile und das auch noch in flottem Tempo.

Auch Proto Labs hat Verfahren entwickelt, bei denen Spezialelemente in Formen integriert werden, was bei Formen mit geradem Rückzug zu kompliziert wäre. Die Anwendung verschiedenster Formeinsätze macht die Formen flexibel und hält die Kosten niedrig.

In diesem Kapitel lernen Sie ein paar Wege zu mehr Komplexität kennen, die jenseits der Möglichkeiten von Formen mit geradem Rückzug liegen.

## Das Problem seitlich angehen

Zur Herstellung komplexerer Formteile können Sie bewegliche Komponenten, sogenannte *Seitenschieber*, in die Form einbauen (siehe Abbildung 4.1). In der Form bewegt ein Mechanismus einen Schieber, der wiederum eine Hälfte der Form beim Schließen in Position bringt. Beim Öffnen der Form wird der Schieber wieder aus dem Teil gezogen. Andere Optionen, beispielsweise Verschlüsse (siehe den Abschnitt »Mit Verschlüssen arbeiten« weiter hinten in diesem Kapitel), verschließen den Hohlraum an den Seiten des Teils, sind aber bis zur Trennebene offen. So ist es möglich, dass ein Bereich des Teils absteht und das Teil trotzdem mit einer Form mit geradem Rückzug hergestellt werden kann.



**Abbildung 4.1:** Mithilfe von Seitenschiebern können Sie Elemente zaubern, die ansonsten nicht herstellbar wären.

## *Seitenschieber ja, aber wann?*

Wie können Sie wissen, ob Seitenschieber eine gute Lösung für Ihre Formteile sind. Hier sind ein paar Überlegungen, die Sie bei der Entscheidung für oder gegen Seitenschieber unterstützen:

- ✔ Sie brauchen genügend Platz zum Herausziehen des Schiebers aus dem Teil und für den Schiebermechanismus. Das bedeutet in der Regel, dass sich die Hinterschneidung am Außenbereich des Teils befindet.
- ✔ Die Bewegungsrichtung des Seitenschiebers muss senkrecht zur Öffnungsrichtung der Form verlaufen. Das Bauen eines Seitenschiebers, der in einem anderen Winkel zur Öffnungsrichtung verläuft, wäre zu kompliziert für ein schnell zu produzierendes Teil.

Die vom Seitenschieber erstellte Komponente darf nicht auf der Trennebene sitzen. Stattdessen muss der Seitenschieber von der Trennebene auf die Komponente treffen. Damit wird eine Kennlinie auf dem Formteil gebildet.

- ✔ Die Fläche, die das Innere der Teilekomponente darstellt, muss in die Bewegungsrichtung des Seitenschiebers verjüngt sein, damit der Seitenschieber problemlos herausgezogen werden kann.

## *Die Größe des Seitenschiebers bestimmen*

Sie können in einer Form mit mehreren Seitenschiebern arbeiten. Aber der Schieber und sein Bewegungsradius brauchen Platz. So bleibt weniger Raum für das Formteil.

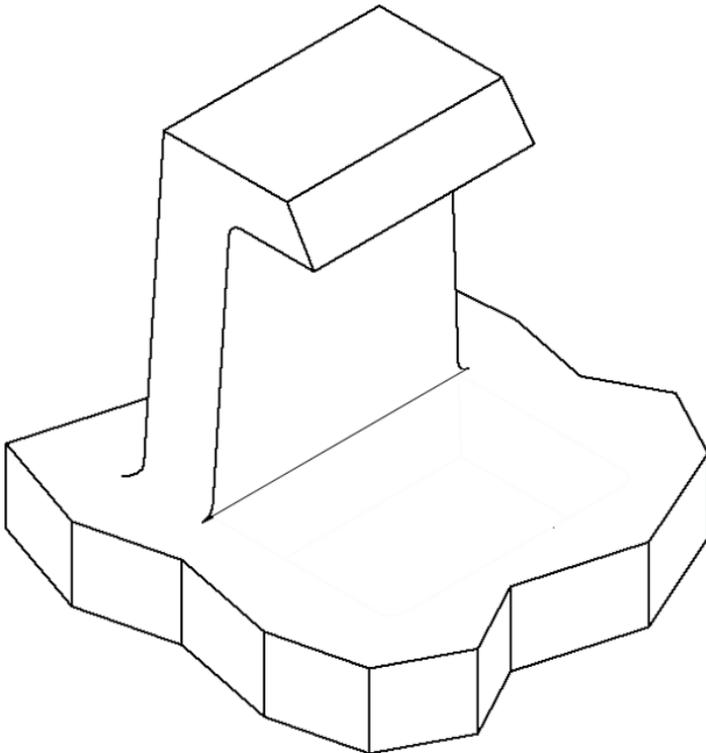
## *Mit Verschlüssen arbeiten*

Das Arbeiten mit sogenannten *Verschlüssen* ist ein weiterer Ansatz. Bei diesem Verfahren wird die Form in herkömmlicher Weise geöffnet und geschlossen, wobei aufgrund des Formverschlusses nur ein Bereich der Teileseite A in Kontakt mit seiner B-Seite kommt. Dies führt zu einem offenen Bereich

in der Teilwand, anstatt per Seitenschieber einen Bereich des Hohlraums zu blockieren. Die Wand mit der Öffnung kann eine Formschräge ausweisen.

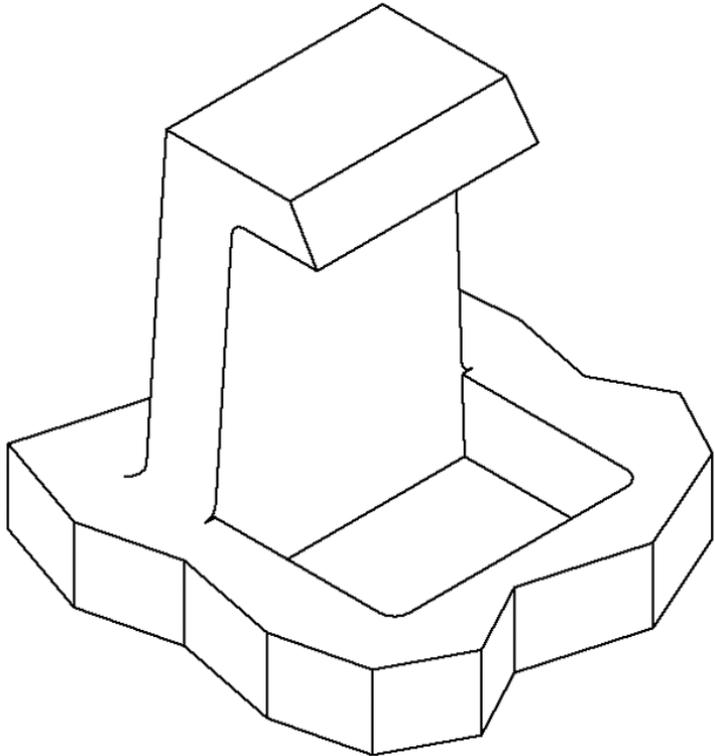
Ein Verschluss unterscheidet sich auch von Formgeometrien wie Rippen und Domen, da der Designer hier einen ganz anderen Ansatz für das Design des herzustellenden Teils hat.

Mein Lieblingsbeispiel für das Arbeiten mit Verschlüssen ist die Herstellung eines Hakens, eine Fläche, von der so ein Pin absteht – eben ein Haken (siehe Abbildung 4.2). Für die Herstellung des eigentlichen Hakens ist ein wahnsinnig aufwendiger Seitenschieber erforderlich, der vielleicht auch gar nicht funktioniert, weil Bereiche des Teils nicht erreicht werden beziehungsweise andere Teilekomponenten im Weg stehen.



**Abbildung 4.2:** Diesem formschönen Haken sieht man nicht an, wie schwierig seine Herstellung ist.

Stattdessen können Sie mithilfe eines Verschlusses ein Loch in das zukünftige Teil graben. Der Verschluss füllt den Bereich unterhalb der Hakenkante und schafft so den Hohlraum im Teil (siehe Abbildung 4.3). So ein Haken ist einfacher zu produzieren.



**Abbildung 4.3:** Wenn das fertige Teil am Sockel des Hakens eine Öffnung hat, ist die Hakenproduktion mit Verschlüssen gefragt.



Der Bereich der Form, der für die Unterseite des Hakens zuständig ist, ist die B-Seite. Sie muss fest an die A-Seite passen, damit der kleine Hohlraum, der wiederum den Haken erzeugt, erstellt werden kann. Die Flächen, die beim Schließen der Form aufeinandertreffen, benötigen eine Formschräge von mindestens drei Grad.



Wenn Sie sich nicht sicher sind, ob das Formteil eher mit Seitenschieber oder mit Verschlüssen erstellt werden soll, machen Sie sich keine Sorgen. Wenn Sie die Daten zu Ihrem Formteil in das Proto Labs-System hochladen, werden Sie ausführlich beraten. Dies Bestandteil unseres Angebotssystems.

### ***Und noch mehr Seitenschieberfunktionen***

Sie können mit einem Seitenschieber auch eine Fläche auf einem Teil ohne Formschräge erstellen. Wenn Sie mit mehreren Seitenschiebern arbeiten, gibt es auch mehr Flächen, die senkrecht zur Öffnungsrichtung der Form stehen. Diese Flächen können sogar mit Struktur oder Text versehen werden. Und da die Schieberkomponente der Form vor dem Ausstoßen des Formteils aus dem Weg geschoben wird, müssen Sie sich über Kratzer oder Druckstellen keine Gedanken machen.

Besonders gerne mag ich noch eine weitere Einsatzmöglichkeit: Ein langes, schmales Teil soll innen einen Hohlraum kriegen. Bevor Sie jetzt eine tiefe Rille in die Form schlagen, ist es doch einfacher, den Hohlraum mit dem Seitenschieber zu fabrizieren. (Abbildung 4.1 zeigt, wovon ich spreche.)

## ***Zwangsentformung anordnen***

Seitenschieber und Verschlüsse dienen in der Regel der Herstellung von äußeren Seitengeometrien. Aber manchmal tut es leider keines von beiden Verfahren. Je komplexer die Designherausforderung, umso tiefer müssen Sie in die Trickkiste greifen. Es gibt einfache Fälle, bei denen die Gewährleistung der Bewegungsfreiheit zum reibungslosen Öffnen der Form nicht zu funktionierenden Teilen führt. Um beispielsweise einen Vorsprung im Inneren eines Formteils herzustellen, muss eine Art Aussparung in die Form gedrückt werden. Damit erstellen Sie eine Teilekomponente, aufgrund derer angrenzende Teilbereiche nicht ohne Widerstand aus der Form ausgestoßen werden können. Und wie macht man das? Beim Schnellspritzgießen kann eine sogenannte *Zwangsentformung* weiterhelfen. Tja, Zwänge gibt es überall. Bei der Zwangsentformung enthält das Formteil eine Komponente mit schwacher Hinterschneidung, die den Ausstoß des Formteils schwieriger macht.

Abbildung 4.4 zeigt die ausgesparte Fläche in der Form, die zur Zwangsentformung führt. Da die Hinterschneidung im Inneren liegt, kommt ein Seitenschieber nicht in Frage.



**Abbildung 4.4:** Die Zwangsentformung wird durch die Einsparungen in der Form bedingt.

Beim Abkühlen in der Form schrumpft das Material auf der versenkten Fläche und sorgt so beim Ausstoßen für Widerstand. Die Versenkung darf nur so tief sein, dass es beim Ausstoßen des Formteils aus der Form nicht zu einer Beschädigung der Formoberfläche kommen kann. Wenn Sie beim Design Ihres Formteils eine Zwangsentformung einplanen, arbeiten Sie am besten mit den Experten von Proto Labs zusammen. Sie wissen genau, welche Hinterschneidungsgröße abhängig vom verwendeten Material in Ihrem Fall in Frage kommt.

## *Mit Einsätzen und Stiften arbeiten*

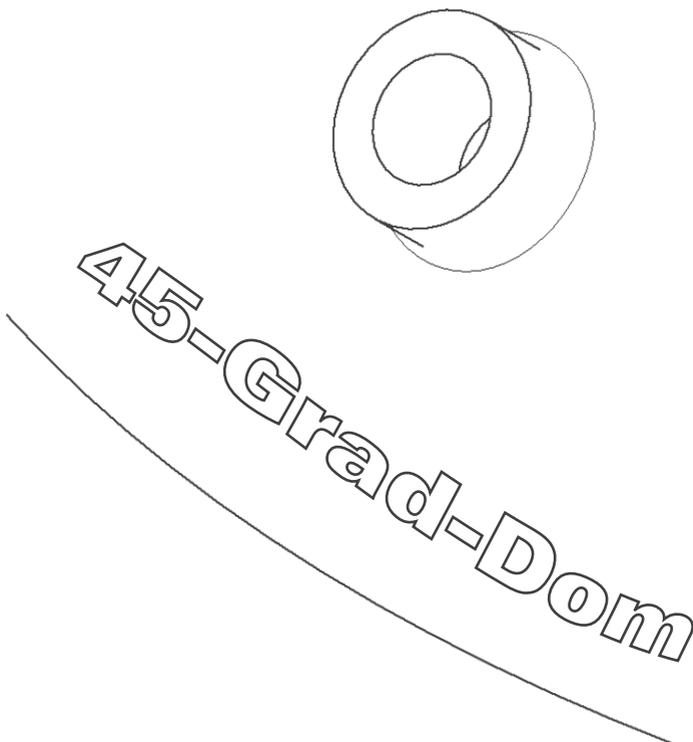
Jetzt reicht es aber langsam mit dem Thema. Fazit ist: Je einfacher die Konstruktion der Form für das Formteil ist, umso schneller und kostengünstiger wird auch die Herstellung des Formteils vonstattengehen. Proto Labs hat ein paar Verfahren entwickelt, mit denen die Bearbeitungszeit verringert und die Qualität verbessert werden. Super! Und wie funktioniert das?

In die Form werden beispielsweise vorübergehend zusätzliche Elemente gesteckt. Lesen Sie weiter!

## ***Einsätze einsetzen***

Wenn Teilemerkmale mithilfe von beweglichen Werkzeugteilen nicht herstellbar sind, sollten Sie nicht verzweifeln. Greifen Sie stattdessen zu speziellen Formenkomponenten, den sogenannten *Einsätzen*. Diese Einsätze werden vor dem Einspritzen des Materials in die Form gesetzt. Sie werden zusammen mit dem fertigen Teil ausgestoßen und müssen anschließend manuell vom Formteil entfernt und zurück in die Form gesetzt werden.

Die Ausrichtung von Einsätzen in einer Form ist beliebig. Das schafft quasi grenzenlose Designfreiheit. Elemente auf



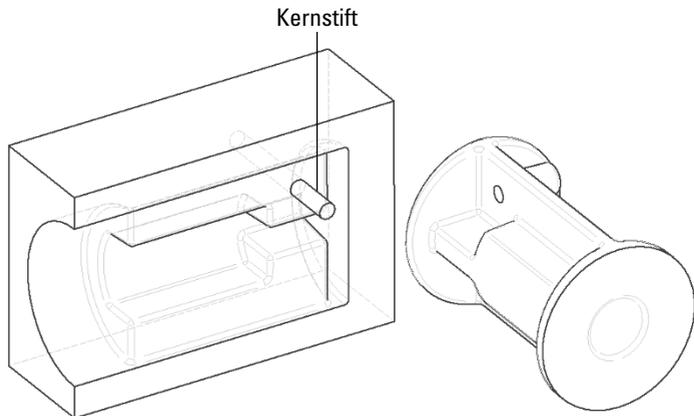
**Abbildung 4.5:** Ein Einsatz ist die perfekte Lösung zur Herstellung dieses 45-Grad-Doms auf einer gewölbten Fläche.

einer schrägen Fläche oder auf gekrümmten Flächen in einem Winkel zur Trennebene können weder mit Seitenschiebern noch mit Verschlüssen gebaut werden. Abbildung 4.5 zeigt ein Beispiel für einen Dom, der nur mit einem Einsatz hergestellt werden kann. Die einzige Einschränkung für Einsätze besteht darin, dass sie während der Befüllung der Form ihre Position beibehalten müssen. Das heißt, sie müssen fest und sicher in der Form befestigt sein. Und das manuelle Entfernen vom fertigen Teil muss ebenfalls funktionieren.

## *Kernstifte anfügen*

Lange, dünne Elemente, die in eine Form eingearbeitet werden müssen, sind problematisch. Aber was tun, wenn ein dünner Hohlraum durch oder in ein Formteil gehen soll und die Form entsprechend ausgestattet werden muss? Lange, dünne Formelemente kosten in der Herstellung und verbiegen oder brechen zu leicht. Der Formenbau muss dann extrem langsam durchgeführt werden, damit auch ja nichts passiert.

Und genau hier kommen die *Kernstifte* ins Spiel. Diese Stifte können außerhalb der Form angefertigt (was die Qualitätssicherung vereinfacht) und anschließend in die Form eingefügt werden (siehe Abbildung 4.6).



**Abbildung 4.6:** Bauen Sie nach der Fertigung der Hohlraumdetails lange, dünne Kernstifte in die Form ein.



Wenn Sie ein Element, das tief in die Form hineinragt, im Griff haben wollen, sind die Kernstifte das Mittel Ihrer Wahl. Steile Formschrägen und sonstige Ansprüche – alles kein Problem.

## *Produktivitätsdesign*

Nur weil eine Form nur eine begrenzte Masse an Material aufnehmen kann, heißt das noch lange nicht, dass Sie nur ein Formteil pro Produktionszyklus erhalten können.

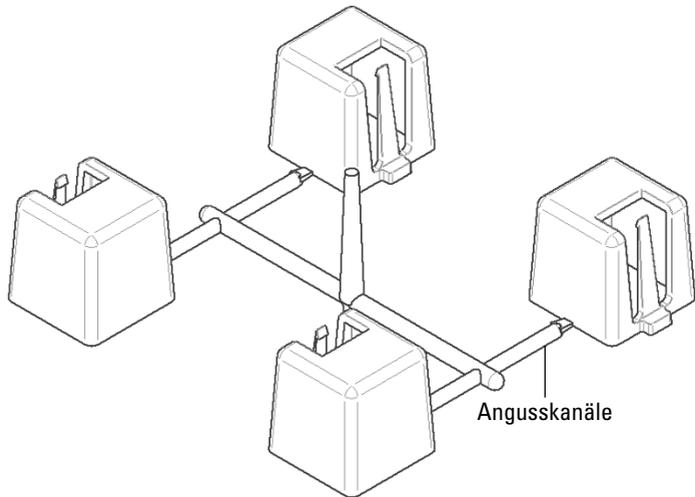
Wenn Sie beispielsweise eine große Anzahl kleiner Teile fertigen wollen, sollten Sie beim Formdesign darauf hinarbeiten, dass mehrere Teile pro Produktionszyklus in eine Form passen. Unter Umständen sind die Herstellungskosten für eine solche Form höher als für eine Standardform. Dafür werden mehr Teile in kürzerer Zeit produziert.

### *Einer für alle: Eine Form für mehrere Teile*

Die Konstruktion der Kerne und Hohlräume der Form für mehrere Teile, wie in Abbildung 4.7 zu sehen, ist – man höre und staune – relativ simpel. Sie müssen ein paar zusätzliche Berechnungen anstellen, um die gleichbleibende Qualität von Hohlraum zu Hohlraum zu sichern, aber ansonsten kriegen Sie tatsächlich mehr für Ihr Geld.

### *Seitwärts schubsen: Seitenschieber für Formen mit mehreren Hohlräumen*

Wenn Sie in eine Form, in der mehrere Teile gleichzeitig gegossen werden sollen, zusätzliche Hohlräume schneiden, kann es mit dem Seitenschieber schwierig werden. Abhängig von der Größe und dem Bewegungsradius des Schiebers ist es manchmal machbar und manchmal nicht. Wenn es nicht geht, können Sie die Form trotzdem mit speziellen Merkmalen



**Abbildung 4.7:** Zum gleichzeitigen Fertigen mehrerer Teile sind mehrere Angusskanäle und Auswerfer erforderlich.

ausstatten. Greifen Sie beispielsweise zu Einsätzen oder Kernstiften, mit denen Sie die zusätzlichen Hohlräume kreieren können.

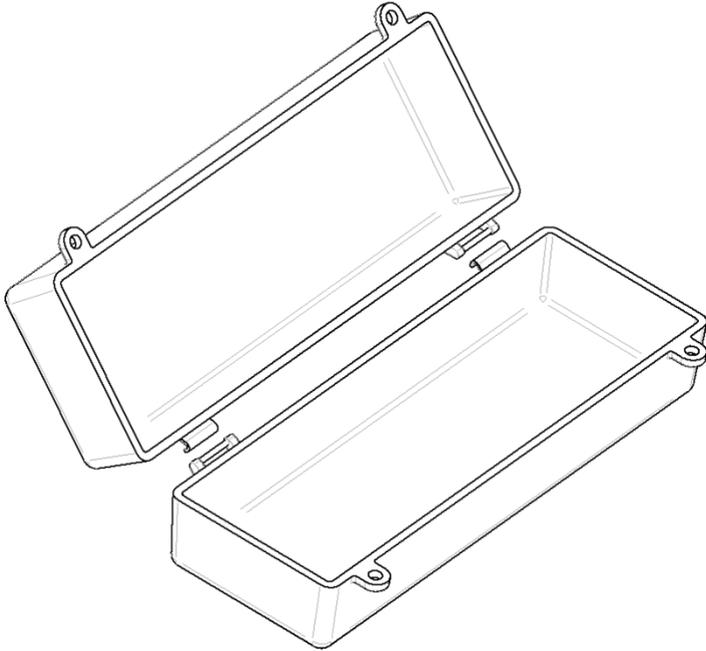
## *Spieglein, Spieglein an der Wand*

In Fällen, in denen das Basiselement einer Reihe von Teilen identisch ist, sollten Sie Folgendes versuchen: Probieren Sie aus, ob Sie aus einem Teil zwei Gegenstücke fabrizieren können. Wenn das Design stimmt, können die Teile in irgendeiner Form (Scharnier, Verzahnung etc.) verbunden werden.

Mit ein wenig Kreativität sind Sie in der Lage, die zwei Hälften eines aufklappbaren Behälters in zwei Produktionsläufen desselben Teils zu fertigen (siehe Abbildung 4.8). Das heißt, Sie sparen sich den Bau einer zweiten Form.

Im Fall des aufklappbaren Behälters fertigen Sie ein Scharnier mit einem Stift auf der einen Seite und einem Scharnier mit einem dazu passenden Loch auf der anderen Seite. Wenn dann

die beiden Teilkopien korrekt positioniert werden, passt der Stift des einen Teils in das Loch des anderen.



**Abbildung 4.8:** Hier genügt die Herstellung zweier identischer Teile.

---

## Kapitel 5

# Spritzgussteilen den letzten Schliff geben

---

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Farbe bekennen
  - ▶ Den Job zu Ende bringen
- 

**D**as Design ist nun fast abgeschlossen, und Sie können es wahrscheinlich kaum erwarten, das fertige Formteil – möglichst schnell – in Ihren Händen zu halten. Da das Aussehen des Formteils aber fast genauso wichtig ist wie seine Funktionalität, sollten Sie sich über seine Farbe und die für die Farbgebung verfügbaren Optionen Gedanken machen.

Hier sind Sie im richtigen Kapitel. Sie erfahren, wie Sie mit Farbe und Struktur arbeiten, um Ihrem Formteil den letzten Schliff zu verpassen.

## *Farbe bekennen*

Eigentlich haben Kunststoffe in ihrer Rohform gar keine Farbe. Und dennoch gibt es Kunststoffteile in allen Farben. Es wird Sie daher nicht überraschen, dass Sie bei der Farbgebung für Ihr Formteil eine riesige Auswahl an Farboptionen haben.

Ein Formteil kann auf zwei verschiedene Arten eingefärbt werden:

- ✔ Sie färben das Teil nach dem Ausstoß aus der Form.
- ✔ Sie färben die Kunststoffe vor dem Einspritzen in die Form.

Welche Methode ist besser? Das hängt davon ab, für welche Aufgaben das Teil konzipiert ist, wie schnell Sie es brauchen und wie Sie es schlussendlich einsetzen wollen. In den beiden folgenden Abschnitten lernen Sie beide Verfahren kennen.

## *Von außen anmalen*

Wenn die Formteifarbe exakt mit der Farbe anderer Konstruktionselemente übereinstimmen oder mit den Farben Ihres Firmenlogos harmonisieren soll, dann empfiehlt es sich, das Formteil nach dem Entformen zu färben.

Da gibt es eigentlich nicht so viel zu erklären. Sie suchen sich eine Farbe aus und pinseln los. Aber vorher müssen Sie noch die Flächen für den Anstrich präparieren.

Manchmal kann es erforderlich sein, ein paar Flächen vor dem Malern abzukleben. Beim Malen wird das Teil durch die Farbe geringfügig dicker. Das kann aber unter Umständen schon ausreichen, dass Verbindungen zu anderen Teilen nicht mehr korrekt passen. Das Abkleben stellt zwar einen zusätzlichen Arbeitsschritt dar, ist aber wahrscheinlich trotzdem noch einfacher und schneller als das genaue Einfärben des Kunststoffes.

Beim Streichen erhält das Formteil außerdem eine feinere Politur, die nicht extra im Formhohlraum vorbereitet werden muss.

## *Von innen einfärben*

Die zweite Methode, Formteile mit Farbe zu versehen, ist das Beimischen von Farbstoffen in Kunststoffe. Hier bietet Proto Labs eine Auswahl an Standardfarben an – Bananengelb, Kirschrot, Kokosnussbraun, Spinatgrün, Honigbeige –, um Ihnen den Mund etwas wässrig zu machen. Neben einer Vielzahl von Rot-, Grün- und Blautönen sind auch verschiedene transparente Farben zum Einsatz mit klaren Kunststoffen erhältlich. Beim Einfärben von Kunststoffen ist es am besten, mit seinem Naturton beziehungsweise mit klaren Kunststoffen zu beginnen.



Die bei Proto Labs eingefärbten Kunststoffe entsprechen unter Umständen nicht haargenau den von Ihnen gewünschten Farben. Sie können daran aber gut erkennen, wie das Formteil aussehen wird. Mit den vorrätigen Proto Labs-Farben sparen Sie Geld und erhalten schnelle Ergebnisse.

Zum Einfärben von Teilen mit diesen Farben werden bei Proto Labs die Farbzusätze in Form von Granulat dem Kunststoff beigemischt. Das sieht dann im Fülltrichter ein bisschen wie eine Salz-Pfeffer-Mischung aus. Wie Sie vielleicht in Abbildung 5.1 erkennen können, braucht es hierzu nicht viel Farbzusatz. Circa drei Prozent der Kunststoffmenge reichen aus. Diese Mischung wird dann während des Schmelzvorgangs im Zylinder vor dem Einspritzen in die Form vermischt.



**Abbildung 5.1:** Ein klein wenig Farbzusatz reicht zum Einfärben des Kunststoffes.



Kunststoffe, die über spezielle Eigenschaften verfügen (zum Beispiel Hitzebeständigkeit) oder die aufgrund bestimmter Eigenschaften für spezielle Einsatzbereiche vorgesehen sind (wie Medizin oder Lebensmittelkonservierung), verlieren beim Zusetzen von Farbstoffen unter Umständen diese Merkmale. Eine Beibehaltung aller Eigenschaften kann auch von Proto Labs nicht garantiert werden. Sie müssen also selbst darauf achten, dass die Farbstoffe nicht die Funktionalität des fertigen Teils beeinträchtigen. Lesen Sie hierzu auch den Kasten »Farbgebung bei vorgemischten Kunststoffen«.



Wenn völlige Farbübereinstimmung erforderlich ist, sollten Sie sich zunächst an einen Compoundierer wenden, der die genaue benutzerdefinierte Farbnuance im Kunststoff liefern kann. Vergessen Sie nicht, für diesen Vorgang ausreichend Zeit einzuplanen.

### ***Farbgebung bei vorgemischten Kunststoffen***

Unterschiedliche Kunststoffe reagieren auch unterschiedlich auf die Beimischung von Farbzusätzen. Bei Kunststoffen, die erst bei sehr hohen Temperaturen schmelzen, kann eine einheitliche Durchfärbung schwierig sein. Abhängig von der gewählten Farbe kann es zu Wirbelbildung oder Farbinkonsistenzen beim fertigen Teil kommen. Sie können diesen Problemen mit fertig gemischten Kunststoffen vorbeugen. Was sind vorgemischte Kunststoffe? Kunststoff und Farbstoff werden zunächst gemischt, geschmolzen und zermalmt. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis genau die gewünschte Farbe mit optimaler Durchmischung produziert ist.

Beim Vorgang von vorgemischten Kunststoffen bleiben auch die speziellen Kunststoffeigenschaften bestehen, deren Erhalt von Proto Labs beim Mischen von Kunststoffen mit den Proto Labs-Farbzusätzen nicht garantiert werden kann.

## ***Das große Finale***

Kunststoffteile gibt es mit verschiedensten Oberflächen. Ein Teil soll auf Hochglanz poliert werden oder flauschig weich wirken – das gesamte Teil oder nur ein Bereich? Alles kein Problem. Sie können sogar Bereiche unterschiedlich gestalten.

Proto Labs bietet verschiedene Oberflächenqualitäten an, die Sie Tabelle 5.1 entnehmen können.

Bezeichnung	Beschreibung
PM-F0	Nicht kosmetisch; Oberflächenqualität nach Ermessen von Proto-Labs
PM-F1	Geringe kosmetische Oberflächenbearbeitung; Werkzeugabdrücke werden größtenteils beseitigt
SPI-C1	Stein, 600er-Körnung, 10-12 Ra
SPI-B1	Papier, 600er-Körnung, 2-3 Ra
SPI-A2	Diamantpoliturscheibe, Grad Nr. 2, 1-2 Ra
PM-T1	Proto Labs-Oberflächenstruktur, SPI-C1, anschließend leichtes Perlstrahlen
PM-T2	Proto Labs-Oberflächenstruktur, SPI-C1, anschließend mittleres Perlstrahlen

*Tabelle 5.1: Liste der bei Proto Labs erhältlichen Oberflächenqualitäten*



## Kapitel 6

# Die Top Ten der Proto Labs-Vorteile

.....

### *In diesem Kapitel*

- ▶ Professionelles Fachwissen
  - ▶ Richtige Teile und keine Prototypen
  - ▶ Unterschiedliche Produktionsmengen
- .....

**D**ieses Kapitel fasst die Vorteile der Zusammenarbeit mit Experten beim Erstellen von Prototypformteilen und des Einsatzes von Proto Labs-Lösungen zusammen.

## *Proto Labs-Know-how*

In diesem Buch geht es nicht darum, ein Formteil schnell zu kriegen, oder gar darum, ein gutes Formteil schnell zu kriegen. Es geht darum, wie ein hochwertiges Kunststoffteil hergestellt wird. Punkt und aus!

Die Ansätze und Optionen, die Ihnen in diesem Buch präsentiert werden, stellen bewährte Verfahren für das Schnellspritzgießen dar. Sie basieren auf den langjährigen Erfahrungen der Firma Proto Labs, die ihre Kunden dabei unterstützt, ihre Ideen schneller umzusetzen, als sie es sich jemals vorstellen konnten.

Diese Methoden sind für alle hilfreich, die wissen wollen, wie das Herstellen von Spritzgussteilen funktioniert. Aber bewährte Verfahren sind nur die eine Seite der Medaille. Für die Teile braucht es auch Leute, gute Leute.

## Zugriff auf Experten und Expertinnen

Kein Buch oder Leitfaden kann es mit dem kundigen Auge eines Experten oder einer Expertin aufnehmen. Egal wie gut eine Anleitung auch sein mag, sie hilft Ihnen nicht weiter, wenn Sie aus mangelnder Designerfahrung die falsche lesen.



Die Zusammenarbeit mit Fachleuten, die Ihr Design und Ihre Anforderung prüfen, ist absolut erforderlich. Sie erhalten so vielleicht Informationen, mit denen Sie die Anforderungen an Ihre ganz spezielle Situation ganz anders sehen werden. Wenn Sie also bereits vorhaben, Kunststoffteile fertigen zu lassen, nehmen Sie Kontakt zu den Experten und Expertinnen auf.

Auch wenn Sie bereits Erfahrung im Spritzgießen sammeln konnten, bringt das Expertenteam von Proto Labs vielleicht frischen Wind in Ihr Vorhaben und lässt Sie die Dinge aus einem anderen Blickwinkel betrachten. Die Designprozesse und die Verfügbarkeit von Materialien ändern sich ständig. Leute, die sich Tag und Nacht nur mit Kunststoff beschäftigen, können da nur hilfreich sein.

## Eigene Technologien und Werkzeuge

Bewährte Verfahren und ein Expertenteam an Ihrer Seite reichen allein nicht aus. Was fehlt? Genau, Technologie!

Die Technologien zur Herstellung von Kunststoffteilen verbessern sich quasi stündlich. Und wenn diese Technologien auch noch die Leistung von bereits sehr erfahrenen Experten und Expertinnen optimieren, kann das nur zu exzellenten Ergebnissen führen. Spezialsoftware von heute analysiert ein zukünftiges Formteil und erkennt, ob es so, wie Sie es planen, herstellbar ist. Wenn ja, wird gleich auch noch ermittelt, was Sie das kosten wird.

Diese Analyse ist noch effizienter, wenn sie Konstruktionsdaten über eine Auswahl an Materialien einbezieht, die in einem

bewährten Verfahren verarbeitet werden sollen. Mithilfe der präziseren Konstruktionsdaten von Proto Labs kann eine bessere Qualitäts- und eine genauere Kostenvorhersage erstellt werden.

## *Echte Teile in kürzester Zeit*

Beim Rapid Prototyping (RA), dem schnellen Prototypbau, wird in der Regel eine exakte Nachbildung von Teilen durch Verfestigen von Flüssigkeiten mit Laserstrahlung hergestellt. Hierbei wird entweder pulverförmiges Material oder Kunststoff geschmolzen und in Schichten gehärtet. Anhand dieser Prototypen können sich diejenigen, die nicht in das Teiledesign involviert sind, ein Bild über die Form und die Größe des geplanten Formteils machen. Wenn Sie aber einen Prototyp zum Testen auf Form, Passgenauigkeit und Festigkeit benötigen, helfen diese auf die Schnelle erstellten Prototypen nicht weiter. Sie können keine Auskunft darüber geben, wie sich das eigentliche Material anfühlt, wie die echte Farbe aussieht oder wie gleichmäßig die Oberflächenbeschaffenheit ist. Es ist hier auch nicht möglich, mehr als einen Oberflächentyp pro Teil zu verwenden.

Manche RA-Systeme arbeiten mit dem Material, das Sie für den eigentlichen Spritzguss ausgewählt haben. Aber hier erhalten Sie als Ergebnis nicht dieselben physikalischen Eigenschaften wie beim Spritzgießen. Wenn Sie die mechanische Leistung eines Teils auswerten müssen, dürfen Sie das nie vergessen.

Das Fließen des Kunststoffes in die Form hat Auswirkungen auf seine Stärke und Leistung. Material, das außerhalb einer Gießform verwendet wird, unterliegt nicht denselben physikalischen Veränderungen wie in eine Form gespritzter Kunststoff. Auch die Abkühlphase kann sich unterschiedlich auf Materialien auswirken. Sie können also nicht erwarten, dass die Leistung eines mit RA-Verfahren erstellten Teils an die Leistung eines mit Schnellspritzgussverfahren von Proto Labs produzierten Prototyps heranreicht.

## Bereit für die Serienproduktion

Dieser Punkt wurde bereits erwähnt, kann aber nicht oft genug wiederholt werden: Ein mit Schnellspritzgussverfahren hergestelltes Teil ist ein hochwertiges Teil, das so, wie es ist, auch mithilfe von Serienproduktionswerkzeugen in Masse mit Klasse hergestellt werden kann.



Spritzgießen ist nicht gleich Spritzgießen. Die Unterschiede liegen in den Kosten für die Form, der Flexibilität bei der Formgröße und die Verfügbarkeit ausgetüftelterer Tools wie Seitenschieber (die sehr aufwendig in der Erstellung sind). Früher mussten Leute Wochen oder gar Monate warten, nur um herauszufinden, dass an ihrem geplanten Formteil gravierende Änderungen erforderlich waren und die Form nutzlos war. Dank Proto Labs können Sie einfach und genau Ihr Design prüfen und erhalten auf Ihre Anforderung abgestimmte Mengen von Teilen um reibungslos von der Vor- in die Serienproduktion zu wechseln.

## Verschiedenste Oberflächen

Proto Labs stellt Formteile mit unterschiedlichen Oberflächen im Schnellspritzgussverfahren her. Testen Sie mithilfe von Proto Labs Seitenschieber oder andere Werkzeugoptionen, damit Sie wissen, was auf lange Sicht am besten funktioniert. Proto Labs misst, um wie viel der Kunststoff schrumpft, und ermittelt die endgültige Teilgröße. Jedes Einsinken und jeder sonstige Makel kann vor dem Herstellen der Form korrigiert werden. Mit anderen Worten: Sie können stets sicher sein, dass das Formteil genauso gut aussehen wird, wie Sie es erwarten.

Form und Oberflächenbeschaffenheit wird mehr und mehr zu einem wichtigen Faktor, den Sie bei Ihrem Design berücksichtigen sollten. Die Leute sind es heutzutage gewohnt, qualitativ hochwertige Teile zu »fühlen« und entwickeln ein immer schärferes Auge für Makel in Form und Oberflächenbeschaffenheit.

## *Fertigung on-demand*

Wenn ein Unternehmen ein Formteil innerhalb eines Tages herstellen kann, ist wohl anzunehmen, dass dieselbe Firma eine Menge dieser Teile in einem längeren Zeitraum produzieren kann.

Wenn Sie nur eine kleine Stückzahl benötigen, fragen Sie die Leute von Proto Labs, wie viel Stück sie in welcher Zeit fertigen können. Sie wissen bereits, dass Sie Ihr Design kennen und was Sie mit dem Formteil vorhaben.



# Glossar

.....

**Angusskanal:** Ein Kanal, durch den der Kunststoff vom Angusskegel bis zum Anschnitt läuft. In der Regel verlaufen Kanäle parallel zu den Trennflächen der Form und sind auch in diesen Flächen enthalten.

**Angusskegel:** Auch Angusszapfen oder Angussstange genannt; das erste Element im Kunststoffverteilungssystem; der Angusskegel steht senkrecht zu den Trennflächen der Form und transportiert den Kunststoff zu den Kanälen, die in der Regel in den Trennflächen der Form liegen.

**Angusssteg:** Siehe *Anschnitt*.

**Anschnitt:** Der Bereich der Form, an der der Kunststoff in den Hohlraum der Form läuft.

**Anschnitt über Auswerfer:** Ein spezieller Anschnitt, bei dem ein Auswerferstift den Kunststoff durch eine Öffnung in den Hohlraum drückt. Das überschüssige Material muss nachträglich entfernt werden.

**Anschnittrest:** Nach dem Spritzgießen bleibt der Angusskanal (beziehungsweise im Fall eines thermischen Anschnitts eine Kunststoffnoppe) am Anschnitt mit dem Formteil verbunden. Nach dem Abtrennen des Kanals oder der Noppe ist noch eine winzige Unvollkommenheit, der Anschnittrest, am Teil sichtbar.

**A-Seite:** Die Seite der Form, die den Außenbereich eines kosmetischen Teils bildet. Diese Seite enthält in der Regel keine beweglichen Elemente. Siehe auch *Hohlraum*.

**Auswerferstift:** In der Regel mehrere Stifte in der B-Seite der Form, mit denen das Teil nach seiner Abkühlung aus der Form gedrückt wird.

**Bindenaht:** Siehe *Schmelznaht*.

**B-Seite:** Die Seite der Form, an der Auswerfer, Seitenschieber und sonstige komplexe Werkzeugkomponenten befestigt sind. Mit dieser Seite wird in der Regel der Innenbereich eines kosmetischen Teils gebildet. Siehe auch *Kern*.

**Einsatz:** Ein Formelement, das entweder nachträglich fest in die Form eingebaut oder vorübergehend zwischen den Formzyklen in die Form gesteckt wird. Siehe auch *Loser Einsatz*.

**Einsinken:** Vertiefung oder andere Verformung an der Oberfläche des Teils, die dadurch entsteht, dass verschiedene Bereiche des Teils unterschiedlich schnell abkühlen, was meist bei unterschiedlich dicken Wänden der Fall ist.

**Entformen:** Der letzte Schritt im Spritzgussverfahren, mit dem das fertige Teil mithilfe von Stiften oder anderen Mechanismen aus der Form gedrückt wird.

**Entformungsschräge:** Siehe *Formschräge*.

**Form mit geradem Rückzug:** Eine Form, die mithilfe zweier Hälften einen Hohlraum bildet, in den der Kunststoff gespritzt wird. Dieser Formtyp verfügt nicht über Seitenschieber oder sonstige spezielle Mechanismen zur Lösung von Hinterschneidungen.

**Form mit mehreren Hohlräumen:** Eine Form, mit der mehrere Teile aus demselben Material in einem Produktionszyklus hergestellt werden.

**Formschräge:** Kegelförmige Anpassung der Flächen des Formteils, die verhindert, dass sie parallel zur Bewegungsrichtung beim Öffnen der Form stehen. Dies verhindert eine Beschädigung des Formteils beim Ausstoßen aus der Form.

**Formteilung:** Siehe *Trennebene*.

**Gussgrat:** Kunststoff, der in eine dünne Lücke in der Trennebene der Form läuft und dabei eine unerwünschte dünne Kunststoffsicht bildet.

**Hinterschneidung:** Ein Bereich des Formteils, das einen anderen Bereich verdeckt und so eine Sperre zwischen dem Teil und einer oder beiden Formhälften bildet. Ein klassisches Beispiel ist ein Loch, das senkrecht zur Öffnungsrichtung der Form in eine Teielseite gebohrt wird. Eine Hinterschneidung macht das

Auswerfen des Teils oder das Öffnen der Form oder beides unmöglich.

**Hohlraum:** Der leere Bereich zwischen A- und B-Seite der Form, der zur Herstellung des Spritzgussteils gefüllt wird. Die A-Seite einer Form wird manchmal Hohlraum genannt.

**Hot-Tip-Anschnitt:** Siehe *Thermischer Anschnitt*.

**Kern:** Der Bereich der Form, der in den Hohlraum der Form geführt wird, um das Innere eines hohlen Teils zu formen. Der Kern befindet sich meist auf der B-Seite der Form; daher wird die B-Seite manchmal auch Kern genannt.

**Kern-Hohlraum:** Eine Form, die durch das Zusammendrücken ihrer A- und B-Seiten beschrieben wird.

**Kernstift:** Ein Element, das in einer Form befestigt wird und das einen Hohlraum im Teil herstellen soll. Es ist meist einfacher, einen Kernstift als separates Element zu konstruieren und ihn bei Bedarf mit der A- oder der B-Seite der Form zu verbinden. Kernstifte aus Stahl werden manchmal in Aluminiumformen als lange, dünne Kerne verwendet, die zu leicht abbrechen, wenn man sie aus dem Aluminium der Form herausragen lässt.

**Kolben:** Ein hydraulischer Mechanismus, mit dem die Schnecke im Zylinder nach vorn gedrückt und der Kunststoff in die Form gespritzt wird.

**Kunststoff:** Ein allgemeiner Begriff für chemische Verbindungen, die nach dem Einspritzen ein Kunststoffteil bilden.

**Looser Einsatz:** Ein Formelement, das auf dem ausgeworfenen Teil stecken bleibt und nachträglich abgezogen und wieder in die Form gesetzt werden muss.

**Oberflächenbehandlung:** Die Behandlung der Oberfläche aller oder einiger Flächen des Formteils. Die Behandlung reicht von einer glatten, polierten Oberfläche bis hin zu einer tiefrilligen Struktur, mit der kleine Fehler in der Oberfläche verdeckt werden oder ein sich griffig anführendes Teil produziert wird.

**Rippe:** Ein langes, dünnes Element, das parallel zur Bewegungsrichtung beim Öffnen der Form verläuft, mit dem Wände oder Dome verstärkt werden.

**Schmelznaht:** Mit mehreren Angüssen auch Schmelzlinie genannt; Unregelmäßigkeiten im Teil, wenn bei mehreren Angüssen verschiedene Flüsse von abkühlendem Kunststoff aufeinandertreffen und ineinander übergehen. Dies führt meist zu unvollständigen Verbindungen und/oder sichtbaren Linien; wird bei nur einem Anguss auch »Bindenaht« genannt.

**Schrumpfen:** Beim Abkühlen verändert Kunststoff seine Größe. Wenn Sie wissen, um wie viel ein Kunststoff schrumpft, können Sie die Form entsprechend größer bauen. Nach dem Schrumpfen hat das Formteil dann die gewünschte Größe.

**Seitenanschnitt:** Eine Öffnung an der Trennebene der Form, über die der Kunststoff in den Hohlraum fließt. Seitenanschnitte werden üblicherweise an einer Außenseite des Teils platziert.

**Seitenschieber:** Ein Bereich der Form, der beim Schließen der Form mit einem Schieber positioniert wird. Seitenschieber werden in der Regel bei Hinterschneidungen oder für Außenwände ohne Schräge eingesetzt. Beim Öffnen der Form wird der Seitenschieber aus dem Teil gezogen und das Teil aus der Form gestoßen.

**Struktur:** Siehe *Oberflächenbehandlung*.

**Thermischer Anschnitt:** Auch »Anschnitt mit offenen Düsen« genannt; ein spezieller Anschnitt, der auf einer Fläche der A-Seite der Form sitzt. Dieser Anschnitttyp macht weder Angusskanal noch Angusskegel erforderlich.

**Trennebene:** Die Ebene beziehungsweise Linie, an der die beiden Formhälften aufeinandertreffen.

**Tunnelanschnitt:** Ein Anschnitt, der in die Kernhälfte der Form geschnitten wird. Bei diesem Anschnitttyp gibt es keinen sichtbaren Übergang auf der Außenseite des Formteils.

**Verfärbung:** Ein kosmetischer Makel an der Einspritzstelle, der auf dem fertigen Teil am Anschnitt sichtbar wird.

---

**Verformen:** Das Verziehen oder Verbiegen eines Teils während der Abkühlphase; wenn verschiedene Teilebereiche unterschiedlich schnell abkühlen und schrumpfen, kommt es im Material zu Spannungen, die wiederum zur Verformung führen.

**Verjüngung:** Siehe *Formschräge*.

**Verschluss:** Ein Element, das einen internen Hohlraum im Teil formt. Dabei werden Bereiche der A- und B-Seite aneinandergedrückt und so der Materialfluss in den Hohlraum verhindert.







# Keiner ist schneller.



## Wir liefern echte Teile in kürzester Zeit.

In diesem Buch lernen Sie Werkzeuge und Verfahren kennen, die Ihnen neue Ansätze für Ihr Produktdesign vermitteln. So können Sie die Qualität Ihrer Spritzgussteile enorm verbessern und die Herstellungszeit extrem verringern.

- **Bessere Teile in kürzerer Zeit** – wenn Sie die Grundprinzipien des Herstellungsprozesses von Spritzgussteilen verstehen.
- **Realisierbares Teiledesign** – wenn Sie die einfach zu befolgenden Regeln kennen, mit denen Sie kostenintensive Fehler vermeiden.
- **Zusammenarbeit mit Experten** – wenn Sie die Sprache der »Spritzgießerei« beherrschen und so Ihr Projekt verständlich kommunizieren.

## Sie erfahren:

- Wie Spritzgießen funktioniert.
- Wie ein optimaler Prototyp erstellt wird.
- Wie Sie die Formteile ganz nach Ihren Vorstellungen erhalten.
- Wie Sie alles in kürzester Zeit kriegen.

**Mach dich schlau:  
[www.fuer-dummies.de](http://www.fuer-dummies.de)**

Für Dummies®  
Eine Marke von



**Thom Tremblay** ist Softwaredesign-Spezialist und hat verschiedene Bücher zu 3D-CAD geschrieben. Er zeigt Unternehmen, welche positiven Auswirkungen Änderungen im Softwaredesign und bei der Softwareherstellung auf firmeninterne Prozesse und den Unternehmensgewinn haben können.

**Nicht zum Verkauf**

# **WILEY END USER LICENSE AGREEMENT**

Go to [www.wiley.com/go/eula](http://www.wiley.com/go/eula) to access Wiley's ebook EULA.