

# HANSER

Leseprobe

Thomas Brinkmann

Handbuch Produktentwicklung mit Kunststoffen

ISBN: 978-3-446-42243-8

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-42243-8>

sowie im Buchhandel.

### 7.1.9 Regel 8: Hinterschneidungen vermeiden

#### Hinterschneidungen erhöhen Werkzeugkosten

Formelemente, die eine Entformung des Formteils behindern, weil sie quer zur Entformungsrichtung ausgeprägt sind, bezeichnet man als Hinterschneidungen. Diese sind generell zu vermeiden, da sie die Werkzeugkosten durch zusätzliche Elemente, wie z. B. Schieber oder faltbare Kerne, deutlich erhöhen können. Werkzeugkosten haben aber nur bei kleinen Stückzahlen einen hohen Anteil an den Produktkosten.

Im Umgang mit Hinterschneidungen empfiehlt sich folgende Vorgehensweise:

1. Hinterschneidungen vermeiden durch Umgestaltung des Produkts

Falls Hinterschneidungen unumgänglich sind, sollte man folgende Alternativen in Bezug auf Werkzeugkosten und Prozesssicherheit hinterfragen:

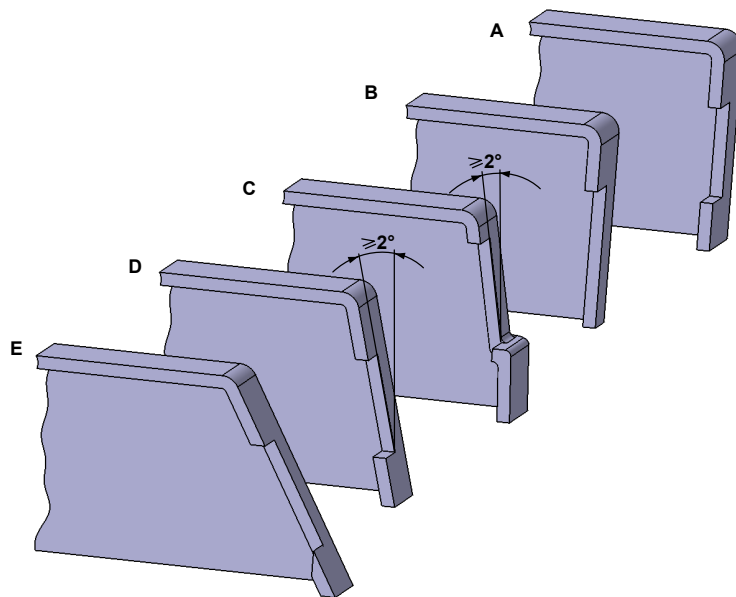
2. Ist eine Zwangsentformung prozesssicher machbar?
3. Ist der Einsatz einfacher kostengünstiger Entformungselemente, wie Lochstifte oder verfahr- oder verformbare Auswerfer, möglich?
4. Wie hoch ist der Aufwand für im Werkzeug integrierte Schieber?

#### Gestaltungsvorschläge zur Vermeidung von Hinterschneidungen

Beispiele zur Vermeidung von Hinterschneidungen sind in Abb. 37 dargestellt. In allen Beispielen, die in Abb. 37 illustriert sind, wurden die Formteile so umkonstruiert, dass die entsprechenden Werkzeuge mit einer Entformungsrichtung auskommen. Eine solche Umgestaltung ist nur in Absprache mit dem Auftraggeber möglich und muss bei Sichtteilen mit dem Design und den Funktionen des Bauteils abgestimmt werden. Bei nicht sichtbaren Teilen, die z. B. im Inneren von Geräten verbaut werden, spricht in der Regel nichts gegen eine Umgestaltung, da Werkzeugkosten eingespart werden. Von Relevanz ist die Optimierung von Werkzeugkosten insbesondere bei kleinen Stückzahlen, wie sie im Gerätebereich häufig anzutreffen sind.

- A: Die Öffnung in der Seitenwand des Kastens führt zu einer Hinterschneidung.
- B: Durch die Änderung der Öffnung in einen Schlitz wird die Hinterschneidung vermieden.
- C – E: Um eine Öffnung ohne Hinterschneidung zu erhalten, wird die Seitenwand jeweils so weit geneigt, dass das Formteil vom Kern abgestreift werden kann.

D – E: Die Kontaktflächen der Werkzeughälften müssen mindestens  $2^\circ$  zur Entformungsrichtung geneigt sein, um Reibung der Kontaktflächen aufeinander während des Öffnens und Schließens des Werkzeugs zu verhindern.



**Abb. 37:** Gestaltung zur Vermeidung von Hinterschneidungen (in Anlehnung an [meng99])

7

Hinterschneidungen lassen sich auch zwangsentformen – in Abhängigkeit von der Bauteildimension und der Steifigkeit der Thermoplaste bei Entformungstemperatur. In Tab. 3 sind für einige Kunststoffe Richtwerte der maximal zulässigen Hinterschneidungen aufgeführt [dupont89, gepl83].

**Zwangsentformungen von Hinterschneidungen teilweise möglich**

**Tab. 3:** Richtwerte der maximal zulässigen Hinterschneidungen [dupont89, gepl83]

Kunststoff	Kurzzeichen	Maximal zulässige Hinterschneidungen [%]
Polyethylen (weich)	PE	10–12
Polyoxymethylen	POM	5
Polyamid	PA	6–10
Polycarbonat	PC	2–3
Acrylnitril-Butadien-Styrol	ABS	2–3

Abb. 38 zeigt, wie Hinterschneidungen an Formteilen zu ermitteln sind. Dabei müssen Werkzeug und Formteil so konstruiert sein, dass beim Abziehvorgang die erforderliche Auslenkung zur Entformung der Hinterschneidung möglich ist. Im Allgemeinen eignet sich für Zwangsentformungen nur die Kreisform. Andere Formen, wie beispielsweise Rechtecke, beinhalten hohe Spanningskonzentrationen in den Ecken, die ein erfolg-

reiches Abstreifen verhindern. Die Hinterschneidung sollte abgeschrägt sein, um das Ausdrücken aus dem Werkzeug zu erleichtern und eine Überbeanspruchung des Teils zu vermeiden.

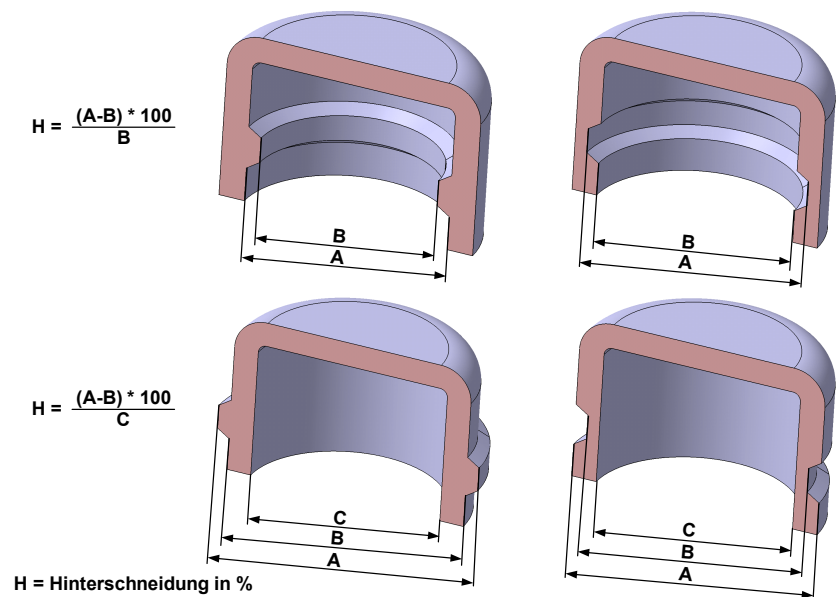


Abb. 38: Berechnung der zulässigen Hinterschneidungen [dupont89, gepl83]

#### Kostengünstige Entformungselemente für unvermeidbare Hinterschneidungen

Sind Hinterschneidungen zur funktionellen Gestaltung, wie etwa bei Schnapphaken, unvermeidlich, können sie durch eine entsprechende Gestaltung des Werkzeugs entformt werden. Die kostengünstigste Variante sind einfache, sich nur in Entformungsrichtung bewegende Werkzeuteile, wie z. B. durchtauchende Auswerfer oder geteilte Lochstifte, die gleichzeitig als Auswerfer verwendet werden können (siehe Abb. 39).

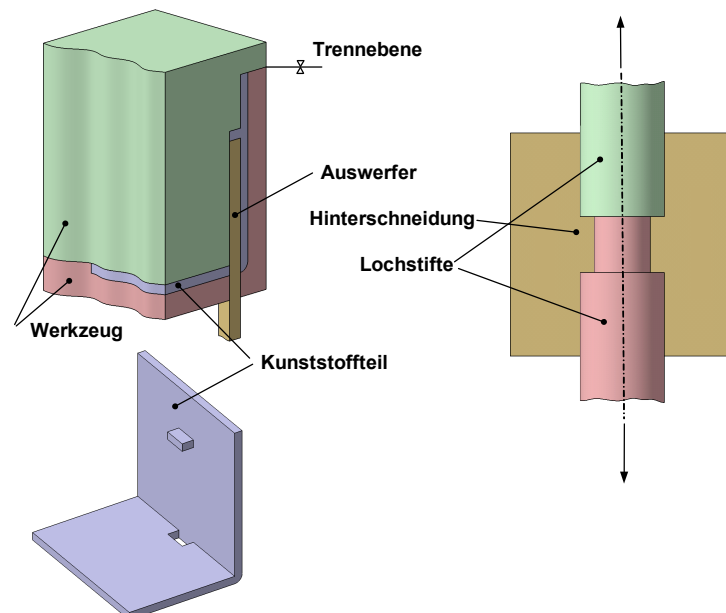
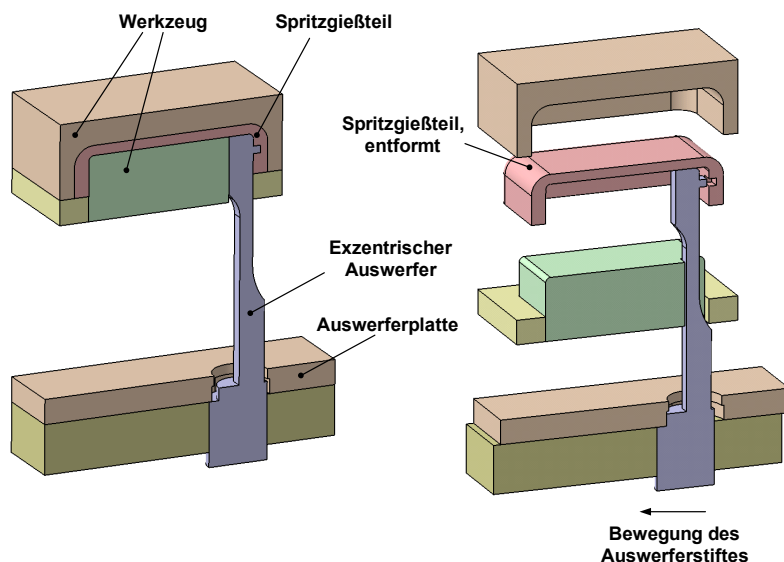


Abb. 39: Entformung von Hinterschneidungen durch Stifte (in Anlehnung an [dupont89])

Sind die zuvor beschriebenen Elemente nicht einsetzbar, können Standardelemente wie Auswerfer auch verfahrbar ausgeführt werden. Abb. 40 zeigt schematisch eine solche Lösung. Bewegliche Werkzeugteile verursachen zwangsläufig höhere Kosten und sind verschleiß- und störungsanfälliger.



#### Verfahrbare Standardelemente zur Entformung von Hinterschnitten

Abb. 40: Entformung einer Hinterschneidung durch einen exzentrischen Auswerferstift [dupont89]

Eine noch preiswertere Entformungslösung sind federnde Auswerfer, mit denen innen und außen liegende Hinterschnitte entformt werden können. Abb. 41 zeigt eine Zeichnung eines solchen Auswerfers von der Firma DME [dme]. Abhängig von den realisierbaren Maßen können Hinterschnitte von etwas mehr als 5 mm entformt werden. Die geometrischen Daten sind in Abb. 42 zusammengefasst. Alle Daten sowie Einbaubeispiele sind unter [www.dme.net](http://www.dme.net) verfügbar.

#### Hinterschnitte durch elastische Verformung von Auswerfern entformen

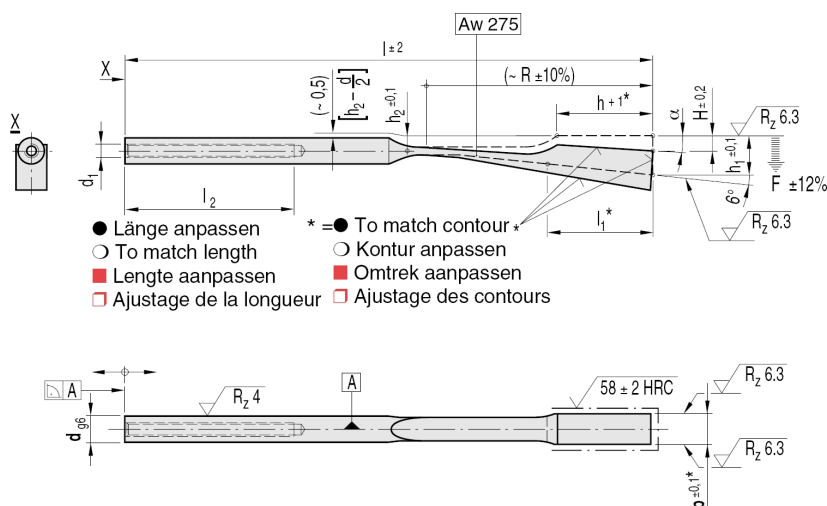


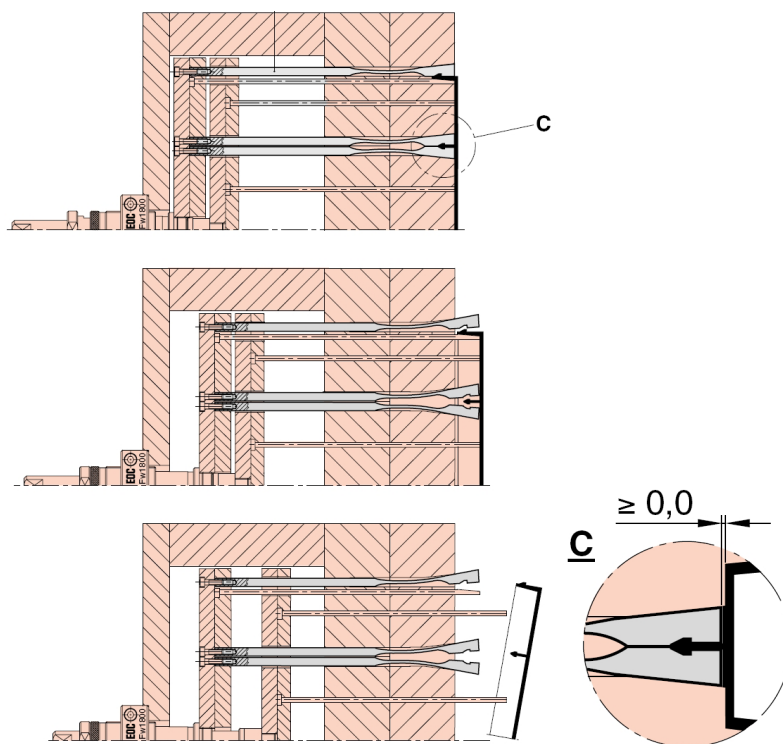
Abb. 41: Entformung von Hinterschnitten durch federnde Auswerfer [dme]

REF	d	b'	d <sub>1</sub>	h'	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	H	I	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	R	α	F
											± 10%		± 12% [N]
AW 275 06 - 6,2			M4	22	9,0	3,5	3,5	125	25	40	58	~3,50°	40
AW 275 06 - 8,2			M4	22	9,0	3,5	3,5	125	25	40	58	~3,50°	40
AW 275 08 - 8,2			M5	25	11,5	4,5	4,5	140	30	50	63	~4,00°	80
AW 275 08 - 10,2			M5	25	11,5	4,5	4,5	140	30	50	63	~4,00°	80
AW 275 08 - 12,2			M5	25	11,5	4,5	4,5	140	30	50	63	~4,00°	80
AW 275 10 - 14,2			M6	30	15,0	5,5	5,5	175	38	60	75	~4,25°	120
AW 275 10 - 16,2			M6	30	15,0	5,5	5,5	175	38	60	75	~4,25°	120
AW 275 10 - 18,2			M6	30	15,0	5,5	5,5	175	38	60	75	~4,25°	120

**Abb. 42:** Erzielbare Hinterschnitte durch federnde Auswerfer verschiedener Längen [dme]

### Zweistufiges Auswerferpaket ermöglicht Entformung mit federnden Auswerfern

Das Funktionsprinzip elastischer Auswerfer wird durch Abb. 43 verdeutlicht, welche die Auswerferseite eines Werkzeugs zeigt. Im formgebenden Zustand (Bild oben) ist der Auswerfer eingefahren und wird gegen seine Federkraft in der konturgebenden Position gehalten. Beim Auswerfen des Formteils fährt zunächst das gesamte Auswerferpaket ein Stück nach vorne (Bild mittig). Bei diesem Vorfahren federt der Auswerfer nach hinten, da er nicht mehr in seiner Zwangsposition gehalten wird. Im letzten Schritt fährt der zweistufige Auswerfer mit den konventionellen Stiften weiter vor und wirft das Bauteil aus (Bild unten).



**Abb. 43:** Anwendungsbeispiele für federnde Auswerfer [dme]

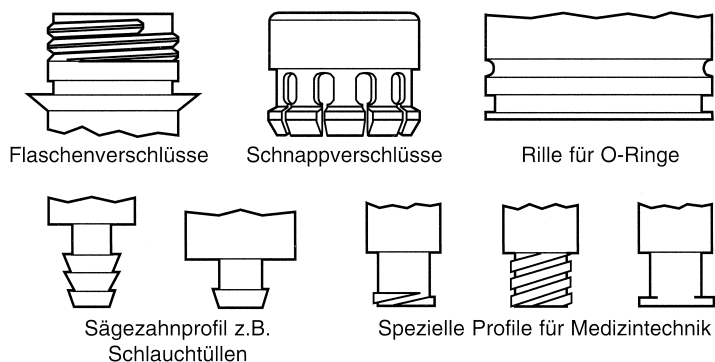
### Spreizkerne entformen außen liegende Hinterschnitte

Sind die Hinterschnitte außen und insbesondere rotationssymmetrisch angeordnet, kann das Prinzip des elastischen Verformens vom Auswerfer auf eine



Hülse übertragen werden, die mehrere elastische Segmente enthält. Da diese Hülsen im Werkzeug als Kern dienen, werden sie als Spreizkerne bezeichnet. Abb. 44 zeigt typische Spreizkerne und Abb. 45 schematisch Geometrien mit Hinterschnitten, die sich mit Spreizkernen entformen lassen.

**Abb. 44:** Spreizkerne zur Entformung von Hinterschnitten, vorzugsweise an rotationssymmetrischen Bauteilen [dme]

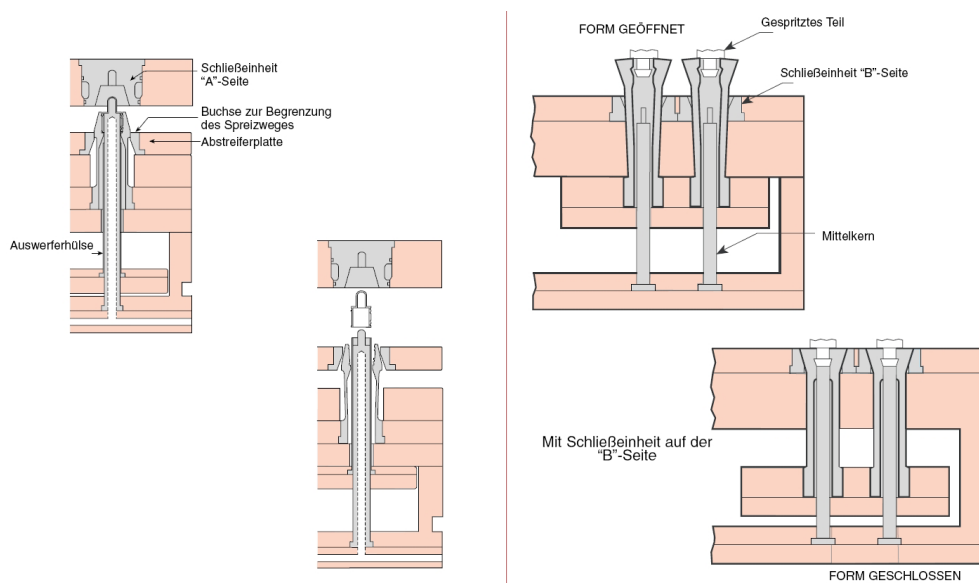


**Abb. 45:** Anwendungsbeispiele für die Entformung mittels Spreizkernen [dme]

7

Das Funktionsprinzip der Spreizkerne basiert, wie zuvor beschrieben, auf einer Verformung elastischer Segmente. Abb. 46 zeigt schematisch, wie sich die Segmente im geschlossenen Zustand des Werkzeugs in verformter und damit in konturgebender Position befinden. Durch Vorfahren des Spreizkerns beim Öffnen der Form federn die Segmente des Kerns nach hinten und ermöglichen dadurch die Entformung des Hinterschnitts.

**Spreizkerne entformen durch elastische Segmentverformung**



**Abb. 46:** Einbaubeispiel von Spreizkernen in einem Werkzeug [dme]

### Entformung innen liegender Hinterschnitte mit faltbaren Kernen

Alternativ zu den zuvor beschriebenen elastisch verformbaren Auswerfern und Spreizkernen existiert mit den Faltkernen auch eine Bewegungsmechanik zur Entformung von ausschließlich innen angeordneten Hinterschnitten. Abb. 47 erläutert das Funktionsprinzip der Faltkerne in vier Schritten. Zunächst durchläuft das geschossene Werk den Spritzgießzyklus (Grafik oben links). Nach dem Erreichen der Entformungstemperatur wird die Form zunächst in der Trennebene geöffnet (Grafik oben rechts). Im nächsten Schritt wird der hintere Teil der Auswerferseite geöffnet und damit der innere Stützkern aus dem Faltkern herausgezogen (Grafik unten links). Durch die fehlende Stützwirkung bewegen sich die schwalbenschwanzförmigen, in der Grafik gelb gefärbten Stützsegmente nach innen. Zusammen mit diesen Stützelementen bewegen sich auch die äußeren konturbildenden Segmente nach innen und geben damit den Hinterschnitt frei. Im letzten Schritt wird das Bauteil durch eine Abstreiferplatte vom Kern abgeschoben.

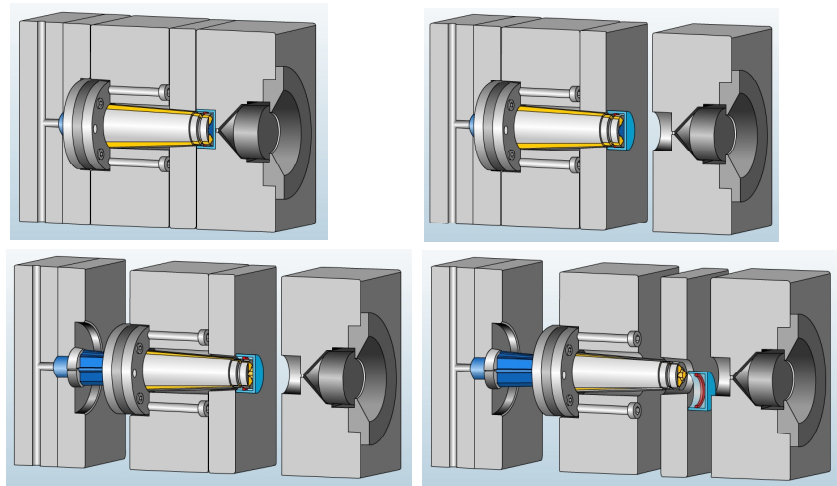


Abb. 47: Entformung mit faltbaren Kernen [wied]

Abb. 48 zeigt an einem Foto der Stirnseite eines Kerns die schwalbenschwanzförmigen Stützelemente sowie die konturbildenden Segmente.

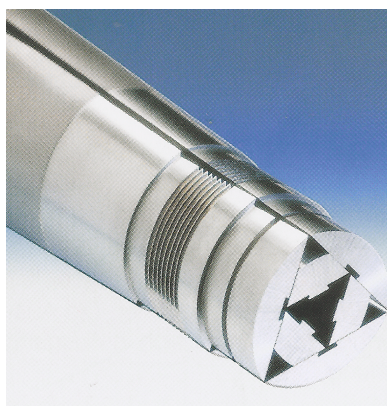
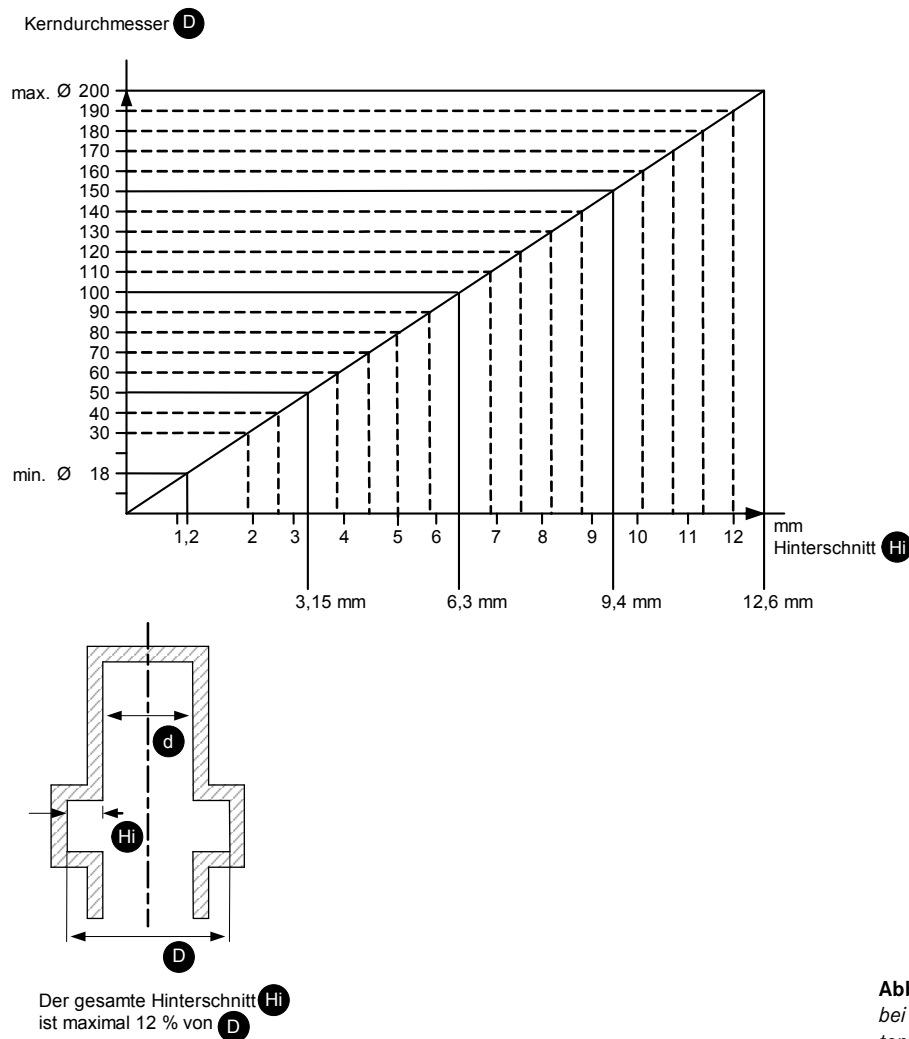


Abb. 48: Faltkern der Firma Hasco [hasco]





7

**Abb. 49:** Erreichbare Hinterschnitte bei der Entformung von Hinterschnitten mit Faltkernen [wied]

Faltkerne eignen sich im Gegensatz zu Spreizkernen ausschließlich zum Entformen von innen liegenden Hinterschnitten. Sie sind erheblich teurer als Spreizkerne. Ihre Kosten sind in etwa mit denen von preiswerten Schiebern vergleichbar. Man muss sie deshalb als Alternative zu klassischen Schiebern sehen, die bei innen liegenden Hinterschnitten aufgrund ihres Einbauraums häufig nicht eingesetzt werden können. Nähere Informationen zu Faltkernen finden Sie bei den Firmen Wiedemann [wied], Hasco [hasco] und DME [dme].

**Faltkerne sind aufgrund ihrer Kosten eine Alternative zu klassischen Schiebern**

#### 7.1.10 Regel 9: Keine genauere Bearbeitung als nötig

Polierte, hochglänzende Oberflächen sind in der Fertigung und im Gebrauch empfindlich. In vielen Fällen reicht die erosionsraue oder geschlammte bzw. die in Ausschubrichtung geschliffene Oberfläche. Hierdurch können zudem bis zu 20 % der Werkzeugherstellkosten eingespart werden [mibrile90].

**Oberflächengestaltung kostenbewusst wählen**

In Tab. 4 wird der Aufwand verglichen, den man benötigt, um unterschiedliche Oberflächen herzustellen.

Tab. 4: Oberflächenbearbeitung [mibrile90]

Oberflächencharakter	Zeichnungsangabe Kurzzeichen	Anwendungsbeispiele	Aufwand [%]
<i>spiegelklar</i> ohne Mulden, Schlieren, sichtbare Riefen und Wellen	hochglanzpoliert $\sqrt{R_t} = 1$	transparente Außenflächen	100
<i>glänzend</i> ohne Mulden, sichtbare Riefen und Wellen (Ausgangsgüte für mattierte Oberflächen)	glanzpoliert $\sqrt{R_t} = 6,3$	Flächen mit hohem optischen Anspruch, auch für Gleitflächen geeignet	85
<i>glatt</i> ohne fühlbare Riefen	poliert $\sqrt{R_t} = 10$	sichtbare Fläche innerhalb eines Gerätes	60
<i>matt</i> fühlbare Rauheit ohne Ansätze (Ausgangsgüte für höherwertige Oberflächen)	$\sqrt{R_t} = 16$	nicht nachpolierte Flächen, Entformung darf nicht beeinträchtigt werden	40
<i>ohne besondere Anforderungen</i> Mindestgüte unserer Fertigung; Kennzeichnung nach N0148 Bl. 2	▽	Flächen ohne Funktion, Entformung darf nicht beeinträchtigt werden	30
<i>gleichmäßig schwach geraut</i>	MG-1	nicht spiegelnde Flächen	90
<i>gleichmäßig geraut</i>	MG-2	Flächen einiger Bedienelemente	95
<i>gleichmäßig stark geraut</i>	MG-3	Flächen an Griff-elementen	100

#### Toleranzbasis für Kunststoffe

Grundlage für die Tolerierung von Spritzgussbauteilen ist die DIN 16 901 [din16901]. In ihr sind die zulässigen Maßabweichungen für die verschiedenen Kunststoffe festgehalten. Die Festlegung funktionsgerechter Toleranzen für Formteile erlaubt eine wirtschaftliche Fertigung. Auf unnötig enge Toleranzangaben sollte man verzichten, da sie erhöhte Kosten verursachen (siehe zum Thema Toleranzen auch Kapitel 11). Als Faustregel gilt:

Nicht so genau wie möglich, sondern nur so genau wie nötig!

Bei der Auslegung kunststoffgerechter Toleranzangaben ist zu berücksichtigen, dass Schwindung und Nachschwindung zeitabhängige Maßänderungen hervorrufen. Diese Effekte wirken sich bei Kunststoffen aufgrund ihrer hohen Wärmeausdehnungskoeffizienten stärker aus als bei anderen Werkstoffen. Dies hat zur Folge, dass Isotoleranzen der Reihe IT 5, IT 6 oder IT 7 mit teilkristallinen technischen Kunststoffen im Allgemeinen spritzgießtechnisch nicht zu erzielen sind. Mit normalem Aufwand lässt sich IT 10, mit erhöhtem Aufwand IT 9 und mit hohem Aufwand IT 8 erreichen. Präzisionsspritzguss ist daher notwendigerweise aufwendiger und setzt ein hohes technisches Niveau bezüglich der Konstruktion, des Materials, des Werkzeugs, der Spritzgießmaschine und der Prozessführung voraus.

#### Verwendbare Isotoleranzreihen

Wegen des höheren Aufwands sollte der Konstrukteur enge Toleranzen, wann immer möglich, vermeiden. Konstruktiv nutzt man dazu oft die leichte Verformbarkeit der Kunststoffe aus. Ein Beispiel ist dazu in Abb. 50 dargestellt.

#### Beispiele zur Vermeidung von Toleranzen

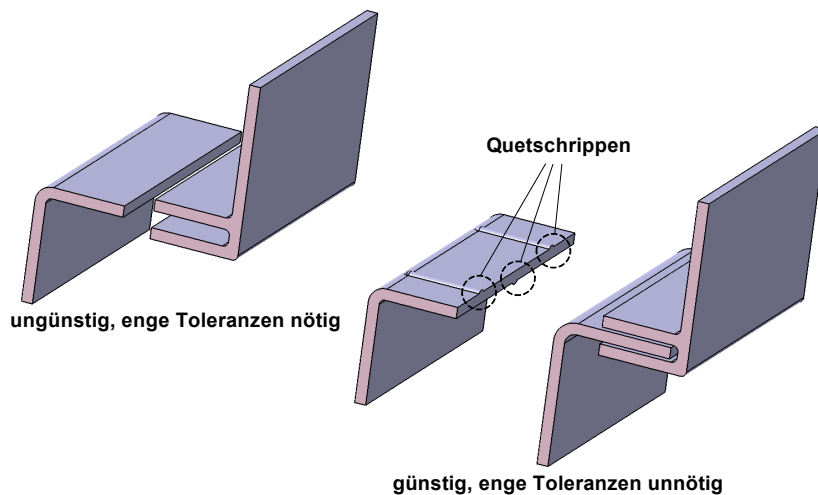


Abb. 50: Vermeidung enger Toleranzen [schmi85]

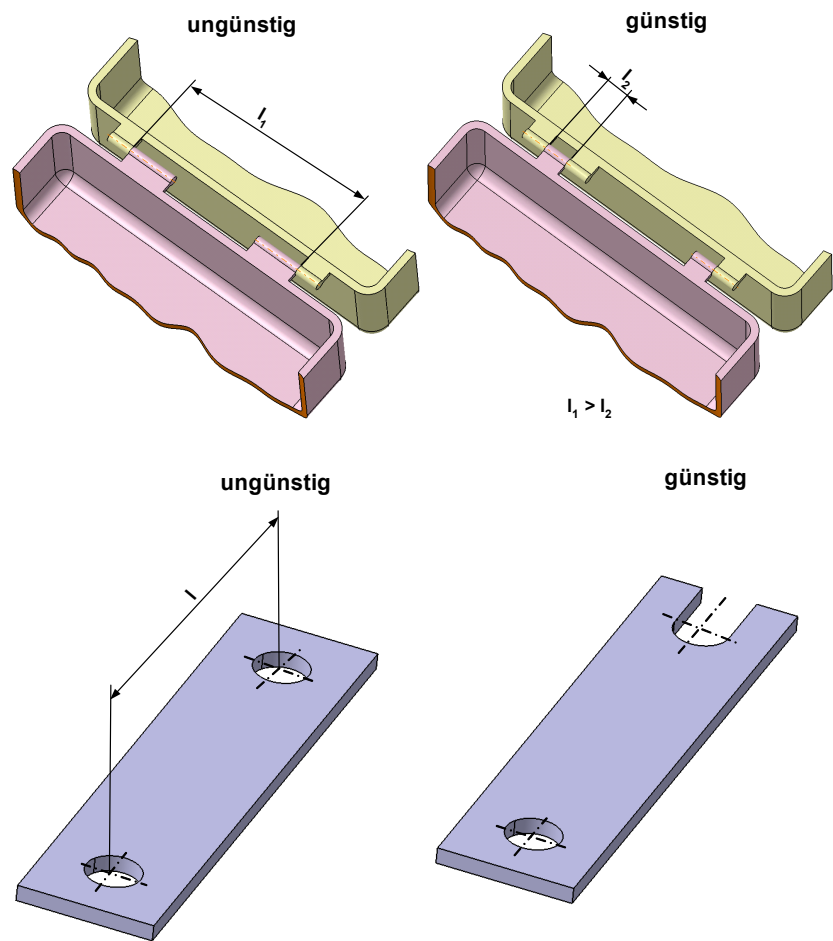
Die auf der linken Seite des Bildes dargestellte Lösung ist ungünstig, da enge Toleranzen erforderlich sind, ohne die ein leichtes Zusammenstecken der beiden Einzelteile bei hoher Klemmwirkung im gefügten Zustand nicht gewährleistet ist. Bei der Lösung auf der rechten Seite des Bildes gibt es nur wenige Kontaktpunkte durch die Verwendung sogenannter Klemm- oder Toleranzausgleichsrippen, die auch bei großem Übermaß aufgrund der elastischen Verformbarkeit leicht gefügt werden können.

#### Ausnutzung der Verformbarkeit

Sind enge Toleranzen aus funktionalen Gründen unvermeidbar, so sind sie möglichst nicht auf große Längenmaße zu beziehen.

#### Kleine Dimensionen tolerieren

In Abb. 51 wird anhand von zwei Beispielen gezeigt, wie sich in solchen Fällen enge Toleranzen umgehen lassen.



**Abb. 51:** Beispiele zur Vermeidung großer Längenmaße mit engen Toleranzen [schmi85]

### 7.1.11 Regel 10: Potenzial der freien Formgebung ausschöpfen

#### Freie Formgebung ausnutzen

Durch die freie Formgebung des Spritzgießverfahrens sind oft mehrere Gestaltungsvarianten für eine prinzipielle Konstruktionslösung möglich. Die folgenden Leitsätze dienen zur Gestaltung kostengünstiger Formteile:

1. Identische Konstruktion der Einzelteile anstreben
2. Runde Formen bevorzugen
3. Integration mehrerer Funktionen in einem Teil verwirklichen