



**N&H Technology GmbH**

# KUNSTSTOFF - FORMTEILE

Systemlieferant für HMI Bedieneinheiten

ENGINEERING | FERTIGUNG | LIEFERUNG

KOMPLETTLÖSUNGEN & BAUGRUPPEN

TASTATUREN & TASTER

KABELKONFEKTION & KONNEKTOREN

FORMTEILE & WERKZEUGBAU



Management  
System  
ISO 9001:2015  
[www.tuv.com](http://www.tuv.com)  
ID: 9105016435



## WIR BEI N&H TECHNOLOGY

Seit unserer Gründung im Jahr 2001 hat sich N&H Technology als deutsches mittelständisches Unternehmen zu einem führenden Full-Service-Partner für maßgeschneiderte elektromechanische Baugruppen, Formteile und Komponenten mit Schwerpunkt auf HMI-Bedieneinheiten entwickelt.

Dank unseres etablierten Lieferantennetzwerks, das in enger Zusammenarbeit mit unserer Tochtergesellschaft in Shanghai koordiniert wird, bieten wir wirtschaftliche und zugleich hochwertige Fertigungslösungen. Unsere Partner sind nach internationalen Standards wie DIN ISO 9001, ISO 14001, IATF 16949 und DIN ISO 13485 zertifiziert. Ergänzend sichern wir die Qualität durch ein eigenes Test- und Prüflabor an unserem Standort in Willich ab.

Mit der Mehrheitsübernahme der hochspezialisierten FoShan SNT Electronics Technology Co., Ltd. in China haben wir 2023 unsere Kompetenz im Bereich Folientastaturen und Eingabesysteme entscheidend erweitert. Durch die eigene Fertigung unter unserem Management können wir die Produktionsprozesse direkt steuern, höchste Qualitätsstandards sicherstellen und noch gezielter auf individuelle Kundenanforderungen eingehen.

Unsere Kundenbasis umfasst führende Unternehmen aus der Automobilindustrie, Medizintechnik, Telekommunikation, Industrieautomation, Gebäudeleittechnik und weiteren Branchen. Langjährige Partnerschaften und ein hohes Maß an Kundenzufriedenheit zeichnen uns aus.

Unsere Mitarbeiter sind das Herz von N&H Technology und der Schlüssel zu unserem Erfolg. Wir fördern unser internationales, familiäres Team und schaffen ein Umfeld, das persönliche Entwicklung, Innovation und Zusammenarbeit stärkt.

N&H Technology steht für Innovation, Qualität und Zuverlässigkeit  
– Ihr vertrauensvoller Partner für elektromechanische Lösungen.



### Moderne trifft Geschichte

Seit der Jahrtausendwende hat sich das Gelände des ehemaligen Stahlwerks Becker in einen vielfältigen Gewerbepark verwandelt, in dem sich sorgfältig restaurierte Denkmäler mit moderner Architektur abwechseln.

#### 2001

Gründung der N&H Technology GmbH mit 4 Mitarbeitern in Krefeld

#### 2012

Neubau eines Firmengebäudes in Willich mit eigenem Testlabor & Logistiklager

#### 2013

Eröffnung des N&H Offices in Shanghai

#### 2021

Lagerkapazität um 470 Palettenplätze erweitert

#### 2023

Mehrheitsbeteiligung an der SNT Technology Co.,Ltd. Eigene Konstruktion & Fertigung von Eingabelösungen

#### 2026

Unser N&H Team umfasst 51 Mitarbeitende – 13 davon sind *Ingenieurinnen\**.



Seit 2001 Ihr Experte für Eingabeeinheiten



Über 5.000 realisierte Kundenprojekte



Langjährige Partnerschaften mit führenden Unternehmen verschiedenster Branchen



Eigene Entwicklung & exklusive Produktion



Zertifizierte Prozesse für höchste Qualität

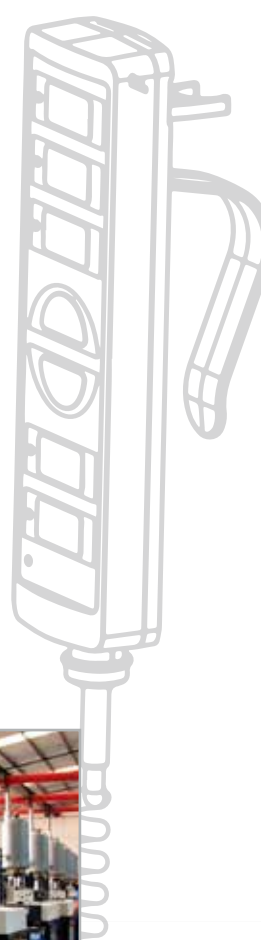




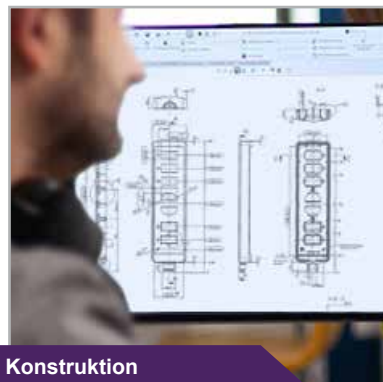
# WAS WIR MACHEN

Wir entwickeln und fertigen maßgeschneiderte Produkte für verschiedene Branchen und begleiten unsere Kunden umfassend von der Idee bis zur Serienproduktion. Unser Portfolio umfasst elektromechanische Eingabeeinheiten sowie alle Komponenten elektronischer Produkte, einschließlich Gehäusen, Displays, Tastaturen und Kabelkonfektionierungen.

Unser Serviceangebot reicht von beratender Entwicklung und Machbarkeitsstudien über Kostenschätzungen, Prototypenbau und Materialauswahl bis hin zu Kostenoptimierung und Produktdesign. Zusätzlich erstellen wir technische Zeichnungen und übernehmen bei Bedarf die komplette Konstruktion.



Ingenieurssupport von A-Z



Konstruktion



Beschaffung & Fertigung



Pufferlager (optional)



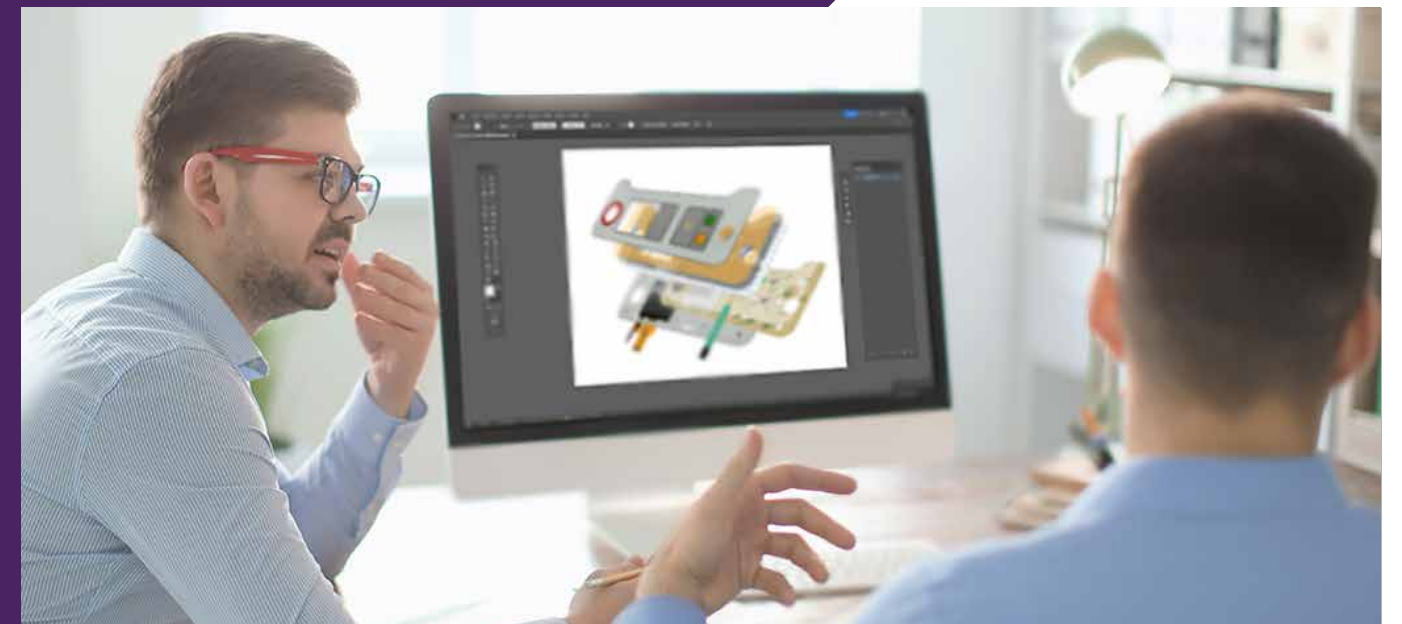
Logistische Abwicklung



Montage



Endprodukt



# WAS WIR BIETEN



## Technische Unterstützung

- Betreuung von der Konzeptphase bis zur Serienentwicklung
- Machbarkeitsstudien
- Verbesserungsvorschläge
- Beratung bei der Materialauswahl und Fertigungsmethode
- Ausarbeitung von Optionen zur Kostenreduzierung



## Entwicklung & Konstruktion

- Entwicklung von Komponenten, Formteilen, Baugruppen und Komplettlösungen
- Skizzieren, Konzeption und Vorkonstruktion
- Konstruktion in 3D CAD
- Optimierung existierender Kundenvorlagen
- Darstellung von Produktansichten in Form realistischer 3D-Renderings
- Erstellung von Fertigungsunterlagen wie technische Zeichnungen und Stücklisten
- Prototypenbau mittels 3D-Druck & Silikonguss



## N&H Labore

- Projektspezifische Endprüfung
- Elektromechanische Prüfungen
- Optische / Akustische Prüfungen
- Materialprüfungen
- Messungen Oberflächenwiderstand, Volumenwiderstand, Leitfähigkeit
- Technische Problemanalyse, auch für Fremdprodukte



## Einkauf

- Outsourcing-Optionen ihrer Lieferkette
- Beschaffung von Fremdkomponenten



## Logistik

- Komplette logistische Abwicklung
- Pufferlager bei N&H Technology in Willich möglich

KOMPLETTLÖSUNG

Ein typisches Produktbeispiel ist ein kundenspezifisches Eingabegeräte, das neben dem Tastaturelement, ein Gehäuse, ein Display, sowie die komplette Verbindungstechnik inklusive der Kabelkonfektion umfasst.



KUNSTSTOFF FORMTEILE

EINFÜHRUNG	08 - 10
THERMOPLASTE	11 - 13
DESIGNPRINZIPIEN (DFM)	14 - 15
KONSTRUKTION	16 - 25
WERKZEUGBAU	26 - 35
OBERFLÄCHEN	36 - 41

Kundenspezifische Komponenten

TASTATUREN

- Silikonschaltmatten
- Folientastaturen
- Kapazitive Tastaturen
- Touch-Eingabesysteme

TASTER

- Drucktaster
- Piezo-Taster
- Status-/Signallampen
- Mikrotaster

KABELKONFEKTION

- Kabelbäume
- Datenkabel
- Koaxialkabel
- Sonderkabel
- Einzelleitungen

KONNEKTOREN

- Magnetische Stecker
- Federkontaktstecker
- Sonderstecker

LEITERPLATTEN

- Flex & Starre Schaltungen
- Einzellayer, Doppel-, Multilayer

WEITERE

- Schutztaschen
- Batteriekontakte

Kundenspezifische Formteile

KUNSTSTOFF

- Präzisions- & Großteile
- Ein- und Mehrfachspritzen

ELASTOMER

- individuelle Spritzgussteile
- Schutzhüllen
- O-Ringe, Dichtungen
- Präzisionsteile

2K / 3K TEILE

METALL

- Kühlkörper
- Druckgussteile
- Stanz-, Dreh-, Frästeile
- Tiefziehteile
- Batteriekontakte

GLAS

- Frontgläser
- Formglasscheiben



Standardkomponenten

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Federkontakte / Pogo Pins</li><li>• Steckverbinder</li><li>• Hochstrom-Konnektoren</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Mikrotaster für SMT</li><li>• Drucktaster, Piezo-Taster</li><li>• Statuslampen</li></ul>    |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Edelstahl tastaturen</li><li>• Hygienetastaturen</li></ul>                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>• LC-Displays (TFT)</li><li>• Signalgeber, Buzzer</li><li>• Mikrofone, Lautsprecher</li></ul> |



Wir bieten eine breite Palette an Standardkomponenten, die Sie direkt in unserem **Online Katalog** aussuchen & anfragen können! [katalog.nh-technology.de](http://katalog.nh-technology.de)

KOMPLETTLÖSUNG

Ein typisches Produktbeispiel ist ein kundenspezifisches Eingabegeräte, das neben dem Tastaturelement, ein Gehäuse, die Auswertelektronik, sowie die Kabelkonfektion umfasst.



## DESIGN GUIDE

# KUNSTSTOFF-FORMTEILE

Wir entwickeln maßgefertigte Kunststoffteile und -baugruppen, die Funktionalität und Design vereinen und mehrere Schlüsselfunktionen in einem Bauteil integrieren.



Wir verfügen über eine breite Auswahl an Kunststoffen und Granulaten für die Fertigung von Präzisionsteilen, Gehäusen und Mehrkomponenten-Spritzgussteilen.

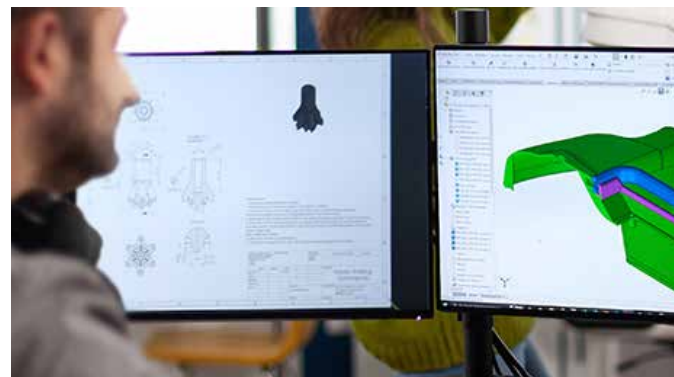
Dabei verarbeiten wir Standard-, technische und Hochleistungskunststoffe mit modernen Fertigungsverfahren – vom klassischen Spritzguss bis hin zum Mehrkomponentenspritzguss.

Ergänzend zur Fertigung bieten wir umfassende Entwicklungs- und Konstruktionsleistungen.

Je nach Projektanforderung begleiten wir Sie entweder gezielt in einzelnen Entwicklungsphasen oder ganzheitlich von der ersten Idee bis zur Serienproduktion.

Unsere erfahrenen Produktdesigner entwickeln sowohl einzelne Komponenten als auch komplette Baugruppen und optimieren bestehende Konstruktionen hinsichtlich Funktion, Qualität und Wirtschaftlichkeit.

Durch frühzeitige technische Auslegung schaffen wir stabile, kosten- und terminsichere Prozesse. Über den gesamten Projektverlauf hinweg übernehmen wir die Koordination von Werkzeug- und Musterherstellung, Serienfertigung sowie – optional – die Assemblierung der Serienteile.



- Konstruktion & Entwicklung der Formteile
- Machbarkeitsstudien & Verbesserungsvorschläge
- Ausarbeitung von technischen Optionen zur Kostenreduzierung
- Computergestützte Simulation (Mould Flow Analyse)
- Prototypenerstellung mit 3D Druckern
- Erstellung von DFM Reports
- Werkzeugkonstruktion & Werkzeugbau

## VORTEILE VON KUNSTSTOFFEN

### LEICHTGEWICHT

Kunststoffe sind deutlich leichter als Metalle, was zu einer Reduzierung des Gesamtgewichts führt.

### BESTÄNDIGKEIT

Kunststoffe sind widerstandsfähig gegen viele Chemikalien und Umwelteinflüsse. Sie absorbieren nur wenig Wasser und eignen sich daher gut für den Einsatz in feuchten Umgebungen.

### ISOLIERUNG

Kunststoffe besitzen sehr gute thermische und elektrische Isoliereigenschaften.

### MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Viele Kunststoffe bieten eine ausgezeichnete Festigkeit, Steifigkeit und Schlagzähigkeit.

### FARBVIELFALT UND DESIGN

Die Farbvielfalt und die Flexibilität im Design machen Kunststoffe zu einer beliebten Wahl für ästhetisch anspruchsvolle Anwendungen.

### LANGLEBIGKEIT

Kunststoffe haben eine lange Lebensdauer und behalten ihre Eigenschaften über einen langen Zeitraum bei.

### WIEDERVERWERTBARKEIT

Viele Kunststoffe können recycelt und wiederverwendet werden, was ihre Umweltbelastung verringert.

## DESIGN GUIDE

Dieser Design Guide richtet sich speziell an Entwickler, Konstrukteure und Einkäufer, die sich mit Kunststoff-Formteilen beschäftigen.

Er bietet eine umfassende und detaillierte Übersicht über technische Kunststoffe und deren vielfältige Anwendungsbereiche.

Die richtige Auswahl und Verarbeitung dieser Materialien sind entscheidend für die Qualität und Funktionalität der Endprodukte.

Dieser Leitfaden legt besonderen Wert auf die wesentlichen Aspekte der Materialauswahl und Konstruktion, sowie den Planungsprozess, der es ermöglicht, spezifische Formteile in enger Zusammenarbeit mit unseren erfahrenen Ingenieuren zu entwickeln.

**Unsere Experten überprüfen und optimieren** stets die Konstruktionszeichnungen, um sicherzustellen, dass die Endprodukte höchsten Qualitäts- und Funktionsansprüchen genügen.

EINLEITUNG

# KUNSTSTOFFARTEN

## THERMOPLASTE

UNTERTEILUNG VON KUNSTSTOFFEN

Kunststoffe lassen sich in drei Hauptkategorien einteilen:

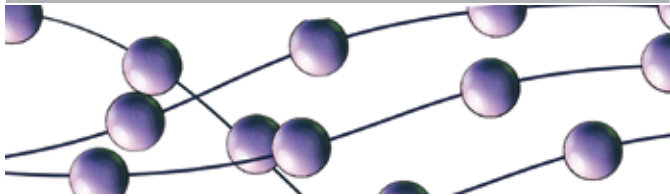
- **Thermoplaste**, die bei Erwärmung formbar werden
- **Duroplaste**, die nach dem Aushärten formstabil bleiben
- **Elastomere**, die eine gewisse Flexibilität mitbringen

Weitere Untergruppen basieren auf Herkunft (biobasiert, erdölbasiert), Verarbeitungsmethoden und spezifischen Eigenschaften.

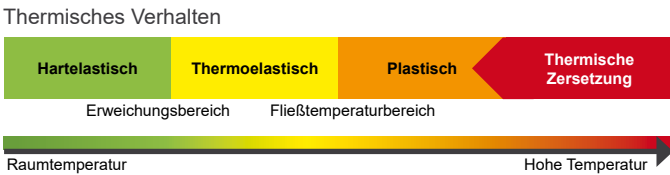
Kunststoffformteile, wie zum Beispiel Kunststoffgehäuse sind ein integraler Bestandteil moderner technischer Anwendungen. Durch die Kombination unterschiedlicher Materialien lassen sich die spezifischen Vorteile jedes Kunststoffs optimal nutzen.

So werden Polycarbonate (PC) für Bereiche eingesetzt, die hohe Schlagzähigkeit und Klarheit erfordern, während Polyamide (PA) in Teilen verwendet werden, die hohe Festigkeit und Zähigkeit benötigen.

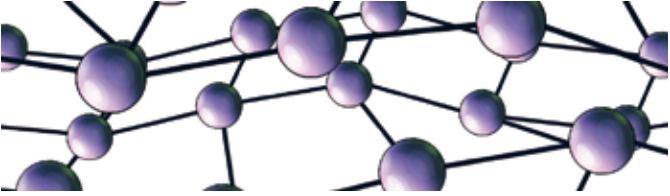
Thermoplaste



- Unverzweigte und lange Molekülketten (amorph / teilkristallin)
- Unterteilung in Standard-Thermoplaste, Technische Thermoplaste und Hochleistungs-Thermoplaste
- Warm verformbar, Verformung wiederholbar
- Recyclierbar



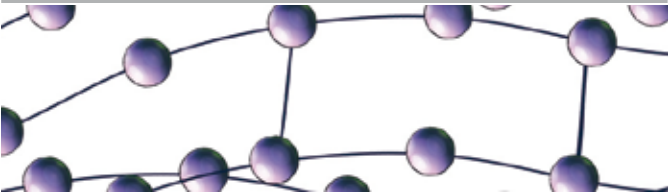
Duroplaste



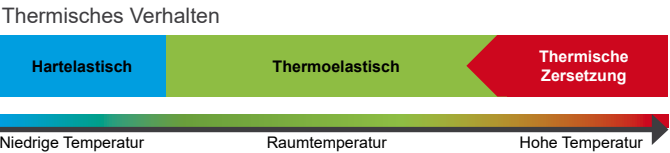
- Engmaschig vernetzte Molekülketten
- Hart & spröde
- Temperaturbeständig
- Nicht verformbar, nicht schmelzbar
- Unlöslich, nicht recycelbar



Elastomere

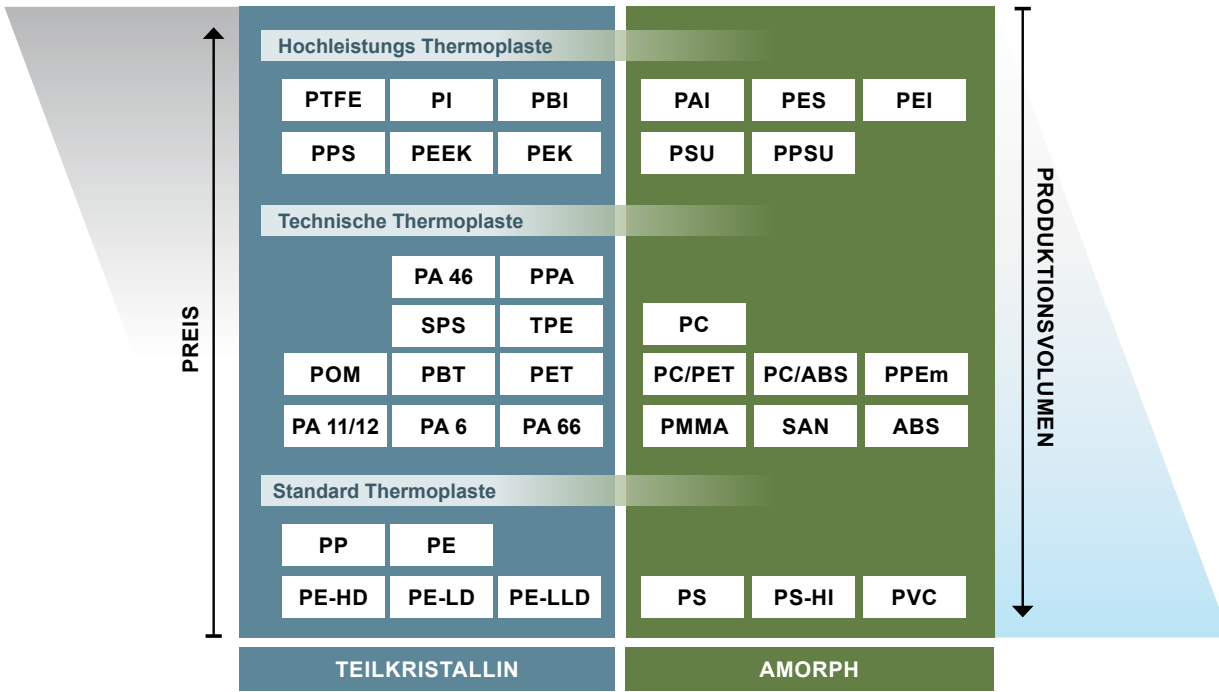


- Schwach vernetzte Molekülketten
- Quellbar, gummielastisch
- Nicht recycelbar



Thermoplaste werden bei Erhitzung verformbar. Im Gegensatz zu Duroplasten, die nach der Aushärtung ihre Form dauerhaft behalten, können Thermoplaste durch Wärmezufuhr beliebig oft umgeformt werden.

Die Grafik zeigt die Eigenschaften verschiedener Thermoplaste und verdeutlicht die breite Auswahl an technischen Kunststoffen. So kann schon zu Beginn der Planung ein ausgewogenes Preis-Leistungs-Verhältnis in Relation zum geplanten Produktionsvolumen berücksichtigt werden.



Amorphe und teilkristalline Thermoplaste



**Teilkristalline Thermoplaste** bilden beim Abkühlen dichte Kristalle. Sie sind opak, mechanisch fester, härter, zäher, chemikalienresistent und haben eine höhere Wärmeformbeständigkeit.



**Amorphe Thermoplaste** haben unregelmäßige Molekülketten. Sie sind transparent, spröde, hart und weisen glasähnliche Eigenschaften im festen Zustand auf.

Zudem schrumpfen sie weniger, sind verzugsarm und haben keinen festen Schmelzpunkt. Durch ihre Transparenz eignen sie sich z.B. als Lichtleiter.

■ **Standard-Thermoplaste** sind vielseitige Polymerwerkstoffe, bekannt für ihre ausgewogenen physikalischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften. Sie sind leicht formbar und einfach zu verarbeiten, aber weniger fest, hart und hitzebeständig als technische oder Hochleistungs-Thermoplaste.

■ **Technische Thermoplaste** bieten höhere Festigkeit und Steifigkeit. Sie werden in Anwendungen genutzt, die robuste mechanische Eigenschaften erfordern, aber keine extremen Anforderungen an Härte oder Hitzebeständigkeit stellen.

■ **Hochleistungs-Thermoplaste** sind spezialisierte Kunststoffe mit hervorragender thermischer und mechanischer Festigkeit sowie hoher chemischer Beständigkeit. Sie werden in anspruchsvollen Anwendungen eingesetzt, die hohe Festigkeit, Schlagzähigkeit, Härte und Hitzebeständigkeit erfordern, wie in der Automobil- und Elektronikindustrie.



THERMOPLASTE

THERMISCHE EIGENSCHAFTEN								
	ABS	PC	PC GF 30	PA 6 G	PEEK	PEEK GF 30	POM-C	POM-C GF25
Schmelztemperatur (°C)	110		235	215	340	340	165	165
Glasübergangstemperatur (C°) <i>Dynamisch</i>		148		40	50	143	-60	-60
Wärmeleitfähigkeit <i>Lambda λ bei 23°C (W / (K·m))</i>	0,17	0,4	0,28	0,29	0,25	0,43	0,31	0,28
Längenausdehnungskoeffizient <i>mittlerer Wert 23 - 60°C / (10<sup>-5</sup>/K)</i>	95	65	40	80	50	30	110	
Wärmeformbeständigkeit (C°) <i>1,8 MPa Messung</i>	80	130	140	80	160	230	100	150
Obere Gebrauchstemperatur <i>Kurzzeitig in Luft (C°)</i>	100	135	160	170	310	310	140	140
Obere Gebrauchstemperatur <i>dauernd, während 5.000 / 20.000</i>	- / 95	130 / 120	140 / -	105 / 90	- / 250	- / 250	115 / 100	100 / -
Untere Gebrauchstemperatur <i>in Luft (C°)</i>	-30	-50		-30	-50	-65	-50	
Brennverhalten <i>Sauerstoff-Index (%)</i>	19	25		25	35	40	15	
Brennverhalten <i>Spezifische Wärmekapazität J/(g · K)</i>	1,4	1,2	1,08	1,7	0,32		1,5	

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN BEI 23°C								
	ABS	PC	PC GF 30	PA 6 G	PEEK	PEEK GF 30	POM-C	POM-C GF25
<i>Streck- / Bruchspannung</i> MPa	45 / -	74 / -	100 / -	86 / -	115 / -	OSP / 87	66 / -	80 / -
<i>Zugfestigkeit</i> MPa		75		88	115	87	66	
<i>Streckdehnung</i> %		6		5			20	
<i>Bruch- / Reißdehnung</i> %	10 / -	> 50 / -	- / 3	25 / -	17 / 25	3 / 2,5	50 / -	- / 3
<i>Zug - Elastizität</i> N / mm <sup>2</sup>	2.300	2.400	8.600	3.600	4.300	7.000	2.800	9.300
<i>Drucksp.nominelle Stauchung</i> <i>1 / 2 / 5 %</i>		18 / 35 / 72		26 / 51 / 92	38 / 75 / -	54 / 103 / -	19 / 35 / 67	
<i>Charpy Schlagzähigkeit</i> <i>kJ / m<sup>2</sup></i>	22	9	7	3,5	3,5	3	7	30
<i>Izod Kerbschlagzähigkeit</i> <i>kJ / m<sup>2</sup></i>		9,00		7,00			7,00	
<i>Kugeldruckhärte</i> N / mm <sup>2</sup>	90	120	145	165	190	215	140	
<i>Rockwellhärte</i> N / mm <sup>2</sup>	R 104	M 75		M 88	M 105	M 100	M 84	
<i>Gleitreibungskoeffizient</i> μ		0,5 - 0,6		0,4	0,30 - 0,50	0,3 - 0,45	0,3 - 0,45	0,5 - 0,6

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN								
	ABS	PC	PC GF 30	PA 6 G	PEEK	PEEK GF 30	POM-C	POM-C GF25
Dichte (g/cm³)	1,04	1,2	1,42	1,15	1,31	1,51	1,47	1,58

ELEKTRISCHE EIGENSCHAFTEN								
	ABS	PC	PC GF 30	PA 6 G	PEEK	PEEK GF 30	POM-C	POM-C GF25
Durchschlagfestigkeit <i>kV / mm</i>	41	28	30	25	24	24	20	50
Durchgangswiderstand <i>Spezifisch (Ω·m)</i>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>12</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>
Oberflächenwiderstand <i>Spezifisch (Ω)</i>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>15</sup>	10 <sup>16</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>	10 <sup>13</sup>	10 <sup>14</sup>
Dielektrizitätszahl Epsilon ε <i>bei 100 Hz</i>		3,00		3,60	3,20	3,20	3,80	
Dielektrizitätszahl Epsilon ε <i>bei 1 MHz</i>	2,6	3	3,2	3,2	3,2	3,6	3,8	4,8
Dielektrizitätszahl Verlustfaktor <i>bei 100 Hz (tan Delta δ)</i>		0,0010		0,0120	0,0010	0,0010	0,0030	
Dielektrizitätszahl Verlustfaktor <i>bei 1 MHz (tan Delta δ)</i>	0,008	0,008	0,008	0,016	0,002	0,002	0,008	0,005

WASSERAUFNAHME								
	ABS	PC	PC GF 30	PA 6 G	PEEK	PEEK GF 30	POM-C	POM-C GF25
nach 24/96 h Lagerung <i>in Wasser von 23°C (mg)</i>		13 / 13		44 / 83	5 / 10	5 / 10	20 / 37	
nach 24/96 h Lagerung <i>in Wasser von 23°C (%)</i>		0,18 / 0,33		0,65 / 1,22	0,06 / 0,12	0,05 / 0,10	0,24 / 0,45	
bei Sättigung im Normalklima <i>23°C / 50% RF (%)</i>	0,22	0,15	0,10	2,20	0,20	0,16	0,20	0,20
bei Sättigung im Wasser <i>23°C (%)</i>	1,00	0,40	0,28	6,50	0,45	0,35	0,80	0,6

CHEMIKALIENBESTÄNDIGKEIT (AUSZUG)											
	ABS	PC	PA	PEEK	POM		ABS	PC	PA	PEEK	POM
Aceton	---	---	+	+	+	Methylenchlorid	---	---	△	+	---
Ammoniak	25%	---	10%	+	+	Milchsäure	80%	+	△	△	+
Benzin	---	△	+	+	+	Motorenöle	+	+	+	+	+
Bremsflüssigkeit	△	---	+	+	+	Natriumcarbonat	+	+	10%	+	+
Calciumchlorid	+	+	10%	+	+	Natriumchlorid	+	+	---	+	+
Chlorbenzol	---	---	+	+	+	Natriumhydroxid	+	+	+	+	+
Dieselloil	+	△	+	+	+	Natronlauge	50%	50%	+	+	+
Essigsäure	25%	10%	5%	△	+	Salpetersäure	10%	---	---	+	---
Formaldehyd	30%	40%	△	+	+	Salzsäure	10%	5%	---	△	---
Glycerin	+	△	+	+	+	Schwefelsäure	50%	50%	---	△	+
Heizöl	△	△	+	+	+	Terpentin	---	---	+	+	+
Kalilauge	50%	---	50%	+	+	Trichlorethylen	---	---	+	+	△
Kaliumchlorid	+	+	10%	+	+	Weinsäure	+	+	10%	+	---
Methanol	△	---	△	+	+	Xylol	---	---	+	+	+

beständig	+
beständig gegen max. % Konzentration	%
bedingt beständig	△
nicht beständig	---

Eine komplette Auflistung der chemischen Beständigkeit senden wir Ihnen gerne auf Anfrage zu.

KUNSTSTOFF-FORMTEILE

# DESIGNPRINZIPIEN

Im Folgenden werden Methoden zur Optimierung von Haltbarkeit, Funktionalität und Ästhetik vorgestellt. Diese berücksichtigen das Fließverhalten von Kunststoffen, die Materialauswahl und das Werkzeugdesign. Eine effiziente Formgestaltung ermöglicht eine kosteneffektive Produktion und kann die Produktlebensdauer sowie die Leistung verbessern.

## N&H - DFM REPORT

Beispiel der Inhalte eines DFM Reports, den wir für unsere Kunden erstellen.

### DESIGN FÜR FERTIGUNG UND MONTAGE

**Design für Fertigung und Montage (DFM)** ist ein entscheidender Ansatz in der Entwicklung und Produktion von Kunststoff-Formteilen. Für Anwender im Bereich Kunststoff-Formteile bietet DFM erhebliche Vorteile. So steigert die Anwendung von DFM-Prinzipien u.a. die Effizienz der Produktionsprozesse und die Produktqualität.

Zudem bedeutet die Integration eine engere Zusammenarbeit mit den Design- und Produktionsteams und ermöglicht es Einkäufern, besser mit Lieferanten zu verhandeln und kostengünstigere, qualitativ hochwertige Teile zu beschaffen.

Zuletzt unterstützt der DFM Prozess die Nachhaltigkeit in der Produktion. Durch die Reduzierung der Materialvielfalt und die Verwendung recycelbarer Materialien werden Abfall und Umweltbelastung minimiert.

#### VORTEILE VON DFM

##### Kostenreduktion

- Optimiertes Design
- Weniger Abfall
- Weniger Fehler
- Weniger Überarbeitungen

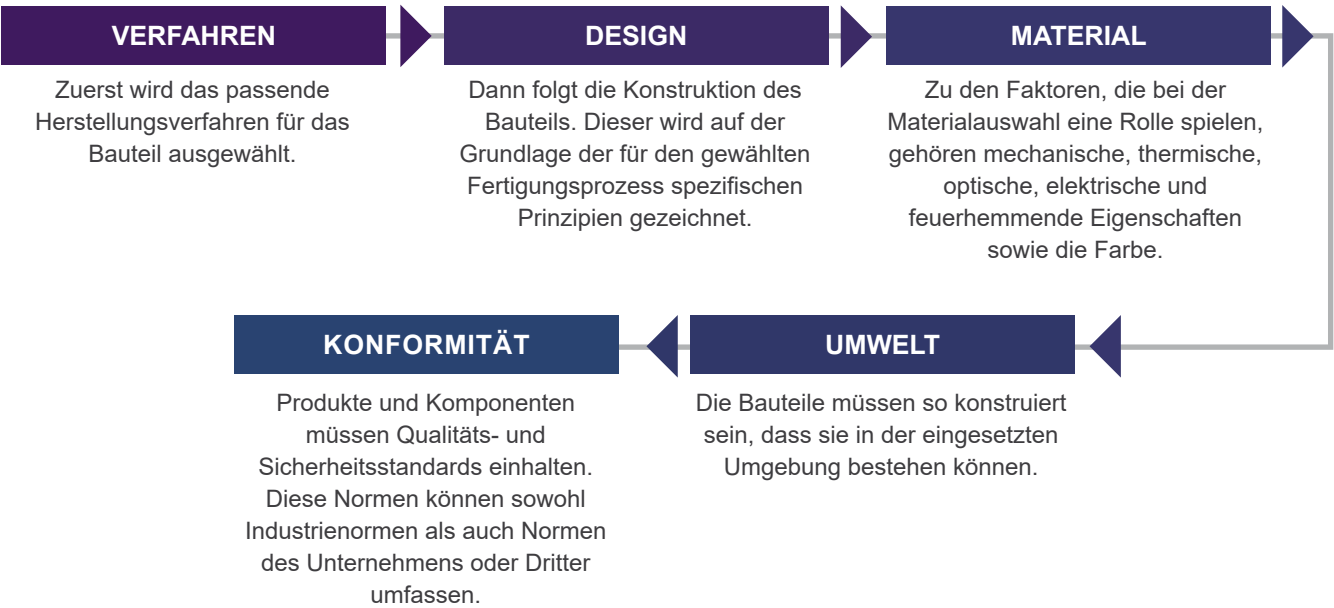
##### Qualitätssteigerung

- Konsistente Ergebnisse
- Höhere Innovationen

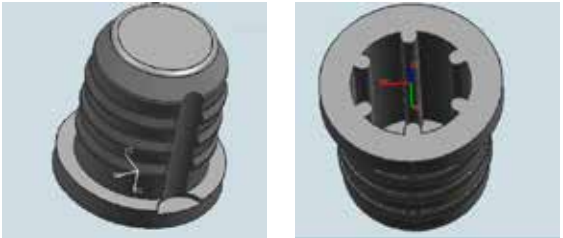
##### Zeitersparnis

- Rationalisierter Prozess
- kürzere Produktionsvorlaufzeit
- höhere Produktionseffizienz

### DFM PROZESS

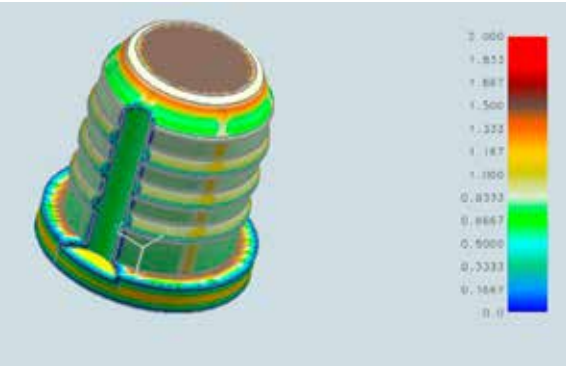


#### Bauteil Information

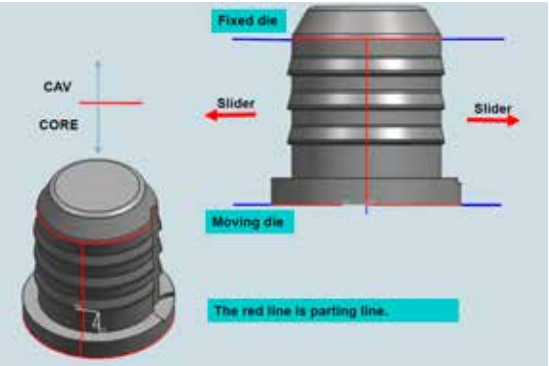


N&H No.	DTIO-53540-B0	Part Name	Bushing L2
Unit of Set	8pcs / Set	Forecast	~16k / year
Material	TPE ShA70	Color	black
Texture	TBD	Finish	none
Outlook Size	D11x11,5mm	Weight	NW 0,44g

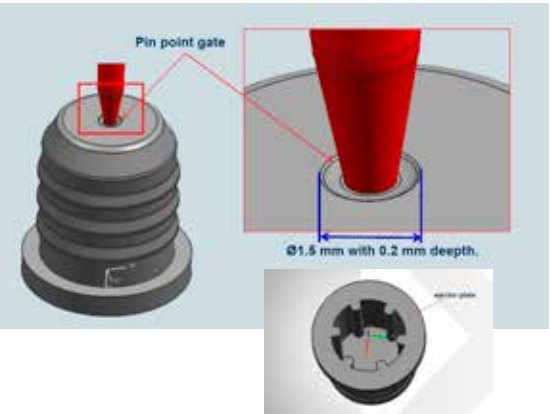
#### Wandstärke



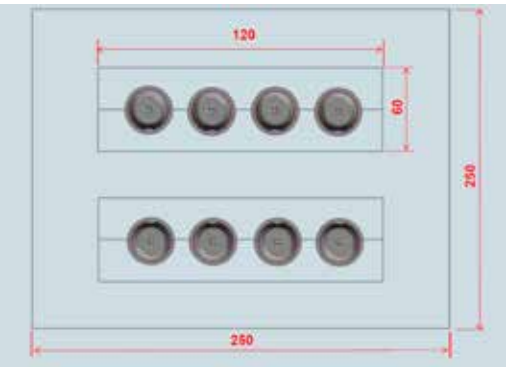
#### Trennebene



#### Anspritzpunkt



#### Kavitäten-Layout





DESIGNPRINZIPIEN

# GRUNDREGELN

Hier finden Sie eine Übersicht der grundlegenden Konstruktionsregeln, die bei der Entwicklung von Kunststoffteilen beachtet werden sollten. Die Einhaltung dieser Prinzipien erleichtert nicht nur den Fertigungsprozess, sondern trägt auch zur Herstellung hochwertiger und funktionaler Produkte bei.

CHECKLISTE

☐ Wanddicken möglichst gering halten

☐ Gleichmäßige Wanddicken beibehalten

☐ Masseanhäufungen vermeiden

☐ Ecken und Kanten abrunden

☐ Rippen spritzgerecht gestalten

☐ Ebene Oberflächen vermeiden

☐ Entformungsschrägen (Konizitäten) vorsehen

☐ Hinterschnidungen vermeiden

☐ Funktionen integrieren (z.B. Filmscharniere oder Haken)

☐ Möglichkeit der werkzeugfallenden Gestaltung nutzen

☐ Aufwendige Schieber vermeiden

☐ keine überhöhten Toleranzanforderungen

## TOLERANZEN

Kunststoffe unterscheiden sich physikalisch erheblich von Metallen, insbesondere durch ihre höhere Wärmedehnung, Volumenänderungen durch Feuchtigkeitsaufnahme und Abmessungsveränderungen im Laufe der Zeit aufgrund von Restspannungsabbau. Diese Eigenschaften erschweren die Einhaltung enger Maßtoleranzen, weshalb Kunststoffbauteile anders toleriert werden sollten als metallische Bauteile.

### DIN ISO 20457 bei Kunststoff

Die DIN ISO 20457 bietet Richtlinien für die Festlegung von Toleranzen und die Akzeptanzbedingungen für Abmessungen von Kunststoffteilen, die durch verschiedene Formgebungsverfahren wie Spritzgießen, Extrusion oder Thermoformen hergestellt wurden. Beim Spritzgießen gilt für Thermoplaste in der Regel die Toleranzgruppe TG 6.

### DIN ISO 3302 bei Gummi

Die Toleranzen für Gummiformteile ergeben sich aus der DIN ISO 3302, wonach die Formteile in vier Toleranzklassen eingeteilt werden, die von M1 (fein) bis M4 (grob) reichen. Für technische Gummiformteile wird in der Regel die Toleranzklasse M3 (mittel) angewendet.

Abhängig von der Ausrichtung beim Pressvorgang unterscheidet die Norm zwischen Maßen, die an die Form gebunden sind (F), und Maßen, die an ein 2-Komponenten-Haftsystm gekoppelt sind (C).

Die Abweichungen vom Nennmaß und der nachträglichen Bearbeitung richten sich generell nach den jeweiligen Herstell- oder Fertigungsverfahren. Werden die Teile mechanisch bearbeitet gilt grundsätzlich die DIN ISO 2768.

### DIN ISO 2768 - Allgmeintoleranzen

Die Norm DIN ISO 2768 ist eine international anerkannte Norm, die allgemeine Toleranzen für Maße ohne spezifische Toleranzangaben festlegt.

Die Norm ist in zwei Hauptteile unterteilt:

**DIN ISO 2768-1:** Diese Teilnorm deckt allgemeine Toleranzen für Längen- und Winkelmaße ab und ist anwendbar, wenn die Länge direkt zwischen zwei Punkten gemessen wird. Sie bietet Toleranzwerte für verschiedene Klassen – fein, mittel, grob und sehr grob – je nach Präzisionsanforderungen der Teile.

**DIN ISO 2768-2:** Dieser Teil behandelt allgemeine Toleranzen für Form und Lage, wie Geradheit, Rundheit, Symmetrie, etc. Auch hier werden verschiedene Genauigkeitsgrade entsprechend der Anforderungen bereitgestellt.

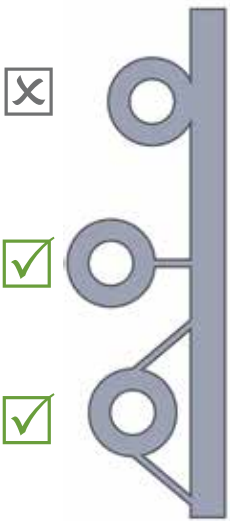
Für maschinenbautechnische Teile ist der **Genauigkeitsgrad m (mittel)**, in Sonderfällen f (fein) zu wählen.

## MASSEANHÄUFUNG VERMEIDEN

Masseanhäufungen führen zu verschiedenen Problemen im Herstellungsprozess und beeinträchtigen zudem die Qualität des Endprodukts. Sie verursachen unter anderem ein ungleichmäßiges Abkühlen, was innere Spannungen und Verzug begünstigen kann. Außerdem kann Materialschrumpfung zu sichtbaren Einfallstellen oder Vertiefungen auf der Oberfläche führen.

Anhäufungen erschweren außerdem eine gleichmäßige Materialverteilung, wodurch Defekte wie Lufteinschlüsse oder unvollständige Füllungen entstehen können. Da dickere Materialbereiche längere Abkühlzeiten erfordern, wird der gesamte Produktionszyklus verlängert. Darüber hinaus können unterschiedliche Materialdicken Bereiche mit schwächeren mechanischen Eigenschaften hervorrufen.

Daher sollte beim Entwurf von Kunststoff-Formteilen darauf geachtet werden, Materialanhäufungen zu vermeiden und eine gleichmäßige Wandstärke anzustreben.



Beispiel: Zur Vermeidung von Masseanhäufung sollten Augen nicht direkt an die Wand anschließen.

## WANDSTÄRKE

Die Optimierung der Wandstärke ist entscheidend bei der Entwicklung und Herstellung von Kunststoff-Formteilen, da sie eine Balance zwischen Festigkeit und Materialverbrauch gewährleistet.

Zu dicke Wände erhöhen Materialkosten und Zykluszeiten, während zu dünne Wände Schwachstellen verursachen, die die Haltbarkeit des Teils beeinträchtigen können. Zudem ist eine gleichmäßige Abkühlung wichtig, um Verformungen und Spannungen zu vermeiden.

Unterschiedliche Kunststoffe, wie ABS oder Polycarbonat, haben verschiedene Fließeigenschaften und Schrumpfraten, die bei der Festlegung der Wandstärke berücksichtigt werden müssen.

## MATERIALSCHRUMPUNG

Jeder Kunststoff weist ein spezifisches Schrumpfverhalten auf, das bereits zu Beginn der Planung berücksichtigt werden muss. Gemeint ist die geometrische Veränderung eines Formteils während des Abkühlens vom schmelzflüssigen in den festen Zustand. Dies beeinflusst die Maßhaltigkeit und die optische Qualität der Teile.

Gegenmaßnahmen umfassen die Anpassung von Werkzeugkonstruktionen und die Optimierung von Spritzgießprozessen. Auch durch die Beimischung von Additiven, wie Glasfasern, kann die Schrumpfung beeinflusst werden. Unsere Ingenieure beraten Sie hierzu gerne.

### Wandstärkenempfehlungen

	min. (mm)	max. (mm)
ABS	1,143	3,556
PC	1,016	3,180
Acryl	0,635	3,810
Nylon	0,762	2,921
Polyester	0,635	3,175
PUR	2,032	19,05
Polyethylen	0,762	5,080
Polypropylen	0,635	3,810
Polystyrol	0,889	3,810

### Beispiele der Materialschrumpfung

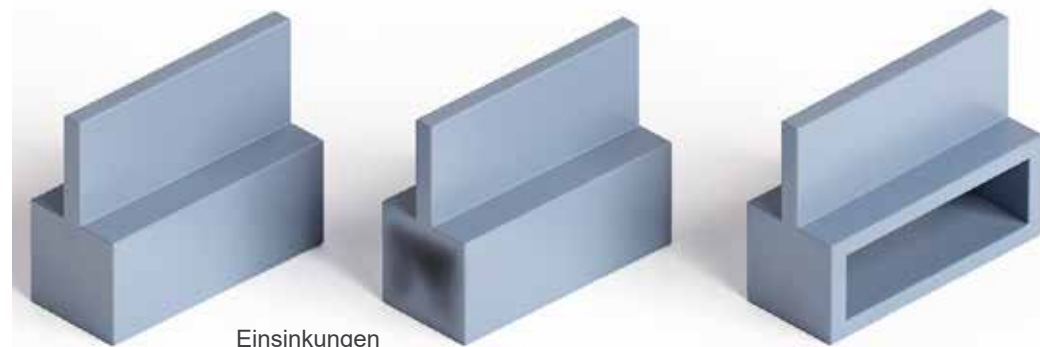
	Roh-material	+ 30% GF (Glasfaser)
POM	2,5 %	0,5 %
PC	0,6 %	0,1 %
PPO	0,6 %	0,1 %
PBT	2,0 %	0,4 %
Ny66	1,5 %	0,4 %

## ENTKERNTE GEOMETRIE

Um Verformungen und Einsinkungen zu vermeiden, ist das Entkernen der Geometrie ein bewährtes Mittel. Durch ein entkerntes Design kann die Optik beibehalten werden, während das fertige Formteil hinsichtlich aller Designkriterien optimal ausgelegt ist.

Wenn ein Kunststoffformteil mit scheinbar einfacher Geometrie als Vollmaterialstück gefertigt wird, sind Einsinkungen und Verformungen sehr wahrscheinlich. Das entkernte Design beugt diesen vor oder versteckt diese geschickt im Inneren an später nicht sichtbaren Stellen.

Zu beachten ist, das angrenzende Materialstärken zueinander passen müssen. Ansonsten kann es ebenfalls zu Einsinkungen kommen.



Einsinkungen

✓ Entkerntes Design



Verformungen

✓ Entkerntes Design



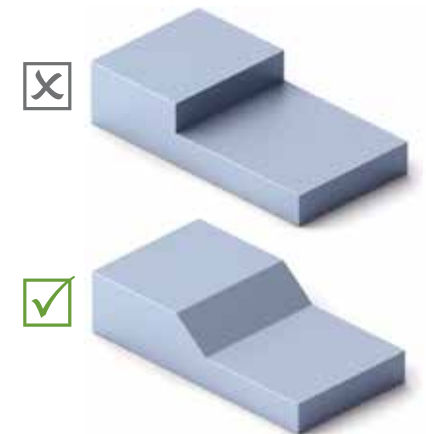
## ÜBERGÄNGE

## Vermeidung von scharfen Übergängen

Es gilt, scharfkantige Übergänge zu vermeiden, da diese gießbedingte Spannungen verursachen können. Im schlimmsten Fall entsteht dadurch eine vermeidbare Bruchstelle.

Im folgenden Beispiel sieht man die vermeintlich einfachste Form: rechtwinklig angelegt mit gleicher Schenkeldicke. In der Praxis besteht jedoch eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass der scharfe Winkel eine ungewollte Sollbruchstelle erzeugt.

Radien eignen sich wesentlich besser, um einen stabilen Winkel zu schaffen. Es ist möglich, den Radius relativ klein zu gestalten, allerdings muss dabei die Herstellung des Werkzeugs berücksichtigt werden. Der Radius wird in Edelstahl gefräst und unterliegt den Fertigungsmöglichkeiten.



## GERUNDETE ECKEN

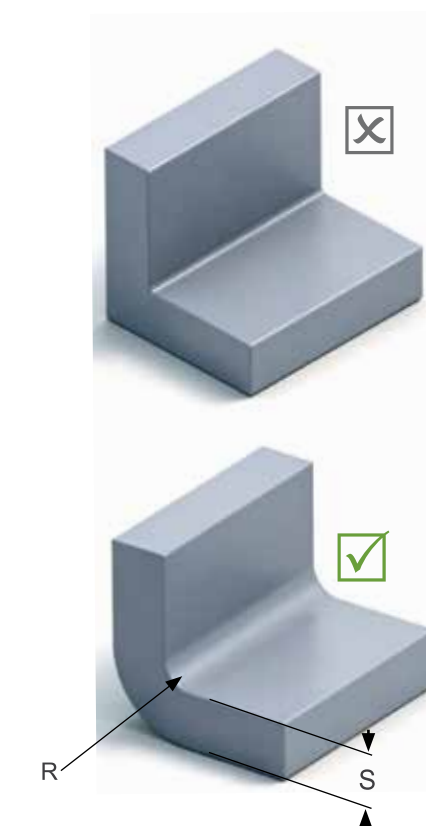
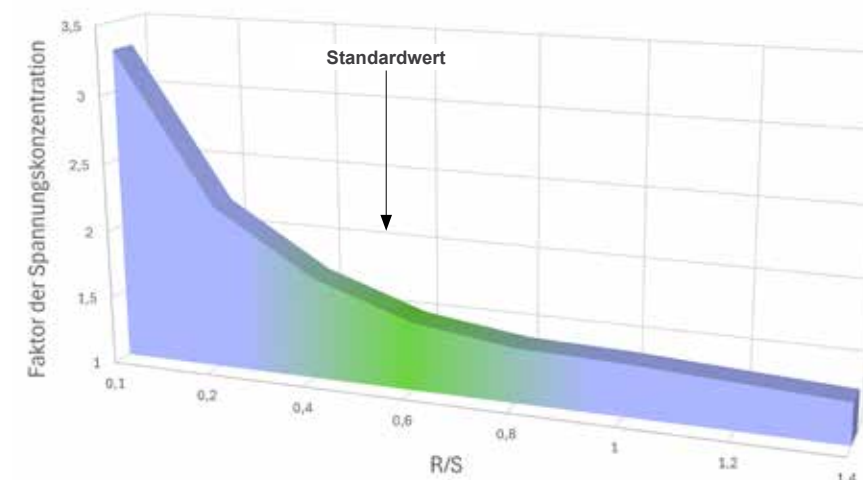
## Vermeidung von Spannungen durch scharfe Kanten

Scharfe Kanten können während der Fertigung Spannungen im Kunststoff erzeugen, da der Materialfluss beeinträchtigt wird. Um dies zu vermeiden, sollten Abrundungen und sanfte Übergänge zwischen unterschiedlichen Wandstärken verwendet werden.

Diese Gestaltungsmaßnahmen helfen, Spannungskonzentrationen zu minimieren und den Fluss des Kunststoffs während des Spritzgießens zu optimieren. Der innere Radius sollte mindestens der Wandstärke entsprechen.

Falls scharfe Ecken im Design gewünscht sind, sollten die innere Ecken Radien aufweisen.

Erhöhung der Radien = Verringerung der Spannungskonzentration





DESIGNPRINZIPIEN

# KONSTRUKTION

RIPPEN

Verwendung von Rippen zur Stabilitätserhöhung

Rippen sind eine effektive Möglichkeit, die Stabilität zu erhöhen, den Materialverbrauch zu senken und kostengünstig zu fertigen.

Die richtige Gestaltung von Rippen umfasst dabei fünf Aspekte:  
Dicke, Höhe, Lage, Menge & Formbarkeit.

Die Höhe der Rippen kann die Steifigkeit des Spritzgussteils in einem geometrischen Verlauf erhöhen, ohne ihm viel Gewicht zu verleihen. Wenn beispielsweise (H12) die Rippenhöhe auf 12mm erhöht wird, erhöht sich die Steifigkeit um das 7.6-fache, während das Gewicht nur um 15% zunimmt. Wird die Gesamtwandstärke S jedoch verdoppelt (D-Basis), verdoppelt sich auch das Gewicht des Materials, aber die Steifigkeit erhöht sich nur um das 7-fache.

Modell	Basis	H3	H6	H9	H12	D-Basis
Materialdicke S (mm)	4	4	4	4	4	8
Rippenhöhe H (mm)	0	3	6	9	12	0
Rippendicke W (mm)	0	2	2	2	2	0
Trägheitsmoment	213	289	528	1018	1837	1707
Erhöhte Steifigkeit (%)	0	35	148	377	761	700
Erhöhtes Gewicht (%)	0	3,75	7,5	11,5	15	100

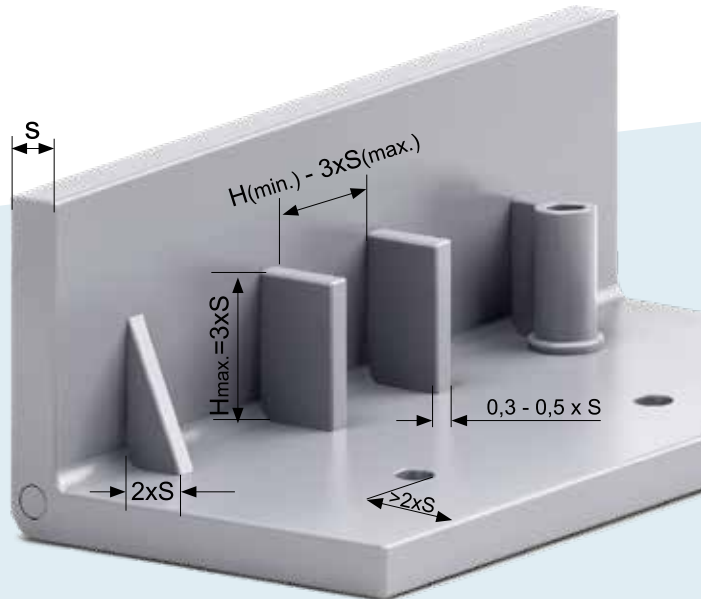
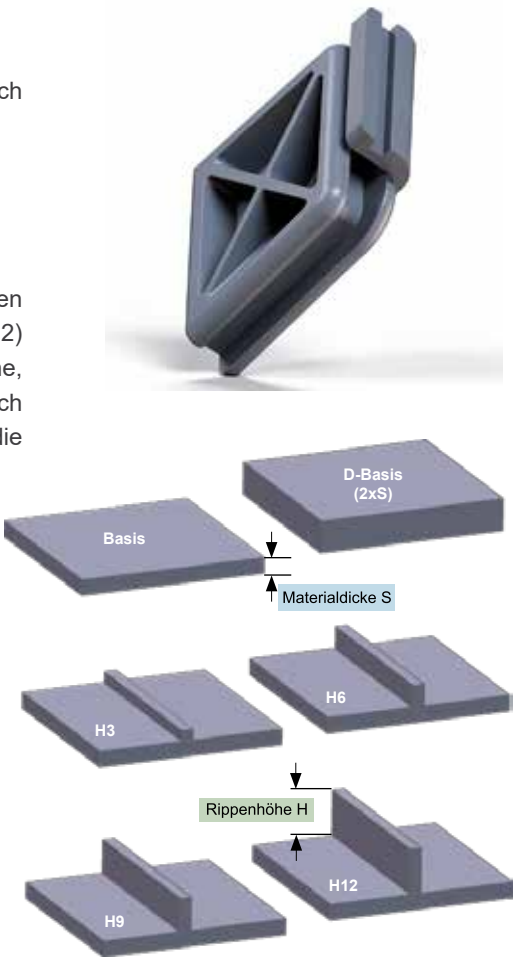
Allerdings verursacht eine hohe Rippenhöhe auch Probleme. Wenn die **Rippenhöhe zu hoch** ist, kann es beim Spritzguss zu **Füllproblemen** kommen. Wenn zusätzliche Steifigkeit erforderlich ist, ist es vorzuziehen, mehrere kürzere Rippen zu verwenden.

Zur Konstruktion von Rippen ist es wichtig, das Verhältnis von Rippenstärke zur angrenzenden Wandstärke zu beachten.

Idealerweise sollte die Rippenstärke 40-60% der angrenzenden Wandstärke betragen. Andernfalls kann es zu Einsinkungen oder Entformungsschwierigkeiten kommen.

Als Richtlinie kann man diese Gleichung heranziehen:

Rippenhöhe:  $H_{max} = 3 \times S$   
Rippenbreite: Bei strukturierten Oberflächen:  $0,5 \times S$   
Bei polierten Oberflächen:  $0,3 \times S$



Entformungsschrägen

Der Entformungsschrägen von Rippen variieren nach Material und Rippengröße. In der Regel beträgt sie 0,5° bis 2,0°, wobei am häufigsten Winkel von 1,0° bis 1,5° verwendet werden.

Rippenradien

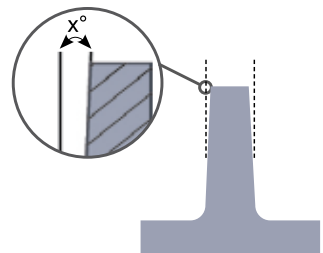
Um Spannungskonzentrationen zu verringern, die Festigkeit der Rippen zu erhöhen und einen gleichmäßigeren Fluss des Kunststoffmaterials beim Spritzgießen zu gewährleisten, sollte ein Radius an der Verbindung zwischen Rippe und Basis oder Seitenwand berücksichtigt werden. Es wird empfohlen, dass diese **Radien etwa 25 % bis 50 %** der nominalen Wandstärke betragen.

Allgemeine Empfehlungen

Achten Sie bei der Planung der Anzahl und Position der Rippen darauf, dass sie die angestrebten Verbesserungen nicht unbeabsichtigt verschlechtern. Rippen, die zur Verstärkung und Vermeidung von Brüchen gedacht sind, können beispielsweise die Stoßabsorption des Bauteils beeinträchtigen. Ein dichtes Netz von Rippen kann zudem die Abkühlung der Form erschweren und Verzug verursachen.

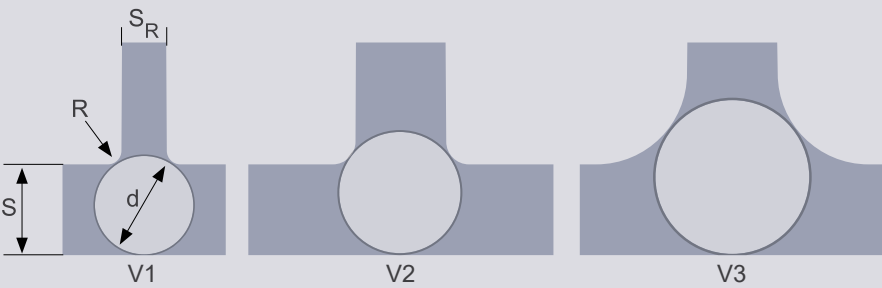
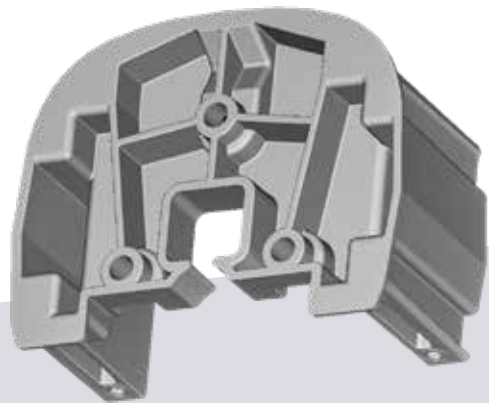
Konstruktiv gesehen erhöht die Ausrichtung der Rippen entlang der Biegekraft die Steifigkeit des Bauteils. Aus produktionstechnischer Sicht minimiert eine Ausrichtung der Rippen in Richtung des Materialflusses das Risiko einer unvollständigen Füllung und das Entstehen von Lufteinschlüssen. Ist auf beiden Seiten eine hohe Steifigkeit erforderlich, sollten Rippen auf beiden Seiten des Bauteils angeordnet werden.

Da es einfacher ist, Rippen hinzuzufügen als zu entfernen, sollten sie bei der ersten Formgestaltung zurückhaltend eingesetzt werden. Bei Bedarf können später zusätzliche Rippen zur Feinjustierung hinzugefügt werden.



Entformungsschrägen für Rippen bei Thermoplast-Bauteilen

Werkstoff	Rippe < 25mm	Rippe > 25mm
PBT	0° - 0,25°	0,5°
PBT GF	0,5°	0,5° - 1,0°
PA	0,125°	0,25° - 0,5°
PA GF	0,2° - 0,5°	0,5° - 1,0°
POM	0° - 0,25°	0,5°



Einfluss der Rippendicke (S) und des Rundungsradius (R) auf die Abkühlzeit.  
Der Durchmesser (d) des Kontrollkreises bestimmt die maximale Wanddicke, die abgekühlt werden muss.

	V1	V2	V3
S	2,0	2,0	2,0
S <sub>R</sub>	1,5	2,0	2,0
R	0,3	0,5	2,0
d	2,24	2,7	3,5
Kühlzeit	≈ 11s	≈ 16s	≈ 26s

DESIGNPRINZIPIEN

# KONSTRUKTION



DOME / VORSPRÜNGE

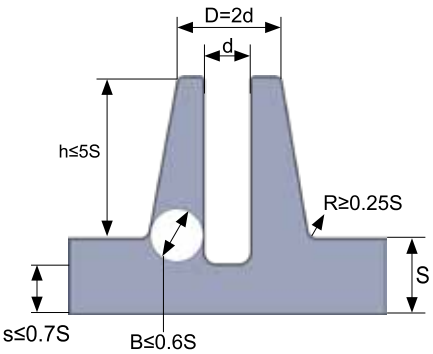
**Optimierung von Schraubdomen**

Schraubdome bzw. Vorsprünge übernehmen oft Funktionen für den Zusammenbau in einem Kunststoffformteil. Sie unterstützen selbstschneidende Schrauben, Einsätze oder andere Befestigungselemente in einem Kunststoffteil.

Um Einsinkungen zu vermeiden sollte deren Dicke zwischen 40% und 60% der Nennwandstärke liegen.

Zu beachten ist, dass bei dicken, turmartigen Schraubdomen oft Einsinkungen auf der Rückseite auftreten, die im sichtbaren Bereich liegen. Eine bessere Lösung ist es, dünnere Rippen und oder Zwickel zu verwenden.

Designrichtlinie für Schraubdomen



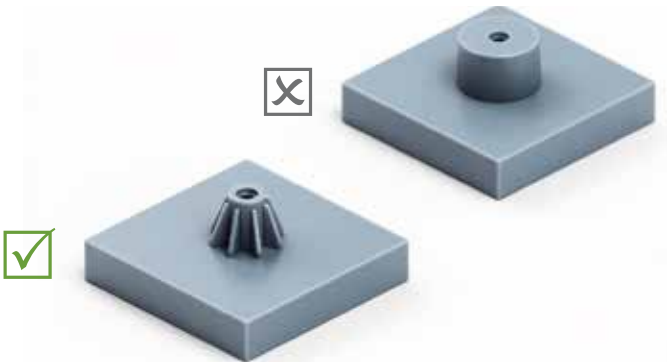
VERSTÄRKUNGEN

**Verstärkungen zur Vermeidung von Verformungen**

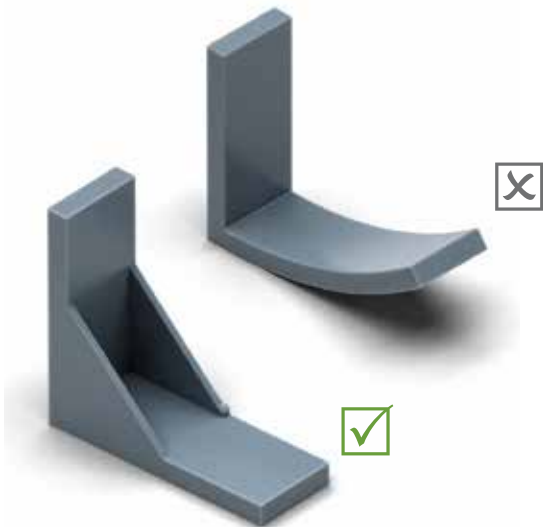
Um Verformungen entgegenzuwirken ist es notwendig Verstärkungen geschickt zu planen. Dadurch werden Winkel präziser und die spätere Stabilität gewährleistet.

Die Schrumpfrate ist in vertikaler Richtung geringer als in Flussrichtung, was zu Spannungen im Formteil und somit zu Verdrehen und Verziehen führt.

Verstärkungen wie Rippen können diese Spannungen abfangen und Verformungen verhindern. Die Platzierung solcher Verstärkungen erfolgt oft im Inneren oder in nicht einsehbaren Bereichen des Formteils.



Verwenden Sie bevorzugt immer Rippen oder Zwickel, um Vorsprünge an einer Seitenwand oder am Boden zu befestigen.



ENTFORMUNGSSCHRÄGEN

**Vermeidung von Auswerferspuren durch Formschrägen**

Auswerferspuren lassen sich verringern oder ganz vermeiden, wenn von Beginn an Formschrägen eingeplant werden. Senkrechte Flächen sollten, wenn möglich, alle abgeschrägt werden. Planen Sie etwa einen Grad Formschräge pro 50 mm Tiefe ein. Hinterschnidungen sind möglich, erfordern jedoch Anpassungen des Werkzeugs.

Richtwerte für Entformungsschrägen

Werkstoff	Richtwert
PA, POM, ABS, PP	0,5°
PBT, SB	1,0°
PS, PC	1,5°



HINTERSCHNEIDUNGEN

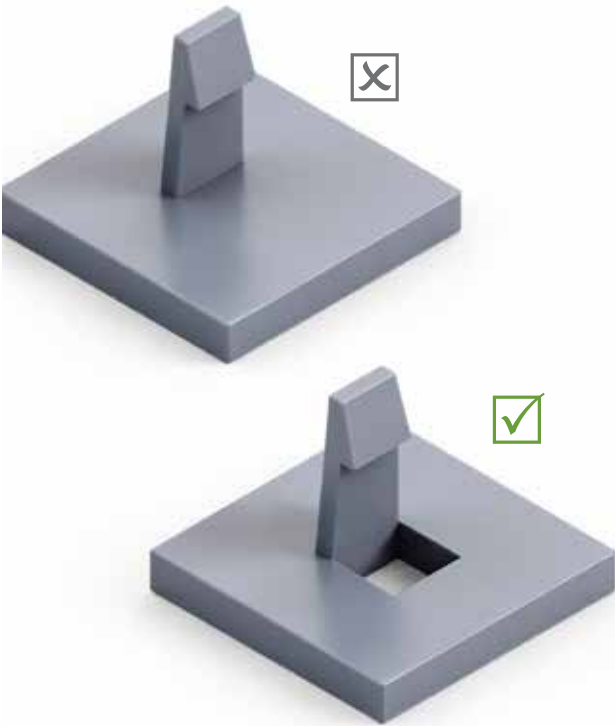
**Alternative Lösungen zu Werkzeugschiebern**

Normalerweise werden Hinterschnidungen durch den Einsatz von Schiebern realisiert, was die Kosten für das Werkzeug erheblich erhöht.

Es gibt jedoch kostengünstigere Alternativen, wie etwa das Einfügen zusätzlicher Aussparungen oder das Anpassen der Trennlinie, um den Entformwinkel zu optimieren.

Diese Methoden eignen sich besonders für Hinterschnidungen an der Außenseite des Teils. In einigen Fällen kann die Hinterschneidung auch durch leichte Verformung des flexiblen Teils während der Entformung überwunden werden. Für innenliegende Kerne ist es wichtig, einen Entformwinkel von 30° bis 45° zu berücksichtigen, um ein reibungsloses Auswerfen zu gewährleisten.

Wenn diese kostengünstigen Lösungen nicht anwendbar sind und die Funktionalität des Teils nicht beeinträchtigt werden darf, müssen Schieber und seitliche Kerne eingeplant werden.





## FILMSCHARNIERE

Filmscharniere sind flexible, dünnwandige Verbindungen zwischen zwei Bauteilen, die in einem einzigen Spritzgussvorgang als einteilige Komponente gefertigt werden können. Bevorzugte Materialien für Filmscharniere sind Polypropylen (PP), während für Anwendungen mit geringeren Belastungswechseln auch ABS, POM, PA und andere Kunststoffe verwendet werden können.

Für ein Scharnier mit konstanter Dicke lässt sich die auftretende Randfaserdehnung mit einer Formel berechnen. Die Randfaserdehnung ist mit dem über die gewünschte Lastwechselzahl ertragbaren Dehnungswert (Tabelle) zu vergleichen, wobei ein Sicherheitsbeiwert von 1,5 bis 2 berücksichtigt werden sollte. Aus diesem Vergleich ergibt sich eine Aussage über die Funktionstauglichkeit des Filmscharniers.

Die Gleichung kann umgestellt werden, um die Filmdicke  $s$  oder Filmlänge  $L$  zu berechnen, indem man den Kunststoff wählt und den Wert der ertragbaren Randfaserdehnung (mit Sicherheitsabschlag) einsetzt.

Am Beispiel der Formeln und der Tabelle lässt sich zum Beispiel die Länge eines Filmscharniers (Dünnstelle  $L$ ) berechnen:

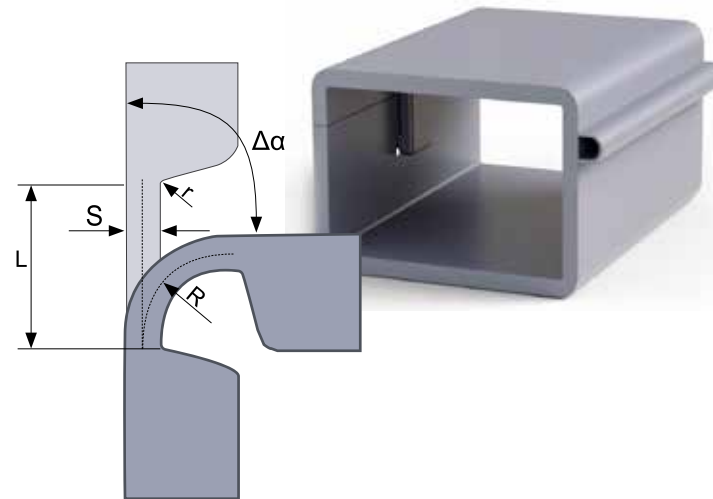
- Biegewinkel mind. von  $100^\circ$
- $10^4$  Lastwechsel (LW)
- Dicke der Dünnstelle = 0,3 mm
- Sicherheitsbeiwert = 1,5
- Material = POM

$$L = (0,3 \times \pi \times 100 \times 1,5) / (2 \times 35) = 2,0 \text{ mm}$$

Die gegensätzlichen Anforderungen an Filmscharniere – einerseits eine hohe Beweglichkeit und andererseits eine gute Spritzgießbarkeit – machen einen Kompromiss erforderlich.

## Es werden folgende Abmessungen empfohlen:

Filmdicke  $s = 0,3 \text{ mm}$  bis  $0,8 \text{ mm}$   
 Filmlänge  $L = 1 \text{ mm}$  bis  $6 \text{ mm}$   
 Rundungsradien  $R = 0,5 \text{ mm}$  bis  $1,0 \text{ mm}$



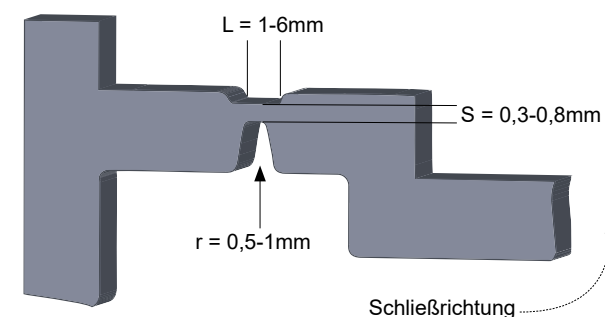
$$\text{Randfaserdehnung } \epsilon_a = \frac{s \cdot \Delta \alpha_{rad}}{2 \cdot L} \text{ mit } \Delta \alpha_{rad} = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \alpha^\circ$$

$$\text{Länge } L \text{ der Dünnstelle } L = \frac{s \cdot \Delta \alpha}{2 \cdot \epsilon}$$

$$\text{Dicke } s \text{ der Dünnstelle } s = \frac{2 \cdot n \cdot \epsilon}{\Delta \alpha}$$

Werkstoff	Streckdehnung $\epsilon_y$ in %	Nominelle Dehnung $\epsilon_i$ in %	Dehnungsausschlag $\epsilon_a$ in % nach $10^4$ LW	Dehnungsausschlag $\epsilon_a$ in % nach $10^6$ LW
PP	10	> 50	60	60
PA 6	20	> 50	55	45
PA 66	20	> 50	50	40
POM	10	35	35	30
PBT	3,5	> 50	25	20

Dehnungskennwerte gemessen nach ISO 527, und als bauteilspezifische Werte gemessen an Filmscharnieren. Für die Dimensionierung häufig betätigter Filmscharniere werden zumeist Wöhler-Diagramme verwendet.



## SCHNAPPHAKEN

Schnapphaken bieten eine einfache, kostengünstige und schnelle Methode, um zwei verschiedene Bauteile miteinander zu verbinden. Während des Zusammenfügens wird der Haken kurzzeitig verformt und rastet in eine Vertiefung (Hinterschneidung) des gegenüberliegenden Teils ein. Nach dem Verbinden sollten die Schnappverbindungen wieder in ihren spannungsfreien Zustand zurückkehren.

Es gibt verschiedene Typen von Schnappverbindungen, wie Kragarm-, Torsions- und Ringförmige Schnappverbindungen, die jeweils unterschiedliche Einsatzmöglichkeiten bieten. Je nach Gestaltung des Hinterschnitts kann die Verbindung entweder lösbar oder dauerhaft sein, wobei die zum Trennen der Teile erforderliche Kraft stark variieren kann.

Bei der Konstruktion von Schnappverbindungen sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

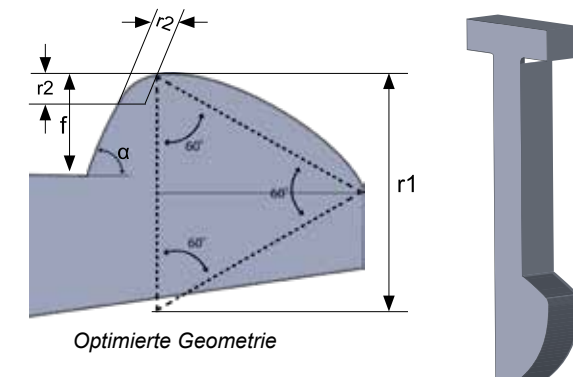
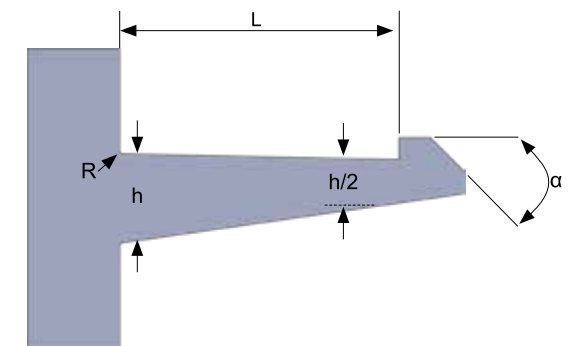
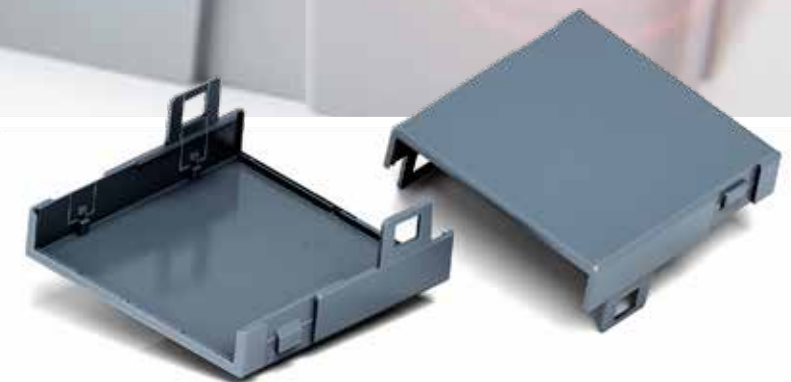
Die Dicke ( $h$ ) des Hakens sollte sich zum Ende hin verjüngen. Eine bewährte Praxis ist es, die Dicke des Auslegers linear so zu verringern, dass sie am Ende des Hakens (Länge  $L$ ) etwa der Hälfte der Wandstärke entspricht ( $h/2$ ). Dies sorgt für ein ausgewogenes Verhältnis von Querschnitt und Belastung, verringert die Materialbeanspruchung und spart Material.

Eine **optimierte Geometrie** von Schnapphaken verwendet große und kleine Radien für die Übergänge, anstatt schiefe Ebenen mit festen Winkeln an der Füge- und Halteseite. Durch diese Gestaltung wird die benötigte Kraft zum Verbinden nahezu halbiert und der Druck auf die Kontaktflächen um bis zu 75 % reduziert werden.

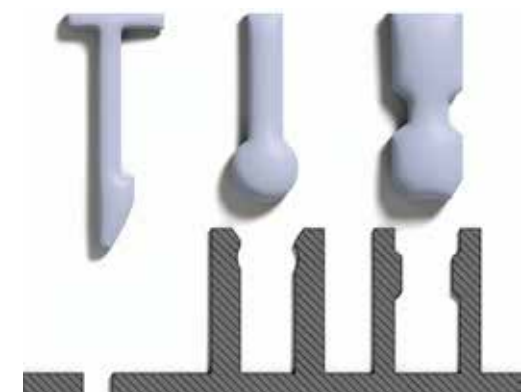
## Hinweis:

Für die Auslegung und Dimensionierung von Schnappverbindungen gibt es spezifische Berechnungsformeln, die wichtige Parameter wie Auslösekraft, maximale Belastung und Verformung bestimmen.

Detaillierte Formeln und Berechnungsmethoden finden Sie in technischen Fachbüchern zur Kunststofftechnik.



Kragarm-, Ring- und Torsionsförmige Schnappverbindungen



# KUNSTSTOFF-FORMTEILE

## WERKZEUGBAU

Der Kunststoff-Spritzguss ist eine bedeutende Fertigungsmethode zur schnellen Herstellung komplexer Kunststoffteile. Besonders beim 2K-Spritzguss, bei dem zwei verschiedene Kunststoffe in einem einzigen Prozess kombiniert werden, kommt dem Spritzgusswerkzeug eine zentrale Bedeutung zu. Die Bandbreite reicht von einfachen zweiteiligen Formen bis hin zu komplexen Werkzeugen mit mehreren Schiebern. Dabei beeinflusst die Komplexität des Werkzeugs sowohl die Produktionsgeschwindigkeit als auch die Kosten.

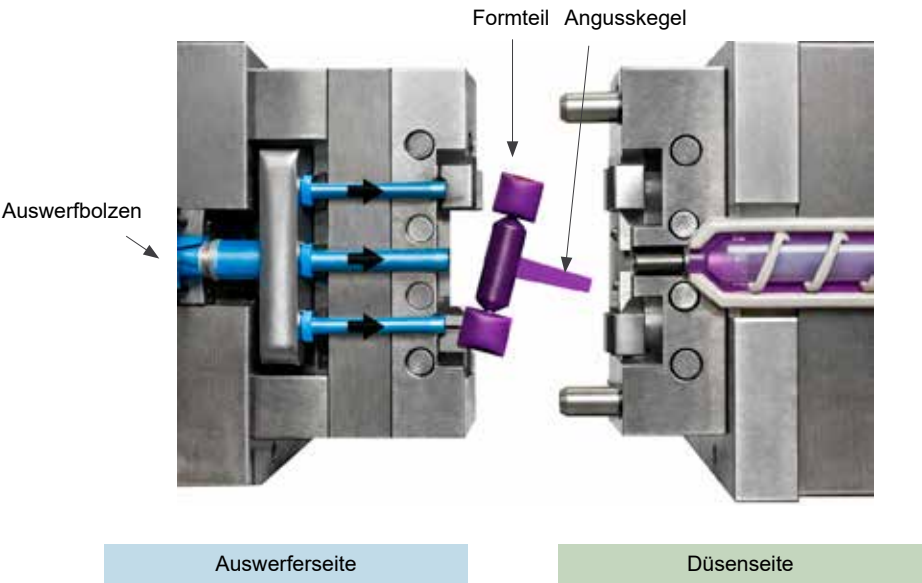
Schon bei der Konstruktion sollte sowohl die Befüllung als auch die Entformung des Formteils berücksichtigt werden. Eine durchdachte Gestaltung kann die Werkzeugkosten erheblich reduzieren.

Ein Spritzgusswerkzeug besteht in der Regel aus zwei Formhälften: der Düsenseite und der Auswerferseite (2-Platten-Werkzeug). Beim 3-Platten-Werkzeug sorgt eine zusätzliche Platte dafür, dass der Anguss automatisch vom Formteil getrennt wird.

Der Spritzgießprozess umfasst dabei folgende Schritte:

- **Plastifizieren & Dosieren**
- **Einspritzen & Nachdrücken**
- **Kühlen & Entformen**

Der plastifizierte Kunststoff wird über die düsenseitige Formhälfte in die Form eingespritzt. Je nach Bauteilgeometrie wird der Anguss entsprechend gewählt. (siehe Kapitel Anguss-Typen)



In der Auswerferseite eines Spritzgusswerkzeugs befinden sich die formgebenden Kerne und Einsätze, auch Kavitäten genannt, sowie die Auswerferelemente.

Beim Öffnen des Werkzeugs verbleibt das Spritzteil in der Regel auf dieser Seite. Je nach Schwierigkeitsgrad der Entformung werden unterschiedliche Auswerfereinrichtungen verwendet.

### AUSWERFSYSTEME

**Spritzgießteile ohne Hinterschneidung** können abgestreift, abgezogen oder mit Auswerferstiften entformt werden.

Dabei stehen verschiedene Auswerferstifte zur Verfügung: Zylindrische Auswerfer, Flachauswerfer und Konturauswerfer.

Die Auswerfer sollten so platziert werden, dass sie das Teil gleichmäßig aus der Form drücken. Kritische Bereiche wie dünne Wände oder Oberflächen, die eine hohe ästhetische Qualität erfordern, sollten vor Druckstellen geschützt werden.

Generell muss die **Auswurfkraft** sorgfältig abgestimmt werden, um das Formteil nicht zu beschädigen. Sie hängt von der Haftung des Kunststoffs an der Form und der Größe des Formteils ab.

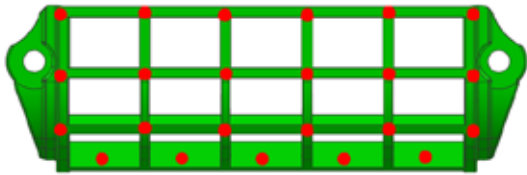
Bei **Formteilen mit Hinterschneidung** sind Schieber oder Backen notwendig, da ein gerader Rückzug hier nicht möglich ist. Hinterschneidungen sind Bereiche des Formteils, die durch das einfache Öffnen der Form in der Trennebene nicht entfernt werden können. Man spricht in diesem Zusammenhang von Nebenentformrichtungen.

Grundsätzlich sollte der Einsatz von Schiebern vermieden werden, da Formteile, die durch geraden Rückzug entformt werden können, besonders effizient sind.

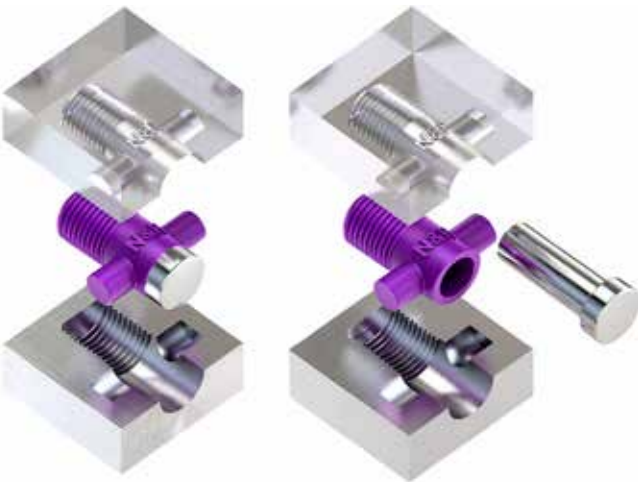
Eine effektive Lösung zur Vermeidung von Schiebern kann der **Einsatz von formschlüssigen Kernen** sein. Diese ermöglichen durch eine Öffnung am Bauteil die Herstellung der Hinterschneidung und die Entformung in der Hauptrichtung. Diese Technik wird häufig bei der Konstruktion von Schnapphaken angewendet.

Manchmal ist es auch Möglich eine Hinterschneidungen zu vermeiden, indem die **Trennebene** des Formteils so platziert wird, dass sie die Hinterschneidung kreuzt.

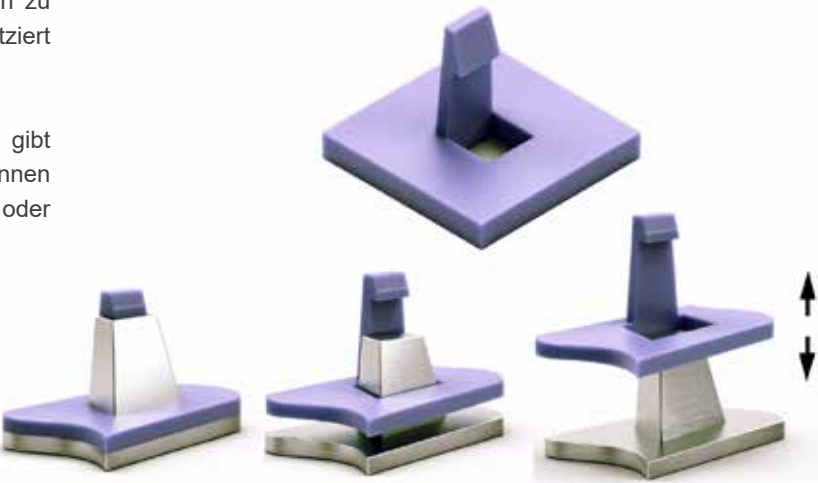
Für **Spritzgießteile mit Innen- oder Außengewinde** gibt es mehrere Möglichkeiten zur Entformung: Sie können zwangsentformt, mit drehenden Kernen abgeschraubt oder mit Einfallkernen gelöst werden.



Positionierung der Auswerfer (DFM Report)



Einsatz eines Schiebers



Lösung mit formschlüssigen Kern

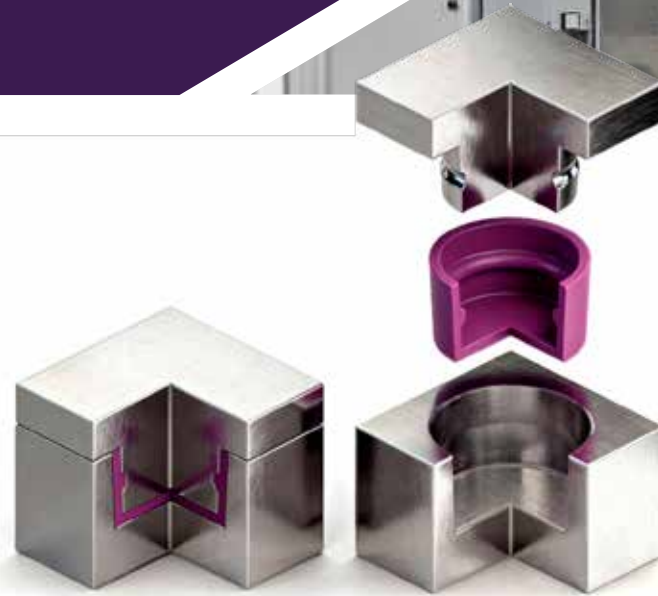


# KUNSTSTOFF-FORMTEILE WERKZEUGBAU

## SONDERFALL ELASTOMER

Bei Elastomer-Bauteilen sind Hinterschneidungen bis zu einem gewissen Grad möglich, abhängig vom verwendeten Material.

Beim Entformen des Bauteils kann die Wand der Form so weit nachgeben, dass das Teil vorübergehend verformt wird, sich jedoch nach dem Entformen fast vollständig in seine ursprüngliche Form zurückverwandelt.



## TRENNLINIE

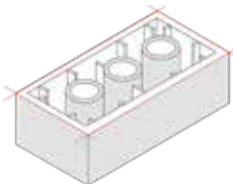
In Spritzgussformen ist die Trennlinie der Bereich, an dem das Werkzeug öffnet und schließt. Eine sorgfältig durchdachte Trennliniengestaltung trägt dazu bei, die Qualität des fertigen Produkts zu gewährleisten, ästhetische Mängel zu minimieren und die Produktionskosten zu optimieren.

### Positionierung der Trennlinie

Oft verläuft die Trennlinie genau in der Mitte des gespritzten Teils, jedoch ist nicht immer die beste Praxis. Die Trennlinie sollte idealerweise an weniger sichtbaren Stellen des Teils platziert werden, um ästhetische Defekte wie sichtbare Gratlinien zu minimieren.

Ein gutes Beispiel hierfür ist ein LEGO®-Stein.

Anstatt die Trennlinie in der Mitte der Oberseite des Steins zu platzieren, verläuft sie entlang der unteren Kanten. Dies macht sie weniger auffällig und verbessert das visuelle Erscheinungsbild des Produkts.

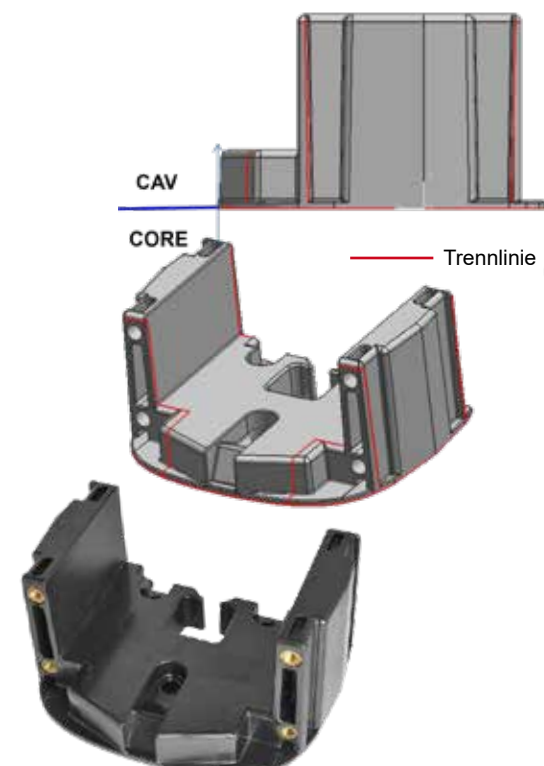


### Scharfe Kanten

Scharfe Kanten sind bevorzugte Positionen für Trennlinien, da sie die Konstruktion und Bearbeitung der Form vereinfachen. Diese Bereiche bieten klare und definierte Trennflächen, die die Gratbildung minimieren und somit die Nachbearbeitung reduzieren. Außerdem helfen sie, die Herstellungskosten zu senken, da sie eine einfachere Werkzeugkonstruktion ermöglichen.

### Abgerundete Oberflächen

Abgerundete (fillet) Oberflächen hingegen sind weniger ideal für Trennlinien. Sie erfordern oft eine engere Toleranz beim Formenbau, was die Kosten erhöht. Zudem besteht ein höheres Risiko für Gratbildung, das auftritt, wenn die beiden Hälften der Form nicht perfekt schließen. Um diese Probleme zu vermeiden, sollten Trennlinien möglichst nicht auf abgerundeten Oberflächen platziert werden.



## GRENZEN DER GESTALTUNG

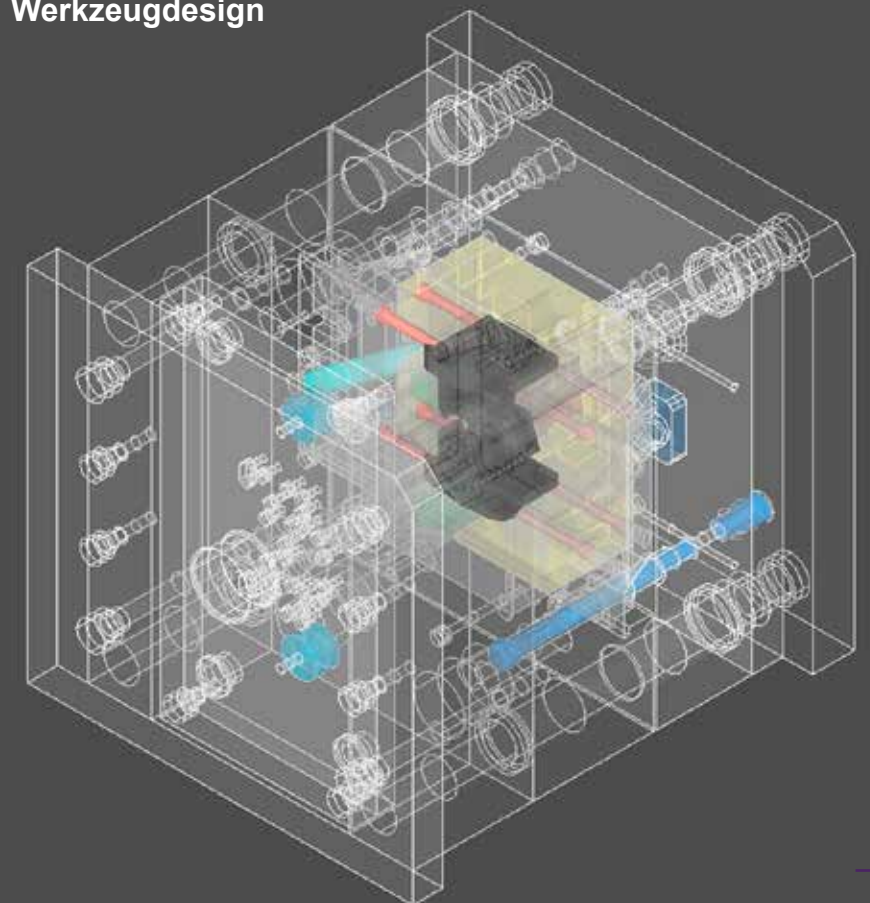
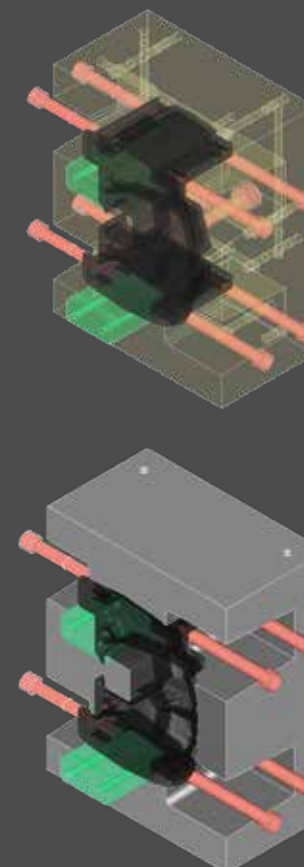
Bei der Planung und Gestaltung müssen die technischen Grenzen von Anfang an berücksichtigt werden. Nicht nur der gewünschte Kunststoff hat spezifische Parameter, sondern auch die Fertigung des Werkzeugs hat ihre Grenzen.

Es ist zum Beispiel möglich, bereits in das Werkzeug Logos oder Schriftzüge einzuarbeiten. Dabei muss jedoch sichergestellt werden, dass der Kunststoff diese vollständig umfließen oder ausfüllen kann. Zu schmale Kanäle bleiben leicht frei von Kunststoffmasse.

Auch ist es wichtig, die Möglichkeiten der Werkzeugfertigung realistisch zu betrachten. Fräsköpfe, wie sie beim Fräsen von Schrift verwendet werden, sind immer rund und erzeugen daher einen gewissen Mindestradius. Diese Radien können meist minimal ausgelegt werden, müssen aber dennoch bei der Gestaltung berücksichtigt werden.



## Werkzeugdesign



KUNSTSTOFF-FORMTEILE

# ANGUSS-TYPEN





Das Angussystem leitet den geschmolzenen Kunststoff in das Werkzeug. Richtig gestaltete Angüsse ermöglichen eine gleichmäßige und schnelle Übertragung der Schmelze, sodass die Hohlräume effizient gefüllt und abgekühlt werden können.

Dabei sollten die Angüsse idealerweise an unauffälligen, nicht funktionalen Bereichen und vorzugsweise am dicksten Teil des Formteils platziert werden. Die Position ist entscheidend, da sie beeinflussen, wo Verformungen, Bindenahtlinien, Einfallstellen, Hohlräume oder andere Spritzgussfehler auftreten können.

Zu **Beginn des Designs** ist es ratsam, kleinere Angüsse zu verwenden, die bei Bedarf vergrößert werden können.

Die übliche Angussdicke beträgt 50-80% der Dicke des Formteils, wobei die Enddurchmesser von Punkt- und Tunnelangüssen typischerweise zwischen 0,25 und 2,0 mm liegen. Kürzere Angüsse helfen zudem, den Druckabfall im Angussbereich zu verringern.

Die gängigsten Angusstypen sind:

Sprue Gate / Angusszapfen	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Einfachste Herstellung, schnelles Einspritzen großer Volumina</li><li>• Ideal für runde / zylinderförmige Bauteile</li><li>• Exakte Konzentration des Materials</li><li>• Häufig bei niedrigen Stückzahlen und Einzelkavitätenformen</li><li>• Sichtbare Angussmarkierung, muss manuell entfernt oder bearbeitet werden.</li></ul>
Pin Gate / Punktanguss	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ideal für 3-Platten-Werkzeuge, erleichtert die symmetrische Befüllung</li><li>• Verwendung für kleine und präzise Bauteile, sowie für dünnwandige Teile</li><li>• Geeignet für Mehrkavitätenformen</li><li>• Minimale sichtbare Markierung auf kritischen Oberflächen</li><li>• Hohe Präzision und Oberflächenqualität</li><li>• Durchmesser: 40 bis 50% der Wanddicke, Steghöhe: 0,5 bis 1,0 mm</li></ul>
Edge Gate / Eckenanguss	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wird für Bauteile mit großen Oberflächen und dünnwandige Teile verwendet</li><li>• Anguss ist auf der Trennebene angeordnet</li><li>• Füllt die Form von der Seite, von oben oder von unten</li><li>• Typischerweise rechteckiger Querschnitt für eine gleichmäßige Verteilung des Kunststoffs entlang der Kante</li><li>• Dicke: 50 bis 80% der Wanddicke, Steghöhe: 0,5 bis 1,5 mm</li></ul>
Overlap Gate	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geeignet für Anwendungen, bei denen glatte Oberflächen entscheidend sind</li><li>• Hilft, das Risiko von Spritzern zu vermeiden</li><li>• Reduziert interne Spannungen durch allmähliche Druckverteilung</li><li>• Ähnlich wie ein Kantenanschnitt, überlappt jedoch die Oberfläche</li><li>• Dicke: 0,4 bis 6,4 mm / Breite: 1,6 bis 12,7 mm</li></ul>

Fan Gate / Fächeranguss	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Allmähliche Verbreiterung des Anschnitts zu einer Fächerform in Richtung des Formhohlraums bei gleichmäßiger Dicke</li><li>• Häufig verwendet, um einen stabilen Fluss in große Teile zu gewährleisten</li><li>• Gleichmäßige Ausfüllung der Kavität, wichtig für Verzugskontrolle und Maßhaltigkeit</li><li>• Maximale Dicke des Fächeranschnitts: 75 % der Teilwanddicke</li><li>• Typische Anschnittdicken: 0,25 bis 1,6 mm</li></ul>
Tunnel Gate / U-Boot Anguss	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Abgewinkelter, verjüngter Tunnel, der vom Ende des Läufers zur Kavität verläuft</li><li>• Durchmesser des Tunnels: 30 bis 70% der Wanddicke des Teils</li><li>• Versteckter Anschnitt, der eine saubere Oberfläche ohne sichtbare Anschnittspuren ermöglicht</li><li>• Effiziente Trennung des Angusses vom fertigen Teil, minimiert die Nachbearbeitung</li></ul>
Cashew / Banana Gate	
	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bogenförmiger Tunnelanschnitt, der unter der Trennfuge verläuft</li><li>• Verwendet für Bauteile mit anspruchsvoller Oberflächenqualität, da der Anschnitt versteckt ist und keine sichtbaren Markierungen hinterlässt</li><li>• Ideal für Teile mit komplizierten Geometrien oder schwer zugänglichen Bereichen</li><li>• Automatisierte Abtrennung des Angusses</li><li>• Durchmesser des Tunnels: typischerweise 0,25 bis 2,0 mm</li></ul>

## MATERIALEMPFEHLUNG

	PVC	PE	PP	PC	PS	PA	POM	AS	ABS	PMMA	SFT
Sprue	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pin		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
Edge	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Overlap							✓	✓	✓	✓	
Fan			✓				✓		✓		
Tunnel					✓	✓	✓		✓		
Cashew	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



KUNSTSTOFF-FORMTEILE

2K-SPRITZGUSS

Der Mehrkomponenten-Spritzguss, ist ein Fertigungsprozess, der zwei oder drei verschiedene Materialien in einem einzigen Spritzgießzyklus verwendet.

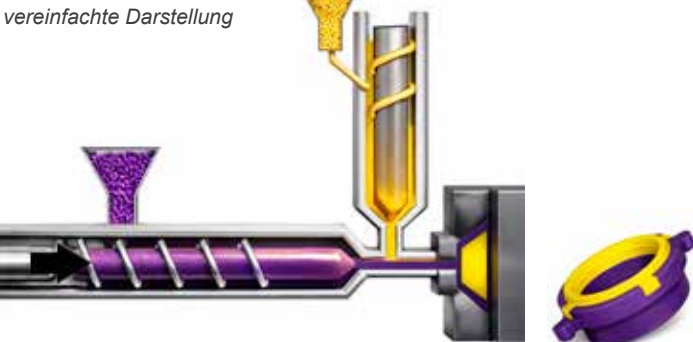
Er ermöglicht die Herstellung komplexer oder mehrteiliger Produkte in einem Schritt und ist besonders nützlich für Produkte, die eine Kombination aus unterschiedlichen Eigenschaften wie Härte, Farbe oder Materialtyp erfordern.

Funktionsweise und Maschinenkonfiguration

Im Falle von 2 Komponenten benötigt der 2-Komponenten-Spritzguss spezialisierte Maschinen mit zwei separaten Einspritzeinheiten. Jede Einheit ist für das Einspritzen eines spezifischen Materials verantwortlich. Die Maschinen können so konfiguriert werden, dass die Materialien entweder nacheinander oder gleichzeitig in das Werkzeug eingespritzt werden. Präzise Steuerungssysteme sind erforderlich, um die Injektionszeitpunkte, den Druck und die Materialvolumina genau zu regeln.

Werkzeugdesign und Präzision

Das Werkzeug im 2-Komponenten-Spritzguss muss speziell entworfen werden, um zwei Materialien aufnehmen zu können. Es enthält meist mehrere Kavitäten und Kerne, die sich bewegen oder rotieren können, um das erste Material zu formen und dann für die Injektion des zweiten Materials bereit zu sein. Dies kann durch Drehen der Form oder durch das Verschieben von Kernen innerhalb der Form geschehen.



Materialkombination

Ein entscheidender Erfolgsfaktor im 2K-Spritzgussverfahren ist die richtige Materialkombination. Nicht alle Thermoplaste haften optimal aneinander oder bieten die gewünschten mechanischen, chemischen oder thermischen Eigenschaften. Eine sorgfältige Auswahl der Werkstoffe ist daher essenziell, um eine zuverlässige Haftung, hohe Belastbarkeit und langfristige Haltbarkeit der Bauteile sicherzustellen.

Um Entwicklern und Konstrukteuren die Auswahl der idealen Werkstoffpaarungen zu erleichtern, haben wir eine Materialübersicht zusammengestellt. Diese zeigt, welche Kunststoffkombinationen besonders gut miteinander verbunden werden können und welche weniger geeignet sind.



Materialkombinationen		ABS	ASA	CA	EVA	PA 6	PA 6.6	PBT	PC	PE	PET	PMMA	POM	PP	PPO mod.	PS	PSU	SAN	TPE	TPU	EPDM	NR/SBR	SBR	LSR
Thermoplaste	ABS	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	sehr gut	sehr gut	gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	ABS / PC	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	ASA	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	CA	sehr gut	sehr gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	EVA	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6 (mod. +25% GF)	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6.6	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6.6 (mod. +25% GF)	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6.12	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PA 6.12 (mod. +25% GF)	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PBT	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PC	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PC / PBT	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PE	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PET	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PMMA	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	POM	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PP	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PPO mod.	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PPE mod.	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PS	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	PSU	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	Rigid PVC	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	SAN	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
TP	TPE	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	TPU	sehr gut	sehr gut	sehr gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
Elastomere	EPDM	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	NR	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	SBR	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut
	LSR	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	gut	sehr gut	schlecht	gut	gut	gut	gut	gut



Kunststoffe besitzen eine spezifische Viskosität, die ihr Fließverhalten bestimmen. Bei Kunststoffen ist die Viskosität allerdings keine Konstante, sondern sie verringert sich in der Regel in Abhängigkeit von der Temperatur und abnehmender Dehnrate. Hier werden die Begriffe Zähigkeit, Duktilität und Sprödigkeit zur Eigenschaftsbewertung der Werkstoffe herangezogen.

Um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen, müssen diese Eigenschaften geschickt mit dem Werkzeugdesign abgestimmt werden. Eine Schlüsseltechnologie zur Analyse und Optimierung des Fließverhaltens ist die Moldflow-Analyse, die von unseren Experten durchgeführt wird.

Die Moldflow-Analyse ist eine fortschrittliche Simulationsmethode, die den Fluss von Kunststoffschmelzen während des Spritzgießprozesses visualisiert.

Unsere Experten führen diese Analyse durch, um das Materialverhalten in der Form präzise zu prognostizieren und zu optimieren.

### VORTEILE DER MOLDFLOW-ANALYSE

#### 1. Fließverhalten visualisieren:

Moldflow bietet eine detaillierte Visualisierung des Kunststoffflusses in der Form, wodurch Engpässe und Problemzonen identifiziert werden können.

#### 2. Eingussstellen optimieren:

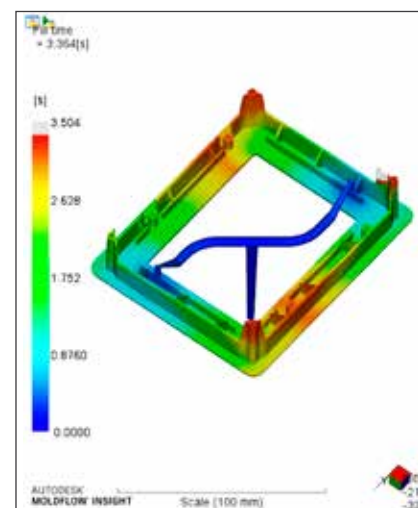
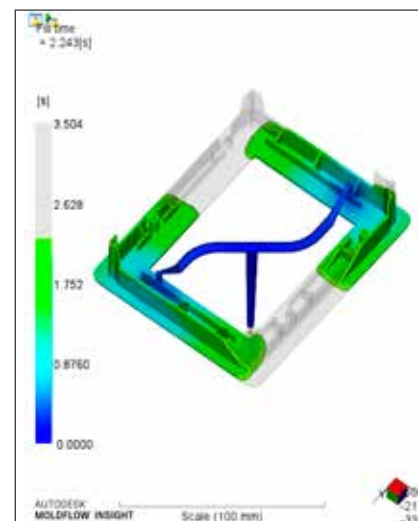
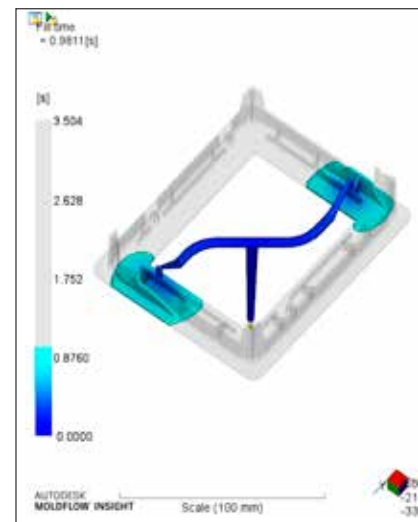
Die Analyse hilft bei der Bestimmung der optimalen Positionen für Eingussstellen, um eine gleichmäßige Befüllung und minimale sichtbare Nähte oder Markierungen zu gewährleisten.

#### 3. Spannungen reduzieren:

Durch die Simulation können fließbedingte Spannungen erkannt und minimiert werden, was die mechanischen Eigenschaften und die Lebensdauer des Endprodukts verbessert.

#### 4. Materialeinsparung:

Optimierte Fließwege und Eingussstellen reduzieren den Materialverbrauch und senken die Produktionskosten.



### HERAUSFORDERUNGEN

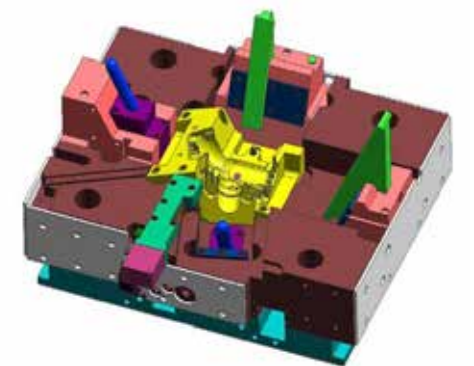
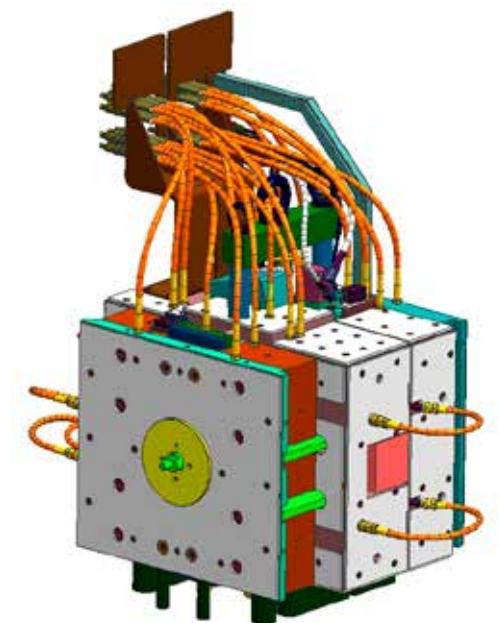
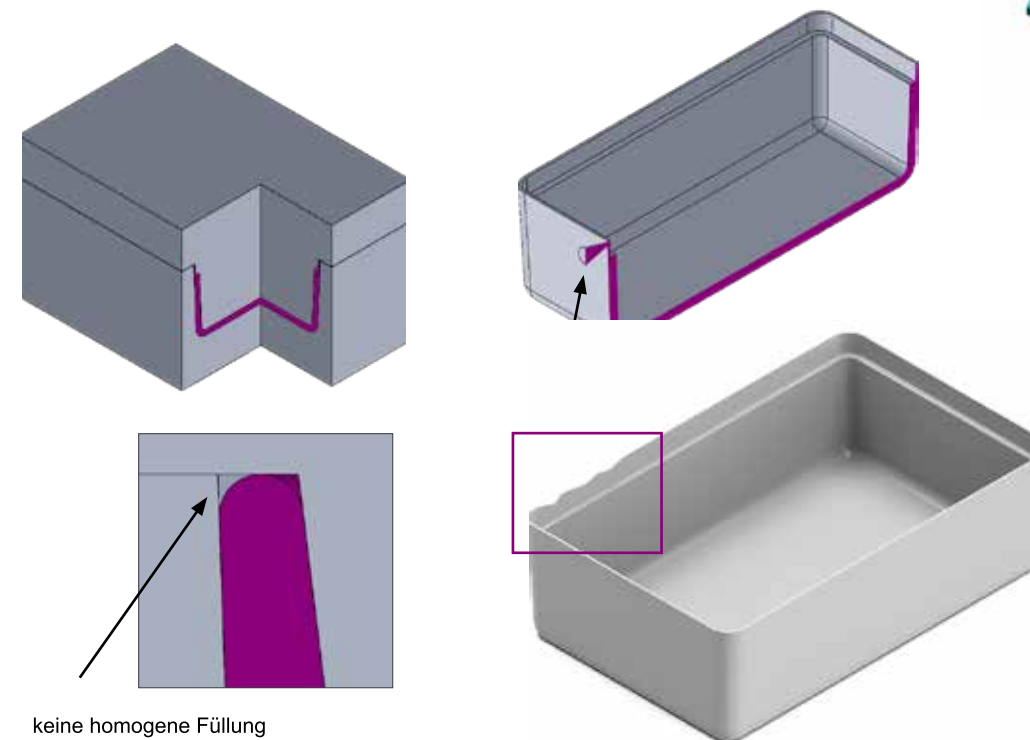
In Abhängigkeit von Geometrie, Komplexität und vorgesehenem Material des Formteils werden bereits in der Konstruktionsphase des Werkzeugs optimierte und individuelle Temperier- und Einspritzsysteme ausgelegt. Dies stellt sicher, dass die Kunststoffmasse gleichmäßig verteilt und die Form vollständig und sauber ausgefüllt wird.

Es ist entscheidend zu beachten, dass das Werkzeug keine vollständig geschlossene Form ist. An einem oder mehreren Punkten muss die Kunststoffmasse in die Form gelangen. Diese Eingussstellen sollten so positioniert werden, dass sie optisch und funktionell möglichst wenig stören. Unsere Experten unterstützen Sie dabei, die besten Positionen und Geometrien für die Eingussstellen zu identifizieren.

### OPTIMALE BEFÜLLUNG

Eine gleichmäßige Verteilung der Kunststoffmasse ist essenziell für eine vollständige und saubere Befüllung der Form.

Das gezeigte suboptimale Beispiel zeigt eine Form, bei der es schwierig ist, sie vollständig auszufüllen, was zu optischen Mängeln und Funktionseinschränkungen führen kann. Besser wäre eine Befüllung von unten mittig oder an mehreren Stellen unten. Dadurch können fließbedingte Spannungen vermieden und eine gleichmäßige Befüllung sichergestellt werden. Die **Moldflow-Analyse** hilft, solche optimalen Befüllungsstrategien zu entwickeln.





WERKZEUGFALLENDE  
OBERFLÄCHEN

STRUKTUREN

Die **werkzeugfallende Methode** zur Oberflächenveredelung von Kunststoffteilen ermöglicht es, die gewünschte Oberflächenstruktur direkt während des Herstellungsprozesses zu integrieren.

Durch diese Technik wird die Textur und **Gestaltung der Oberfläche direkt in das Formwerkzeug eingebracht**. Das fertige Teil erhält die gewünschte Oberflächenbeschaffenheit, ohne dass zusätzliche Nachbearbeitungsschritte wie Lackieren oder Fräsen notwendig sind.

Durch den gezielten **Wechsel zwischen strukturierten und polierten Bereichen** entstehen kontrastreiche und ästhetisch ansprechende Designoberflächen. Zudem **kaschiert** eine Oberflächenstruktur auch Unregelmäßigkeiten wie Fließnähte, Bindenähte, Einfallstellen die beim Kunststoff-Spritzguss auftreten können.

Die **VDI 3400** und **SPI** sind zwei etablierte Normen zur **Oberflächenklassifizierung** von Spritzgusswerkzeugen. Beide Systeme bieten Richtlinien zur Bestimmung und Beschreibung der Oberflächenbeschaffenheit, jedoch mit unterschiedlichen Ansätzen und Schwerpunkten.

Die **VDI 3400** wird von der Gesellschaft Deutscher Ingenieure festgelegt und umfasst 45 verschiedene **Texturstufen** mit unterschiedlichen Rauheitsgraden. Die Klassen sind nummeriert (z.B. VDI 12), wobei niedrigere Zahlen eine glattere Oberfläche und höhere Zahlen eine gröbere Textur darstellen.

Die **SPI-Normen** unterteilen Oberflächen in vier Hauptkategorien (A, B, C, D), die wiederum in spezifische Unterkategorien unterteilt sind (z.B. SPI A-1, A-2, A-3). Diese Klassifizierung basiert auf der **Oberflächengüte**, die durch unterschiedliche **Polierverfahren** erreicht wird. A-Grade-Oberflächen sind hochglänzend, während D-Grade-Oberflächen strukturiert, matt sind.



OBERFLÄCHENEMPFEHLUNG

		Oberflächenfinish					
		<div></div> sehr gut	<div></div> durchschnittlich				
		<div></div> gut	<div></div> nicht empfohlen				

	SPI	Ra µm	PC	PS	PP	ABS	TPU
Hochglänzend	A-1	0.012 - 0.025					
	A-2	0.025 - 0.05					
	A-3	0.05 - 0.10					
Glänzend	B-1	0.05 - 0.10					
	B-2	0.10 - 0.15					
	B-3	0.28 - 0.32					
Matt	C-1	0.35 - 0.40					
	C-2	0.45 - 0.55					
	C-3	0.63 - 0.70					
Struktur	D-1	0.80 - 1.00					
	D-2	1.00 - 2.80					
	D-3	3.20 - 18.0					



N&H MUSTERKARTEN

Unsere Musterkarten bestehen aus schwarzem und weißem ABS-Kunststoff und zeigen eine praxisnahe Auswahl typischer Oberflächenstrukturen:

12 SPI-Oberflächenbehandlungen – von hochglanzpoliert bis stark strukturiert – sowie die 12 gängigsten VDI 3400 Texturen, abgestuft nach unterschiedlichen Rauheitsgraden.

Sie können die Musterkarten kostenlos bei uns anfordern.

ENTFORMUNGSSCHRÄGEN

Die Entformung eines Formteils aus dem Spritzgießwerkzeug erfordert erheblichen Kraftaufwand, insbesondere wenn die Entformungskräfte nicht optimiert sind. Um Beschädigungen am Formteil zu vermeiden und die Lebensdauer des Werkzeugs zu verlängern, ist es wichtig, dass diese Kräfte so gering wie möglich gehalten werden.

Eine entscheidende Rolle spielt dabei die **Konizität**, auch bekannt als **Entformungsschräge**. Dieser Winkel wird in das Design des Spritzgussteils integriert, um eine einfache Entformung des fertigen Teils aus der Form zu ermöglichen.

Die Konizität trägt nicht nur zur Reduzierung der Entformungskräfte bei, sondern schützt auch die Oberflächenstruktur der Form.

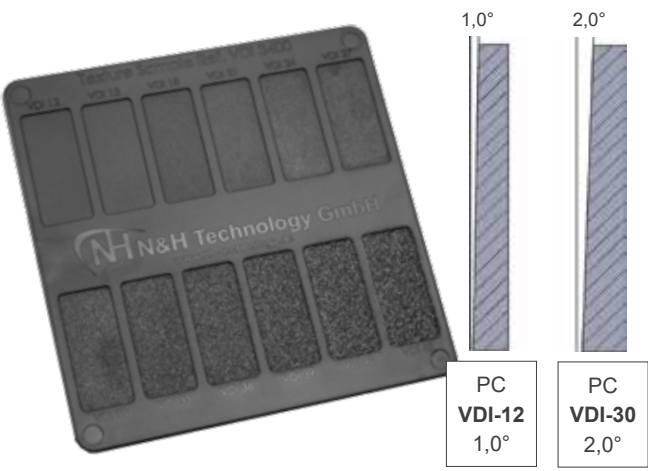
Besonders bei texturierten Oberflächen ist es wichtig, eine ausreichende Schräge einzuhalten, um Schäden an der Textur während der Entformung zu verhindern.

Darüber hinaus müssen alle Dichtflächen im Werkzeug mit einer Konizität ausgestattet sein. Ohne diese Schräge können vertikale Flächen nicht korrekt aufeinander abgestimmt werden, was zu Gratbildung am Formteil führt.

Die **Tabelle** zeigt die empfohlenen Mindestentformungsschrägen für die gängigen VDI-Oberflächenstrukturen, basierend auf einer Wanddicke von 2 mm. Bei glasfaserverstärkten und gefüllten Thermoplasten sollte eine größere Schräge gewählt werden.

VDI-Nr.	Ra µm	~ Rz µm	Entformungsschräge in °		
			PA	PC	ABS
12	0,40	1,5	0,5	1,0	0,5
15	0,56	2,4	0,5	1,0	0,5
18	0,80	3,3	0,5	1,0	0,5
21	1,12	4,7	0,5	1,0	0,5
24	1,60	6,5	0,5	1,5	1,0
27	2,24	10,5	1,0	2,0	1,5
30	3,15	12,5	1,5	2,0	2,0
33	4,50	17,5	2,0	3,0	2,5
36	6,30	24,0	2,5	4,0	3,0
39	9,00	34,0	3,0	5,0	4,0
42	12,50	48,0	4,0	6,0	5,0
45	18,00	69,0	5,0	7,0	6,0

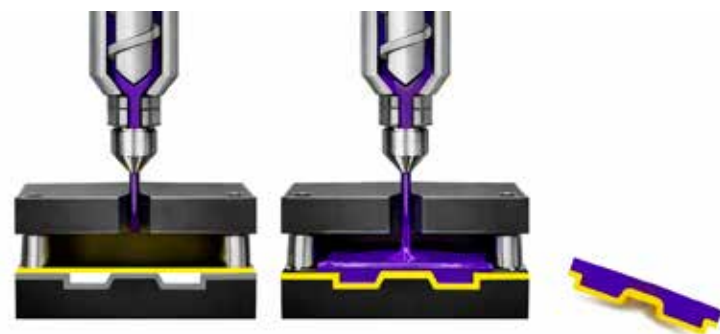
Ra: Oberflächenrauheit Rz: Höhe der Rauheit





# WERKZEUGFALLENDE OBERFLÄCHEN

## IN-MOULD DECORATION (IMD)



Die In-Mould Decoration (IMD) ermöglicht die Integration von dekorativen Oberflächen direkt in das Kunststoffbauteil.

Die Designs sind klar, detailreich und beständig gegen Abnutzung und Verblässen, sowie mechanischen Belastungen und Umwelteinflüssen.

Zudem lassen sich durch den Einsatz unterschiedlicher Folien auch besondere optische Effekte wie gebürstete Strukturen, Perlmutter-Optik oder sogenannte Dead-Front-Effekte realisieren – letztere ermöglichen es, Anzeigen oder Symbole erst bei Aktivierung sichtbar zu machen.

### Funktionsweise

Die vorbereitete Designfolie wird präzise in die Spritzgießform eingelegt. Durch den Druck und die Hitze während des Spritzgießens wird die Folie mit dem Kunststoff verbunden, wodurch das Design dauerhaft in das Bauteil integriert wird. Die Folie verschmilzt mit dem Kunststoff und bildet eine robuste Oberfläche.

Nach dem Abkühlen wird das fertige Kunststoffteil aus der Form entnommen. Das dekorative Design ist nun ein integraler Bestandteil des Bauteils.

### Kosteneffizienz

Durch die Integration der Dekoration in den Spritzgießprozess entfallen zusätzliche Schritte und Kosten für die nachträgliche Oberflächenveredelung. Dies kann zu einer effizienteren und kostengünstigeren Produktion führen.

Auch der "Dead Front"-Effekt kann mit der IMD Technik realisiert werden.



## WEITERE VERFAHREN

Durch den Einsatz verschiedener Techniken wie Lackieren, Bedrucken oder Beschichten werden Kunststoffoberflächen nicht nur widerstandsfähiger gegen Abrieb, sondern auch optisch ansprechender gestaltet.

Diese Verfahren verlängern die Lebensdauer der Kunststoffteile und verbessern deren Einsatzmöglichkeiten. Zudem ermöglichen sie eine individuelle Oberflächengestaltung, was für die Markenidentität und Produktindividualisierung von großer Bedeutung sein kann.

## BEDRUCKUNG

Die Bedruckung von Kunststoffformteilen erfolgt über verschiedenen Drucktechniken wie Tampondruck, Siebdruck und Digitaldruck. Durch die Bedruckung ist eine individuelle Gestaltung der Bauteile mit Logos, Mustern oder technischen Informationen möglich.

### Beständigkeit und Langlebigkeit

Die verwendeten Tinten und Farben sind oft UV-beständig und abriebfest, was die Langlebigkeit des Produkts erhöht. Dadurch sind bedruckte Kunststoffteile besonders widerstandsfähig gegen äußere Einflüsse.

### Effizienz und Kosteneffektivität

Die Drucktechnik ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Produktion von Bauteilen mit komplexen und farbenfrohen Designs, ohne dass umfangreiche Vor- oder Nachbearbeitungen erforderlich sind. Dies führt zu einer effizienten und wirtschaftlichen Fertigung, die den Anforderungen der modernen Industrie gerecht wird.

**Bevorzugte Farbvorgaben: RAL, Pantone oder Farbmuster.**

## TAMPONDRUCK

Der Tampondruck eignet sich besonders für das Bedrucken von unregelmäßigen oder gekrümmten Oberflächen. Diese Technik wird häufig für kleine bis mittelgroße Kunststoffteile verwendet und ermöglicht präzise und detaillierte Designs, selbst auf komplexen Geometrien.

## SIEBDRUCK

Der Siebdruck ist ideal für flache oder leicht gewölbte Oberflächen und große Druckflächen. Diese Methode wird oft großflächige Dekore auf Kunststoffteilen eingesetzt. Sie bietet eine hohe Farbdichte und ist kosteneffektiv bei großen Auflagen.

## DIGITALDRUCK

Der Digitaldruck eignet sich perfekt für kleinere Auflagen oder individuelle, maßgeschneiderte Designs. Diese Technik bietet höchste Flexibilität bei der Farbgestaltung und kann schnell auf wechselnde Designs reagieren. Der Digitaldruck wird häufig für Prototypen, personalisierte Produkte und komplexe Grafiken verwendet.





## LACKIEREN

Durch das Lackieren werden Kunststoffteile nicht nur optisch aufgewertet, sondern auch in ihrer Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit gestärkt.

## Ästhetische Aufwertung

Durch das gezielte Auftragen von Lackschichten erhalten die Teile eine gleichmäßige, glatte Oberfläche, die sowohl visuell ansprechend als auch haptisch angenehm ist.

Moderne Lackiertechniken bieten eine breite Palette an Farben und Effekten, von Hochglanz- und Metallic-Finishes bis hin zu matten und strukturierten Oberflächen, was eine enorme Designflexibilität ermöglicht.

## Schutz vor Umwelteinflüssen

Ein lackiertes Kunststoffteil ist besser gegen Umwelteinflüsse geschützt. Die Lackschicht dient als Barriere gegen UV-Strahlung, Feuchtigkeit und chemische Korrosion. Dadurch wird die Lebensdauer der Kunststoffteile erheblich verlängert.

## Verbesserung der mechanischen Eigenschaften

Eine lackierte Oberfläche ist härter und widerstandsfähiger gegen Abrieb und Kratzer. Dies ist besonders vorteilhaft für Bauteile, die in anspruchsvollen Umgebungen eingesetzt werden und hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt sind.

## SOFT-TOUCH LACKIERUNG

Die Soft-Touch Lackierung verleiht den Kunststoffteilen eine angenehme, samtartige Oberfläche, die nicht nur optisch ansprechend ist, sondern auch ein hochwertiges, weiches Gefühl vermittelt.

Die Soft-Touch Lackierung findet häufig Anwendung in Bereichen, in denen die Haptik des Produkts eine wichtige Rolle spielt, wie z.B. bei Automobil-Innenverkleidungen, Elektronikgehäusen und Konsumgütern.

## LEITLACKE

Eine Leitlack-Beschichtung verleiht den Kunststoffteilen leitfähige Eigenschaften, die sie ideal für den Schutz vor elektromagnetischen Störungen und elektrostatischer Entladung machen.

Leitlack enthält leitfähige Partikel wie Kohlenstoff, Silber oder Kupfer. Diese Beschichtung ist besonders für Anwendungen, die eine hohe elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und ESD-Schutz erfordern, wie z.B. bei elektronischen Gehäusen.

## LASERGRAVUR / TEXTURIERUNG

Lasermarkierung bietet eine präzise und effiziente Methode, Kunststoffteile mit verschiedenen Informationen wie Logos, Seriennummern, Barcodes oder dekorativen Designs zu kennzeichnen. Zusätzlich kann die Lasertexturierung verwendet werden, um detaillierte Muster und Texturen auf der Oberfläche von Kunststoffteilen zu erstellen, was sowohl die Funktionalität als auch die Ästhetik verbessert.

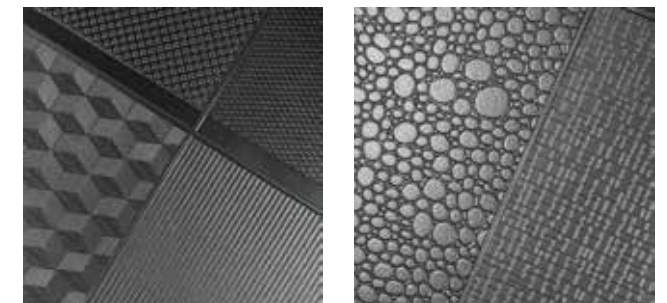
## LASERMARKIERUNG

Der Laserstrahl entfernt eine dünne Schicht des Materials und legt darunter liegende Schichten frei. Die Farbe der darunter liegenden Schicht bestimmt die Legendenfarbe. Wenn die Basisfarbe weggelassen wird, bestimmt die Farbe des Kunststoffmaterials selbst die Legendenfarbe.

## LASERTEXTURIERUNG

Der Laserstrahl kann auch verwendet werden, um Texturen zu erstellen, indem Material selektiv entfernt oder die Oberflächeneigenschaften verändert werden.

Dieser Prozess ermöglicht die Erstellung von komplexen Mustern, Mikrotexturen und Oberflächenmodifikationen, die den Griff verbessern, die Reibung verringern oder einzigartige visuelle und taktile Effekte bieten können.



## PVD-BESCHICHTUNG

Die PVD-Beschichtung (Physical Vapor Deposition) verleiht den Kunststoffteilen eine metallische Oberfläche, die sowohl optisch ansprechend als auch funktional ist.

Diese Beschichtung bietet eine hervorragende Härte und Verschleißfestigkeit sowie eine hohe Beständigkeit gegen Korrosion und chemische Einflüsse.

Die PVD-Beschichtung wird häufig in Bereichen eingesetzt, in denen sowohl die Ästhetik als auch die Langlebigkeit des Produkts von entscheidender Bedeutung sind.

Typische Anwendungsbereiche sind Automobil-Innen- und Außenteile, elektronische Geräte und Konsumgüter, bei denen eine hochwertige, metallische Optik gefragt ist.





# IHR PROJEKT



Wir sind Ihr zuverlässiger Partner in jeder Phase Ihres Projekts – von der ersten Konstruktion bis zur Serienreife. Unser Ziel ist es, Sie umfassend zu unterstützen und den Erfolg Ihres Projekts sicherzustellen.

## IHRE ANFRAGE

Gerne erstellen wir Ihnen ein unverbindliches, individuell auf Ihr Projekt zugeschnittenes Angebot. Dafür benötigen wir folgende Informationen:

- Technische Zeichnungen, Skizzen oder Muster
- Technische Spezifikationen
- Details zu den gewünschten Ausstattungsextras
- Benötigte Stückzahl, Jahresbedarf oder Laufzeit

Sobald wir diese Angaben erhalten haben, wird sich unser Ingenieursteam mit Ihnen in Verbindung setzen.

Zum Schutz Ihrer sensiblen Daten ist die Unterzeichnung einer Geheimhaltungsvereinbarung (NDA) für uns selbstverständlich.

## PERSÖNLICHE BERATUNG

Für technische Beratung stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung – telefonisch, online oder nach Vereinbarung auch persönlich. Gerade bei komplexen oder neuen Projekten ist ein persönliches Treffen oft besonders wertvoll, um Ihre Anforderungen und Bedürfnisse präzise zu verstehen und Ihnen die beste Lösung anzubieten.

## UNSER SHOWROOM

In unserem Showroom haben Sie zudem die Möglichkeit, sich von der Qualität und Funktionalität unserer Produkte zu überzeugen, sich individuell beraten zu lassen und die verschiedenen Modelle auszuprobieren.

## GEMEINSAM ZUM ERFOLG

Wir freuen uns darauf, Sie bei der Umsetzung Ihrer Projekte zu unterstützen.

# MEHR ALS KUNSTSTOFF

Ihr Full-Service Lieferant für HMI-Bedieneinheiten



Wir konstruieren und fertigen sämtliche Komponenten & Formteile für individuelle Eingabeeinheit. Benötigen Sie eine maßgeschneiderte Folientastatur oder Silikonschaltmatte, ein Spritzgussgehäuse oder die Kabelkonfektion?

Kontaktieren Sie uns!

Als Full-Service-Lieferant für HMI-Bedieneinheiten entwickeln und fertigen wir maßgeschneiderte Eingabelösungen – von der ersten Idee bis zur Serienproduktion, exakt abgestimmt auf Ihre technischen und branchenspezifischen Anforderungen.

## SERVICE

Unsere Kataloge bieten technische Details und Konstruktionshinweise zur optimalen Produktauswahl – als Printversion auf Anfrage oder bequem als Download unter [www.nh-technology.de](http://www.nh-technology.de)







N&H Technology GmbH  
Gießerallee 21  
D-47877 Willich

T. +49 (0)2154 - 8125 0  
F. +49 (0)2154 - 8125 22

info@nh-technology.de  
www.nh-technology.de



V-Card



Follow us

