



DESIGN & KONSTRUKTIONSGUIDE

# KUNSTSTOFF - FORMTEILE

**NH** N&H Technology GmbH

Systemlieferant für HMI Bedieneinheiten

ENGINEERING | FERTIGUNG | LIEFERUNG





**2001**

Gründung in Krefeld mit einem Team von vier Mitarbeitenden.

**2012**

Neuer Firmensitz in Willich mit eigenem Testlabor und Logistiklager.

**2013**

Eröffnung der Niederlassung in Shanghai zur Unterstützung von Engineering und Qualitätssicherung.

**2021**

Erweiterung der Logistik- und Lagerkapazitäten für weiteres Wachstum.

**2023**

Mehrheitsbeteiligung an SNT Electronics. Eigene Fertigung von HMI-Lösungen in China.

**2026**

25 Jahre HMI-Kompetenz. Über 50 Mitarbeitende. Bereit für die nächste Generation innovativer Eingabesysteme.



## WIR BEI N&H TECHNOLOGY

Seit 2001 entwickelt und fertigt N&H Technology maßgeschneiderte HMI-Komponenten, elektromechanische Baugruppen und Formteile für industrielle Anwendungen. Als Full-Service-Partner begleiten wir unsere Kunden von der ersten Idee über Entwicklung und Konstruktion bis zur Serienfertigung.

Unser Portfolio umfasst Silikonschaltmatten, Folientastaturen, kapazitive Eingabesysteme, Kunststoffgehäuse, Kabelkonfektionen, magnetische Steckverbinder sowie komplette Bedieneinheiten. Dabei verbinden wir Engineering-Kompetenz mit wirtschaftlichen Fertigungslösungen und unterstützen unsere Kunden bereits in der Entwicklungsphase.

Mit unserem Hauptsitz in Deutschland, unserer Niederlassung in Shanghai und der eigenen Fertigung von SNT Electronics in China verbinden wir deutsche Ingenieurkompetenz mit einer leistungsfähigen, qualitätsgesicherten Produktion. Kurze Kommunikationswege, eine enge Zusammenarbeit mit unseren Fertigungsstandorten und ein konsequentes Qualitätsmanagement gewährleisten eine hohe Liefertreue und maximale Flexibilität.

Qualität ist für uns fester Bestandteil jedes Projekts. Unsere Fertigungspartner erfüllen internationale Standards wie ISO 9001, ISO 14001, IATF 16949 und ISO 13485. Ergänzend unterstützt unser eigenes Test- und Prüflabor am Standort Willich die Entwicklung, Validierung und Qualitätssicherung – von der ersten Musterphase bis zur Serienproduktion.

Führende Unternehmen aus Industrieautomation, Medizintechnik, Automobilindustrie, Telekommunikation und Gebäudeautomation vertrauen auf unsere Lösungen.

N&H Technology steht für partnerschaftliche Zusammenarbeit, technische Kompetenz und maßgeschneiderte HMI-Lösungen – von der Idee bis zum fertigen Produkt.

|                        |         |
|------------------------|---------|
| ÜBER N&H               | 02 - 09 |
| PRODUKTÜBERSICHT       | 10 - 11 |
| EINFÜHRUNG KUNSTSTOFFE | 12 - 14 |
| THERMOPLASTE           | 14 - 16 |
| DESIGNPRINZIPIEN (DFM) | 17 - 18 |
| KONSTRUKTION           | 19 - 30 |
| WERKZEUGBAU            | 31 - 41 |
| OBERFLÄCHEN            | 42 - 47 |
| CHECKLISTE             | 48 - 49 |



# WAS WIR MACHEN

Von der ersten Idee bis zur Serienfertigung begleiten wir unsere Kunden durch den gesamten Produktentwicklungsprozess. Mit Engineering-Kompetenz, Fertigungs-Know-how und einem globalen Beschaffungsnetzwerk realisieren wir wirtschaftliche und zuverlässige Lösungen aus einer Hand.

Unser ganzheitlicher Ansatz reduziert Schnittstellen, verkürzt Entwicklungszeiten und sorgt für eine effiziente Projektabwicklung – von der Konzeptphase bis zum fertigen Produkt.



## Technische Beratung



## Produktentwicklung



## Fertigung



## Endprodukt



## Montage & Integration



## Globale Logistik



## Pufferlager



# WAS WIR BIETEN

## Engineering-Beratung

- Von der Idee bis zur Serienfertigung
- Machbarkeitsanalysen
- Konstruktions- und Designoptimierung
- Materialauswahl
- Fertigungsberatung
- Kostenoptimierung

## Entwicklung & Konstruktion

- Entwicklung kundenspezifischer HMI-Komponenten und Baugruppen
- Konstruktion von Kunststoffteilen und Gehäusen
- Entwicklung von Silikonschaltmatten und Folientastaturen
- 3D-CAD-Konstruktion
- Fertigungsgerechte Konstruktion (DFM)
- Technische Zeichnungen und Fertigungsunterlagen
- Funktionsmuster und Prototypen im 3D-Druck

## N&H Labore

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

## Einkauf

- Globale Komponentenbeschaffung
- Beschaffung von Fremdkomponenten
- Supply-Chain-Optimierung

## Logistik

- End-to-End-Logistikmanagement
- Pufferlager & Sicherheitsbestände
- Lagerhaltung und Logistik am Standort Willich
- Weltweiter Versand und Zollabwicklung

# PRÜFLABOR & VALIDIERUNG



## Zuverlässige Validierung für industrielle HMI-Komponenten

Unser hauseigenes Prüflabor unterstützt die Produktentwicklung, Qualifizierung und Qualitätssicherung mit einem breiten Spektrum mechanischer, elektrischer und klimatischer Prüfungen. Dadurch lassen sich Produkte frühzeitig validieren, Entwicklungszeiten verkürzen und eine zuverlässige Serienfertigung sicherstellen.

Die Prüfleistungen für Produkte von N&H Technology sind während der Entwicklungs- und Qualifizierungsphase kostenfrei enthalten. Auf Wunsch führen wir zudem Prüfungen und Fehleranalysen an Produkten anderer Hersteller durch.

## PRÜFLEISTUNGEN

Umfassende Prüfverfahren zur Sicherstellung der Funktion, Zuverlässigkeit und Qualität Ihrer HMI-Komponenten – von der Entwicklung bis zur Serienfertigung.

### ELEKTRISCHE PRÜFUNGEN

- Kontaktwiderstand
- Schaltkraft
- Strombelastbarkeit
- Kabelprüfung

### MECHANISCHE PRÜFUNGEN

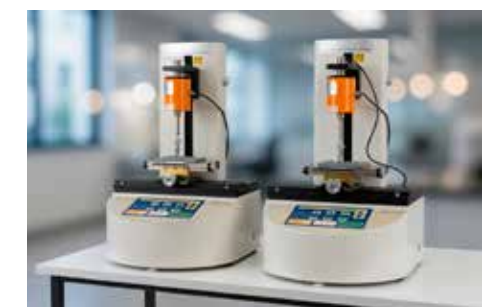
- Betätigungskraft
- Lebensdauerprüfung
- Schälfestigkeitsprüfung
- Haftfestigkeitsprüfung

### OPTISCHE PRÜFUNGEN

- Mikroskopische Prüfung
- Farbmessung
- Oberflächenanalyse
- Bewertung der Hintergrundbeleuchtung

### KLIMA- & FUNKTIONSPRÜFUNGEN

- Klimakammerprüfung
- Temperatur- und Feuchtigkeitsprüfung
- Akustische Messungen
- Funktionsprüfung
- Materialanalyse
- Prototypenprüfung





# REFERENZEN

Zu unseren Kunden zählen führende Unternehmen aus Industrieautomation, Medizintechnik, Gebäudeautomation, Telekommunikation und Automobilindustrie.

Die gezeigten Beispiele stellen nur einen kleinen Auszug der vielfältigen kundenspezifischen HMI-Lösungen dar, die wir erfolgreich realisiert haben.



## IHR PROJEKT

### VON DER IDEE BIS ZUR SERIENFERTIGUNG

N&H Technology begleitet Ihr Projekt von der ersten Idee über Entwicklung und Prototypenbau bis hin zur Serienfertigung.

Unser interdisziplinäres Team verbindet Engineering-Kompetenz, globales Sourcing und Fertigungs-Know-how, um zuverlässige und wirtschaftliche HMI-Lösungen aus einer Hand zu realisieren.

### IHRE ANFRAGE

Für die Erstellung eines Angebots benötigen wir in der Regel:

- Technische Zeichnungen, Skizzen oder Muster
- Technische Spezifikationen
- Gewünschte Optionen und Funktionen
- Geplante Jahresstückzahl

Auf Wunsch schließen wir bereits vor dem Austausch vertraulicher Informationen eine Geheimhaltungsvereinbarung (NDA) mit Ihnen ab.

### PERSÖNLICHE BERATUNG

Ob online, telefonisch oder persönlich – unsere Ingenieure beraten Sie individuell und entwickeln gemeinsam mit Ihnen die optimale Lösung für Ihre Anwendung.

### OUR SHOWROOM

Besuchen Sie unseren Showroom in Willich und entdecken Sie eine Vielzahl von HMI-Komponenten, Baugruppen und kundenspezifischen Lösungen. Erleben Sie Materialien, Funktionen und Produktqualität direkt vor Ort.

### WARUM KUNDEN N&H TECHNOLOGY WÄHLEN

- Engineering-Kompetenz
- Maßgeschneiderte Lösungen
- Globales Sourcing
- Zuverlässige Serienfertigung
- Komplette HMI-Baugruppen
- Über 25 Jahre Erfahrung

# PORTFOLIO

## Alles für Ihr HMI – aus einer Hand.

Unser Portfolio vereint kundenspezifisch entwickelte HMI-Komponenten mit einem umfassenden Sortiment bewährter Standardprodukte. Ob Einzelkomponenten oder komplette Baugruppen – wir begleiten Ihr Projekt von der Entwicklung und Beschaffung bis zur Serienfertigung.

### KUNDENSPEZIFISCHE LÖSUNGEN



#### EINGABEKOMPONENTEN

- Silikonschaltmatten
- Folientastaturen
- Kapazitive Touchpanels
- Frontplatten
- Tasten & Schalter

#### FORMTEILE

- Kunststoffteile
- Elastomerformteile
- Metallteile
- Glaskomponenten
- 2K-/3K-Formteile

#### ELEKTROMECHANISCHE KOMPONENTEN

- Kabelkonfektionen
- Steckverbinder
- Federkontakte (Pogo Pins)
- Leiterplatten

### STANDARD KOMPONENTEN



#### EINGABESYSTEME

- Edelstahl tastaturen
- Hygienetastaturen
- Drucktaster
- Piezo-Taster
- Kapazitive Taster
- Mikroschalter

#### VERBINDUNGSTECHNIK

- Federkontakte
- Hochstrom-Steckverbinder

#### DISPLAYS & SIGNALGEBER

- TFT-Displays
- Summer
- Schallwandler

#### ONLINE-KATALOG ENTDECKEN



Tausende Standardkomponenten online verfügbar. Entdecken Sie technische Daten, fordern Sie Muster an und senden Sie Ihre Anfrage direkt online.  
[katalog.nh-technology.de](http://katalog.nh-technology.de)



EINFÜHRUNG | DESIGN GUIDE

# KUNSTSTOFF-FORMTEILE



## DESIGN GUIDE

Dieser Design Guide richtet sich an Entwickler, Konstrukteure und technische Einkäufer, die Kunststoff-Formteile entwickeln oder spezifizieren.

Er vermittelt praxisnahes Wissen zu Werkstoffen, Konstruktion und fertigungsgerechtem Design. Ziel ist es, Entwicklungszeiten zu verkürzen, Kosten zu reduzieren und die Qualität der Serienfertigung zu optimieren.

## VORTEILE VON KUNSTSTOFFEN

### LEICHTGEWICHT

Geringes Gewicht bei hoher Stabilität.

### BESTÄNDIGKEIT

Beständig gegen Chemikalien, Feuchtigkeit und viele Umwelteinflüsse.

### ISOLIERUNG

Sehr gute elektrische und thermische Isolation.

### MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

Hohe Festigkeit, Steifigkeit und Schlagzähigkeit.

### DESIGNFREIHEIT

Komplexe Geometrien, Farben und Oberflächen realisierbar.

### LANGLEBIGKEIT

Hohe Lebensdauer und dauerhaft zuverlässige Funktion.

### NACHHALTIGKEIT

Viele Kunststoffe sind recycelbar & ressourcenschonend.

## N&H ENGINEERING SUPPORT

Wir entwickeln und fertigen maßgeschneiderte Kunststoff-Formteile und Baugruppen für anspruchsvolle industrielle Anwendungen. Durch Engineering-Kompetenz, moderne Spritzgießverfahren und globale Fertigung entstehen wirtschaftliche Lösungen mit höchster Qualität.

Von einfachen Funktionsteilen bis hin zu komplexen Gehäusen, Mehrkomponenten-Bauteilen und kompletten Baugruppen begleiten wir Ihr Projekt von der ersten Idee über Konstruktion und Werkzeugbau bis zur Serienfertigung.

Unsere Ingenieure unterstützen Sie bereits in der Entwicklungsphase bei Materialauswahl, Bauteiloptimierung und fertigungsgerechter Konstruktion. So reduzieren wir Entwicklungskosten, verkürzen Projektlaufzeiten und schaffen die Grundlage für eine zuverlässige Serienproduktion.

### Unsere Leistungen auf einen Blick

- ✓ Entwicklung & Konstruktion
- ✓ Werkzeugbau
- ✓ Spritzguss
- ✓ 2K-/3K-Technologie
- ✓ Baugruppenmontage
- ✓ Qualitätssicherung
- ✓ Serienfertigung

## ENGINEERING-LEISTUNGEN

Entwicklung & Konstruktion der Formteile

Machbarkeitsanalysen und Designoptimierung

Konstruktive Kostenoptimierung

Auswahl geeigneter Kunststoffe

Mold-Flow-Simulationen

Prototypenerstellung mit 3D Druckern

DFM-Optimierung (Design for Manufacturing)

Werkzeugkonstruktion & Werkzeugbau

# KUNSTSTOFFARTEN

## THERMOPLASTE

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. Durch die gezielte Materialauswahl lassen sich Kunststoffformteile optimal an die jeweilige Anwendung anpassen. So bietet beispielsweise Polycarbonat (PC) eine hohe Schlagzähigkeit, während Polyamid (PA) durch seine hohe Festigkeit überzeugt.

## THERMOPLASTE



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

## DUROPLASTE



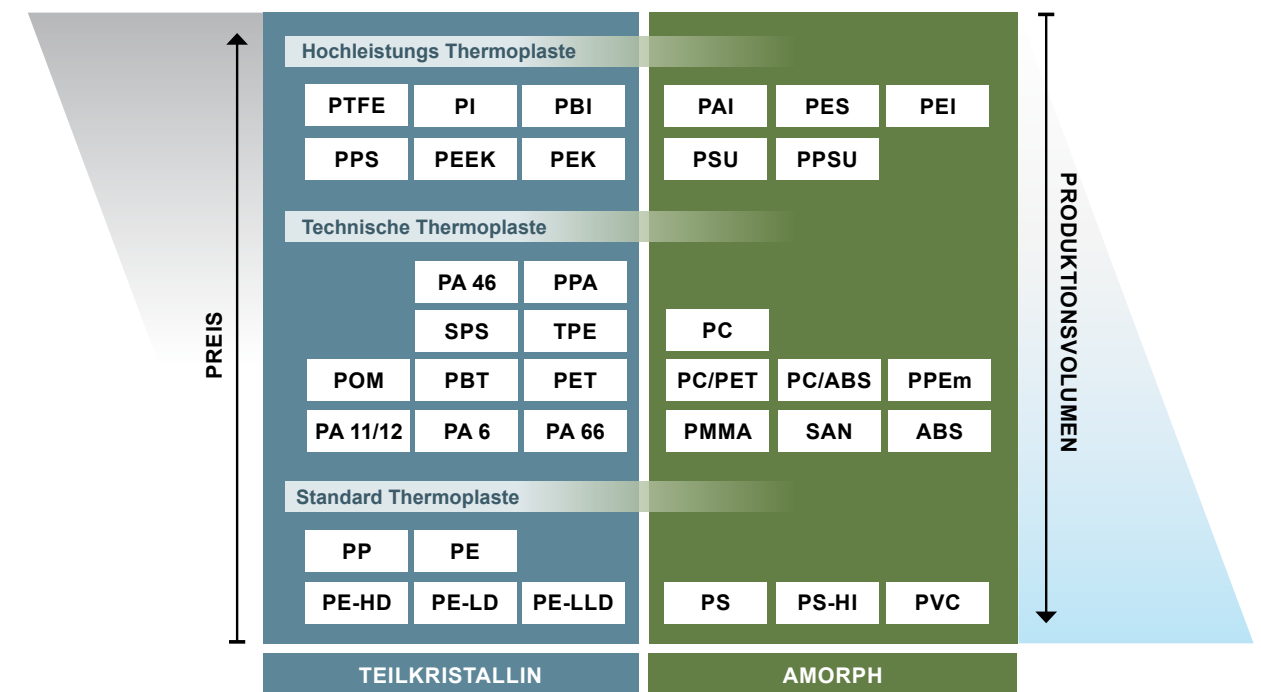
- Engmaschig vernetzte Molekülketten
- Hart & spröde
- Temperaturbeständig
- Nicht verformbar, nicht schmelzbar
- Unlöslich, nicht recycelbar

## ELASTOMERE



- Schwach vernetzte Molekülketten
- Quellbar, gummielastisch
- Nicht recycelbar

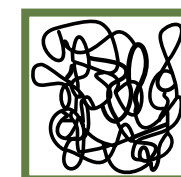
Thermoplaste lassen sich durch Erwärmung mehrfach verformen, während Duroplaste nach dem Aushärten dauerhaft formstabil bleiben. Die Grafik vergleicht die Eigenschaften verschiedener Thermoplaste und unterstützt die Auswahl des geeigneten Werkstoffs hinsichtlich Funktion, Wirtschaftlichkeit und Produktionsvolumen.



## Amorphe und teilkristalline Thermoplaste



**Teilkristalline Thermoplaste** bilden beim Abkühlen kristalline Strukturen. Dadurch zeichnen sie sich durch hohe Festigkeit, Zähigkeit, Chemikalienbeständigkeit und Wärmeformbeständigkeit aus.



**Amorphe Thermoplaste** besitzen eine ungeordnete Molekülstruktur. Sie sind transparent, maßhaltig, verzugsarm und eignen sich besonders für Lichtleiter sowie transparente Anwendungen.

- **Standard-Thermoplaste** zeichnen sich durch gute Verarbeitbarkeit und ein attraktives Preis-Leistungs-Verhältnis aus. Im Vergleich zu technischen und Hochleistungs-Thermoplasten sind ihre mechanischen und thermischen Eigenschaften jedoch begrenzt.
- **Technische Thermoplaste** schließen die Lücke zwischen Standard- und Hochleistungs-Thermoplasten. Sie kombinieren gute mechanische Eigenschaften mit hoher Wirtschaftlichkeit und eignen sich für anspruchsvolle industrielle Anwendungen.
- **Hochleistungs-Thermoplaste** bieten höchste mechanische, thermische und chemische Beständigkeit. Sie eignen sich für Anwendungen mit extremen Anforderungen an Festigkeit, Temperaturbeständigkeit und Zuverlässigkeit.



EIGENSCHAFTEN

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°)<br><i>Dynamisch</i>                                      |        | 148       |          | 40       | 50      | 143        | -60       | -60        |
| Wärmeleitfähigkeit<br><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<br><i>mittlerer Wert 23 - 60°C / (10<sup>-5</sup>/K)</i> | 95     | 65        | 40       | 80       | 50      | 30         | 110       |            |
| Wärmeformbeständigkeit (C°)<br><i>1,8 MPa Messung</i>                                 | 80     | 130       | 140      | 80       | 160     | 230        | 100       | 150        |
| Obere Gebrauchstemperatur<br><i>Kurzzeitig in Luft (C°)</i>                           | 100    | 135       | 160      | 170      | 310     | 310        | 140       | 140        |
| Obere Gebrauchstemperatur<br><i>dauernd, während 5.000 / 20.000</i>                   | - / 95 | 130 / 120 | 140 / -  | 105 / 90 | - / 250 | - / 250    | 115 / 100 | 100 / -    |
| Untere Gebrauchstemperatur<br><i>in Luft (C°)</i>                                     | -30    | -50       |          | -30      | -50     | -65        | -50       |            |
| Brennverhalten<br><i>Sauerstoff-Index (%)</i>                                         | 19     | 25        |          | 25       | 35      | 40         | 15        |            |
| Brennverhalten<br><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><br>MPa             | 45 / - | 74 / -       | 100 / -  | 86 / -       | 115 / -     | OSP / 87     | 66 / -       | 80 / -     |
| Zugfestigkeit<br>MPa                              |        | 75           |          | 88           | 115         | 87           | 66           |            |
| <i>Streckdehnung</i><br>%                         |        | 6            |          | 5            |             |              | 20           |            |
| Bruch- / Reißdehnung<br>%                         | 10 / - | > 50 / -     | - / 3    | 25 / -       | 17 / 25     | 3 / 2,5      | 50 / -       | - / 3      |
| Zug - Elastizität<br><i>N / mm²</i>               | 2.300  | 2.400        | 8.600    | 3.600        | 4.300       | 7.000        | 2.800        | 9.300      |
| Drucksp.nominelle Stauchung<br><i>1 / 2 / 5 %</i> |        | 18 / 35 / 72 |          | 26 / 51 / 92 | 38 / 75 / - | 54 / 103 / - | 19 / 35 / 67 |            |
| Charpy Schlagzähigkeit<br><i>kJ / m²</i>          | 22     | 9            | 7        | 3,5          | 3,5         | 3            | 7            | 30         |
| Izod Kerbschlagzähigkeit<br><i>kJ / m²</i>        |        | 9,00         |          | 7,00         |             |              | 7,00         |            |
| Kugeldruckhärte<br><i>N / mm²</i>                 | 90     | 120          | 145      | 165          | 190         | 215          | 140          |            |
| Rockwellhärte<br><i>N / mm²</i>                   | R 104  | M 75         |          | M 88         | M 105       | M 100        | M 84         |            |
| Gleitreibungskoeffizient<br><i>μ</i>              |        | 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<br><i>kV / mm</i>                              | 41               | 28               | 30               | 25               | 24               | 24               | 20               | 50               |
| Durchgangswiderstand<br><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<br><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<br><i>bei 100 Hz</i>                   |                  | 3,00             |                  | 3,60             | 3,20             | 3,20             | 3,80             |                  |
| Dielektrizitätszahl Epsilon ε<br><i>bei 1 MHz</i>                    | 2,6              | 3                | 3,2              | 3,2              | 3,2              | 3,6              | 3,8              | 4,8              |
| Dielektrizitätszahl Verlustfaktor<br><i>bei 100 Hz (tan Delta δ)</i> |                  | 0,0010           |                  | 0,0120           | 0,0010           | 0,0010           | 0,0030           |                  |
| Dielektrizitätszahl Verlustfaktor<br><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<br><i>in Wasser von 23°C (mg)</i>  |      | 13 / 13     |          | 44 / 83     | 5 / 10      | 5 / 10      | 20 / 37     |            |
| nach 24/96 h Lagerung<br><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<br><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<br><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 | +   | +   | +   | +    | +   |
| Diesöl                            | +   | △   | +   | +    | +   | 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<br>max. % Konzentration | %   |
| bedingt beständig                       | △   |
| nicht beständig                         | --- |

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

KUNSTSTOFF-FORMTEILE

# DESIGN & KONSTRUKTION

Die nachfolgenden Konstruktionsrichtlinien unterstützen die Optimierung von Kunststoff-Formteilen hinsichtlich Funktion, Haltbarkeit und Wirtschaftlichkeit. Eine abgestimmte Materialauswahl, fertigungsgerechte Bauteilgeometrien und ein optimiertes Werkzeugdesign bilden die Grundlage für eine zuverlässige und kosteneffiziente Serienfertigung.

DESIGN FOR MANUFACTURING

**Design for Manufacturing (DFM)** optimiert Kunststoff-Formteile hinsichtlich Fertigbarkeit, Qualität und Kosten. Bereits in der Entwicklungsphase lassen sich durch fertigungsgerechte Konstruktionen Produktionsprozesse vereinfachen, Materialeinsatz reduzieren und die Wirtschaftlichkeit verbessern.

Gleichzeitig unterstützt DFM eine enge Zusammenarbeit zwischen Entwicklung, Fertigung und Einkauf. Das führt zu kürzeren Entwicklungszeiten, einer höheren Produktqualität und einer effizienten Serienfertigung.

Der gezielte Einsatz geeigneter Werkstoffe und ressourcenschonender Konstruktionen trägt zudem zu einer nachhaltigeren Produktion bei.

DFM beinhaltet:

- Optimierung der Bauteilgeometrie
- Analyse der Wandstärken
- Optimierung der Entformungsschrägen
- Auswahl geeigneter Werkstoffe
- Überprüfung der Toleranzen
- Optimierung von Anschnitt und Flieweg
- Kostenoptimierung

DFM PROZESS

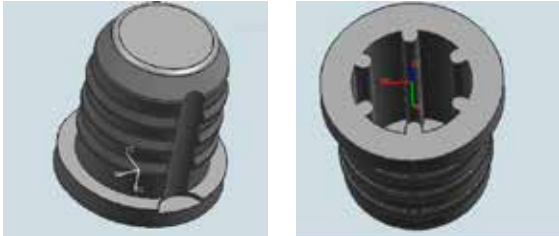


| VORTEILE VON DFM              |
|-------------------------------|
| Werkzeugkosten reduzieren     |
| Entwicklungszeiten verkürzen  |
| Fertigungsprozesse optimieren |
| Produktqualität steigern      |
| Materialeinsatz reduzieren    |
| Time-to-Market verkürzen      |
| Serienqualität sicherstellen  |

## N&H - DFM REPORT

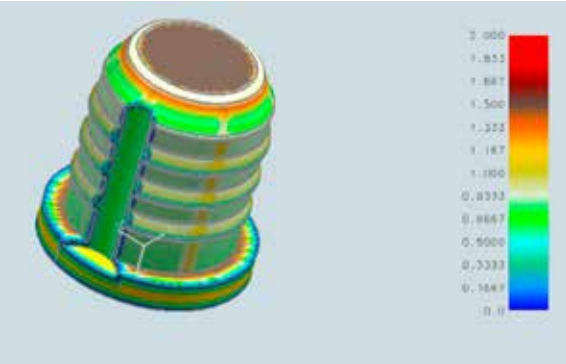
Beispiel der Inhalte eines DFM Reports, den wir für unsere Kunden erstellen.

**Bauteil Information**

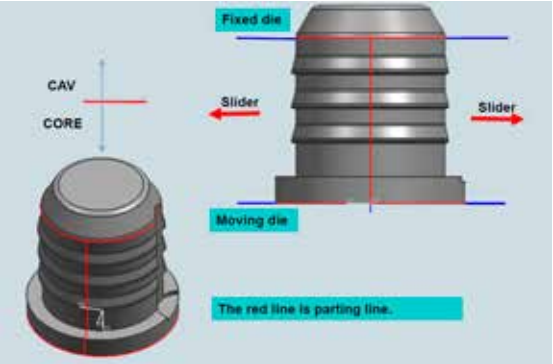


|              |               |           |             |
|--------------|---------------|-----------|-------------|
| N&H No.      | DTIO-53540-B0 | Part Name | Bushing L2  |
| Unit of Set  | 8pcs / Set    | Forecast  | ~16k / year |
| Material     | TPE ShA70     | Color     | black       |
| Texture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

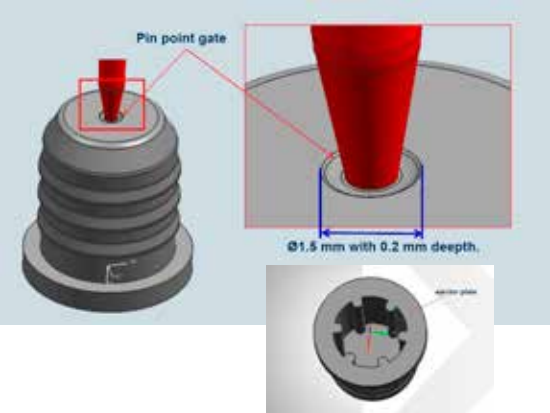
**Wandstärke**



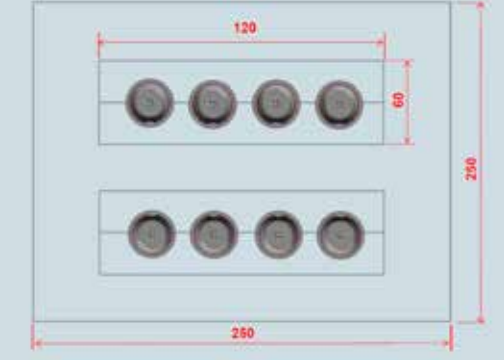
**Trennebene**



**Anspritzpunkt**

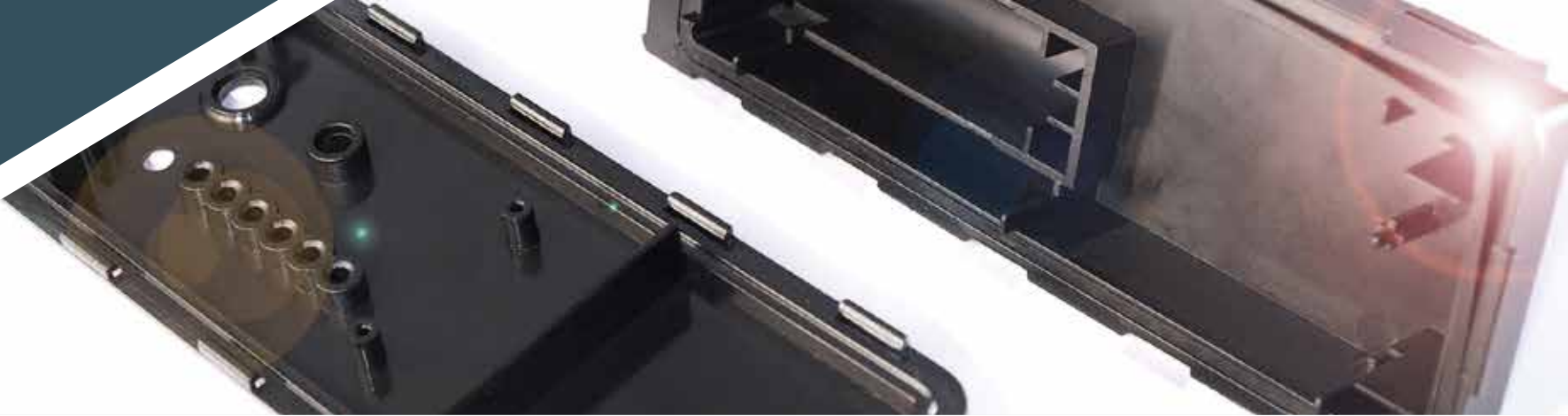


**Kavitäten-Layout**





# DESIGNPRINZIPIEN



Die nachfolgenden Konstruktionsregeln bilden die Grundlage für fertigungsgerechte, wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Kunststoff-Formteile.

## CHECKLISTE

- ☐ Wanddicken möglichst gering halten
- ☐ Gleichmäßige Wanddicken einhalten
- ☐ Materialanhäufungen vermeiden
- ☐ Ecken und Kanten abrunden
- ☐ Rippen spritzgerecht auslegen
- ☐ Ebene Oberflächen vermeiden
- ☐ Entformungsschrägen (Konizitäten) vorsehen
- ☐ Hinterschnidungen vermeiden
- ☐ Funktionen integrieren (z.B. Filmscharniere oder Haken)
- ☐ Werkzeugfallende Konstruktionen bevorzugen
- ☐ Aufwendige Schieber vermeiden
- ☐ Toleranzen funktionsgerecht festlegen

## TOLERANZEN

Kunststoffe weisen im Vergleich zu Metallen eine höhere Wärmedehnung sowie Maßänderungen durch Feuchtigkeitsaufnahme und Materialrelaxation auf. Deshalb gelten für Kunststoff-Formteile andere Toleranzanforderungen als für metallische Bauteile.

### DIN ISO 20457 bei Kunststoff

Die DIN ISO 20457 definiert Toleranzen für Kunststoffteile aus verschiedenen Fertigungsverfahren, wie beispielsweise Spritzgießen. Für Spritzgussteile aus Thermoplasten wird in der Regel die Toleranzgruppe TG 6 angewendet.

### DIN ISO 3302 bei Gummi

Die DIN ISO 3302 regelt die Toleranzen für Gummiformteile. Sie unterscheidet vier Toleranzklassen von M1 (fein) bis M4 (grob). Für technische Gummiformteile wird üblicherweise die Toleranzklasse M3 (mittel) verwendet.

Die Norm unterscheidet zudem zwischen formgebundenen Maßen (F) und prozessbedingten Maßen (C). Nachträglich bearbeitete Bauteile werden entsprechend dem jeweiligen Fertigungsverfahren toleriert.

Werden die Teile mechanisch bearbeitet gilt grundsätzlich die DIN ISO 2768.

### DIN ISO 2768 - Allgemeintoleranzen

Die DIN ISO 2768 legt Allgemeintoleranzen für Maße ohne individuelle Toleranzangaben fest.

Die Norm ist in zwei Hauptteile unterteilt:

**DIN ISO 2768-1** definiert Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne individuelle Toleranzangaben. Je nach Präzisionsanforderung stehen die Toleranzklassen fein (f), mittel (m), grob (c) und sehr grob (v) zur Verfügung.

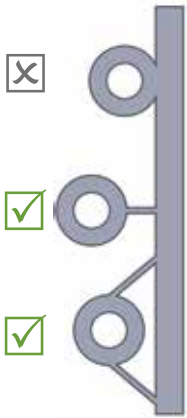
**DIN ISO 2768-2** legt Allgemeintoleranzen für Form- und Lagetoleranzen, wie Geradheit, Rundheit oder Symmetrie, fest.

Für Maschinenbauteile wird in der Regel die Toleranzklasse m (mittel) verwendet, bei höheren Anforderungen die Klasse f (fein).

## MASSEANHÄUFUNG VERMEIDEN

Materialanhäufungen führen zu ungleichmäßiger Abkühlung und erhöhen das Risiko von Verzug, Einfallstellen und inneren Spannungen. Zudem erschweren sie die gleichmäßige Materialverteilung und können Defekte wie Lufteinschlüsse oder unvollständige Formfüllungen verursachen.

Da dickere Materialbereiche längere Abkühlzeiten erfordern, verlängern sie den Produktionszyklus und können die mechanischen Eigenschaften des Bauteils beeinträchtigen. Daher sollten Materialanhäufungen vermieden und möglichst gleichmäßige Wandstärken eingehalten werden.



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

## WANDSTÄRKE

Die Wandstärke beeinflusst maßgeblich Festigkeit, Materialverbrauch und Fertigungskosten. Zu dicke Wandungen erhöhen Materialeinsatz und Zykluszeiten, während zu dünne Wandungen die Stabilität und Lebensdauer des Bauteils beeinträchtigen können.

Gleichmäßige Wandstärken fördern eine gleichmäßige Abkühlung und reduzieren das Risiko von Verzug und inneren Spannungen. Bei der Auslegung müssen zudem die werkstoffspezifischen Fließ- und Schrumpfeigenschaften berücksichtigt werden.

## MATERIALSCHRUMPUNG

Jeder Kunststoff weist ein spezifisches Schrumpfverhalten auf, das bereits bei der BauteilAuslegung berücksichtigt werden muss. Die Schrumpfung während des Abkühlens beeinflusst Maßhaltigkeit, Formstabilität und Oberflächenqualität.

Durch eine optimierte Werkzeugkonstruktion, angepasste Spritzgießparameter und geeignete Werkstoffe oder Füllstoffe, wie Glasfasern, lässt sich die Schrumpfung gezielt reduzieren.

### 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     |

### Materialschrumpfung

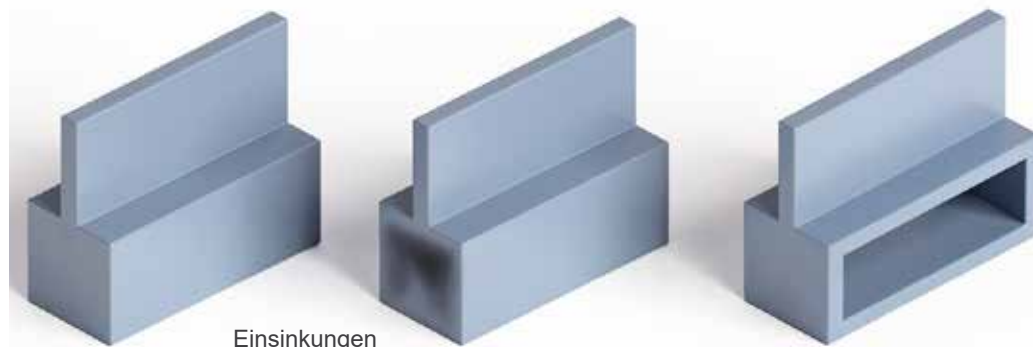
|      | Roh-material | + 30% GF (Glasfaser) |
|------|--------------|----------------------|
| POM  | 2,5 %        | 0,5 %                |
| PC   | 0,6 %        | 0,1 %                |
| PPO  | 0,6 %        | 0,1 %                |
| PBT  | 2,0 %        | 0,4 %                |
| Ny66 | 1,5 %    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

# KONSTRUKTION

## ENTKERNTE GEOMETRIE

Das Entkernen von Bauteilen ist eine bewährte Methode, um Verzug und Einfallstellen zu vermeiden. Dabei bleibt die äußere Geometrie erhalten, während Material gezielt im Inneren reduziert wird.

Ein entkerntes Design sorgt für eine gleichmäßigere Wandstärke, verbessert die Bauteilqualität und verkürzt die Abkühlzeit. Wichtig ist, angrenzende Wandstärken aufeinander abzustimmen, um Einfallstellen zu vermeiden.



Einsenkungen

✓ Entkerntes Design



Verformungen

✓ Entkerntes Design

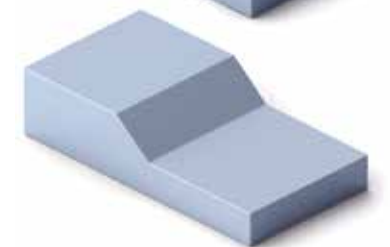


## ÜBERGÄNGE

### Scharfe Übergänge vermeiden

Scharfe Kanten und Übergänge führen zu Spannungsspitzen und erhöhen das Risiko von Rissbildung oder Bauteilbruch. Daher sollten Übergänge möglichst mit Radien ausgeführt werden.

Abgerundete Übergänge verbessern die Kraftverteilung, erhöhen die Bauteilfestigkeit und erleichtern den Spritzgießprozess. Bei der Auslegung der Radien sind zudem die fertigungstechnischen Möglichkeiten des Werkzeugs zu berücksichtigen.



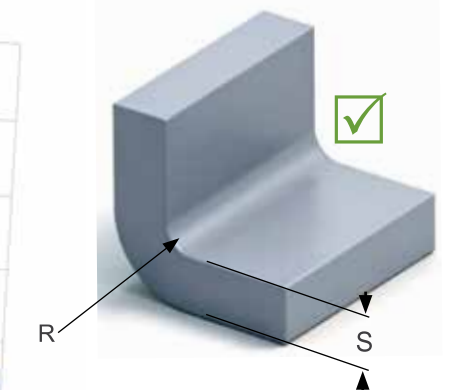
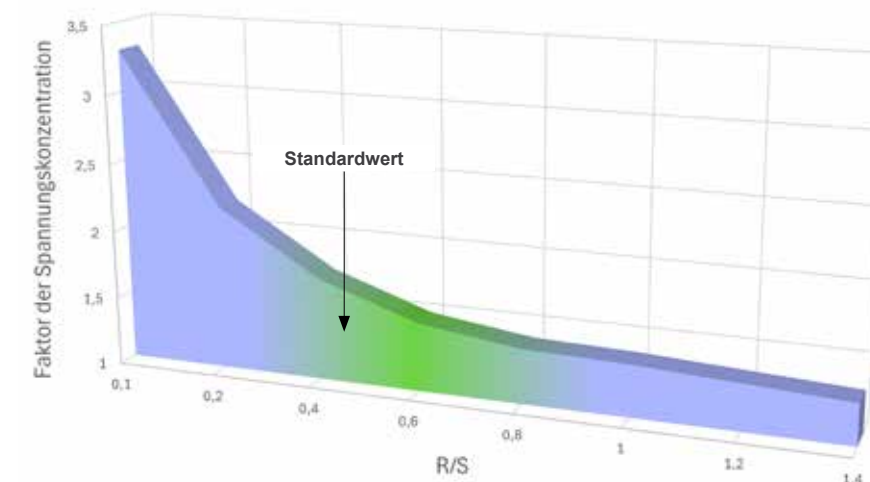
## GERUNDETE ECKEN

### Spannungen durch scharfe Kanten vermeiden

Scharfe Kanten und abrupte Wandstärkenübergänge führen zu Spannungsspitzen und beeinträchtigen den Materialfluss beim Spritzgießen. Abgerundete Übergänge verbessern die Formfüllung, reduzieren Spannungen und erhöhen die Bauteilfestigkeit.

Als Richtwert sollte der Innenradius mindestens der Wandstärke entsprechen. Sind scharfe Außenecken konstruktiv erforderlich, sollten die Innenecken stets mit einem Radius ausgeführt werden.

Grundregel:  
Größere Radien reduzieren die Spannungskonzentration.





# KONSTRUKTION

## RIPPEN

### Verwendung von Rippen zur Stabilitätserhöhung

Rippen erhöhen die Steifigkeit von Kunststoff-Formteilen bei geringem Materialeinsatz und sind eine wirtschaftliche Alternative zu größeren Wandstärken.

Für eine optimale Auslegung sind insbesondere Rippendicke, Höhe, Position, Anzahl und Entformbarkeit entscheidend.

Wie die Tabelle zeigt, steigert eine größere Rippenhöhe die Bauteilsteifigkeit deutlich, während das Gewicht nur gering zunimmt. Eine Erhöhung der Wandstärke führt dagegen zu einem wesentlich höheren Materialverbrauch und längeren Zykluszeiten.

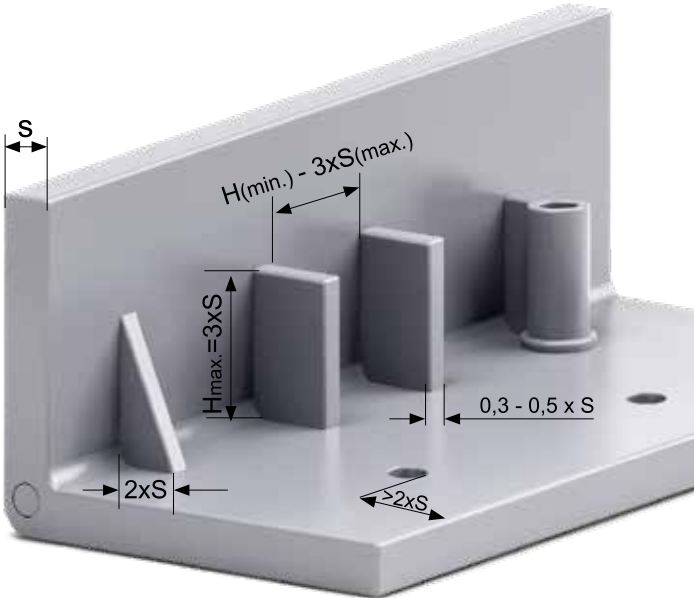
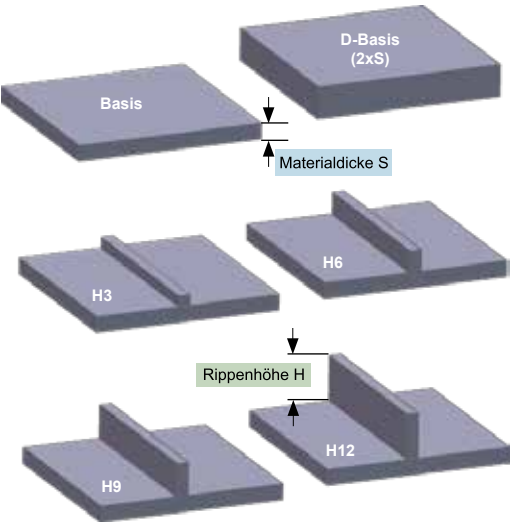
| Modell                  | Basis | H3   | H6  | H9   | H12  | D-Basis |
|-------------------------|-------|------|-----|------|------|---------|
| Materialdicke S (mm)    | 4     | 4    | 4   | 4    | 4    | 8       |
| Rippenhöhe H (mm)       | 0     | 3    | 6   | 9    | 12   | 0       |
| Rippendicke 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     |

Zu hohe Rippen können die Formfüllung erschweren und Füllprobleme verursachen. Ist eine höhere Steifigkeit erforderlich, sind mehrere kürzere Rippen einer einzelnen hohen Rippe vorzuziehen.

Die Rippenstärke sollte idealerweise 40–60 % der angrenzenden Wandstärke betragen. Dadurch lassen sich Einfallstellen vermeiden und eine gute Entformbarkeit sicherstellen.

### 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

Die erforderliche Entformungsschräge von Rippen hängt von Werkstoff und Geometrie ab. Üblicherweise beträgt sie 0,5° bis 2,0°, empfohlen werden 1,0° bis 1,5°.

### Rippenradien

Radien an der Verbindung zwischen Rippe und Grundwand reduzieren Spannungskonzentrationen, verbessern die Festigkeit und fördern einen gleichmäßigen Materialfluss beim Spritzgießen.

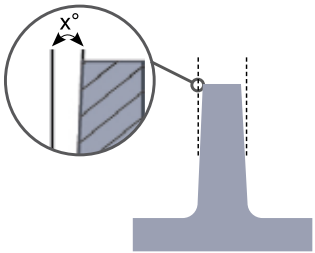
Empfehlung:  
Der Radius sollte 25–50 % der nominalen Wandstärke betragen.

### Allgemeine Empfehlungen

Rippen erhöhen die Steifigkeit von Kunststoff-Formteilen, sollten jedoch gezielt eingesetzt werden. Zu viele Rippen können Verzug begünstigen, die Abkühlung verlängern und die Stoßfestigkeit beeinträchtigen.

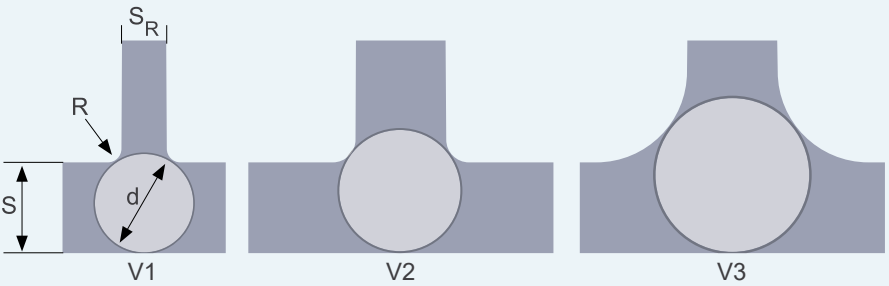
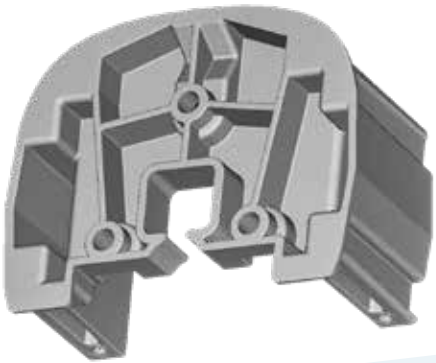
Für eine optimale Bauteilfestigkeit sollten Rippen entlang der Hauptbelastungs- und möglichst in Fließrichtung angeordnet werden. Bei Belastungen aus mehreren Richtungen empfiehlt sich eine beidseitige Anordnung.

Grundsätzlich sollten Rippen zunächst sparsam eingesetzt und bei Bedarf im Entwicklungsprozess ergänzt 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 |

# KONSTRUKTION

## DOMES / VORSPRÜNGE

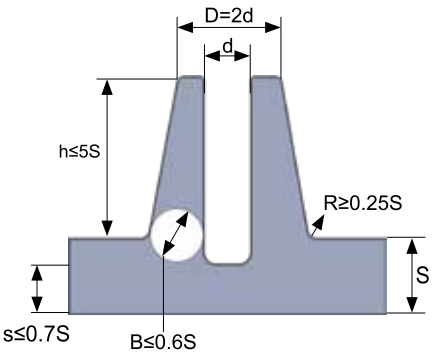
### Optimierung von Schraubdomen

Schraubdomen dienen zur Aufnahme von Schrauben, Gewindeeinsätzen und anderen Befestigungselementen in Kunststoffformteilen.

Um Einfallstellen zu vermeiden, sollte die Wandstärke des Schraubdoms 40–60 % der angrenzenden Wandstärke betragen.

Bei hohen Schraubdomen können auf der Rückseite sichtbare Einfallstellen entstehen. Zur Verstärkung empfehlen sich dünne Rippen oder Zwickel anstelle massiver Wandstärken.

### Designrichtlinie für Schraubdomen

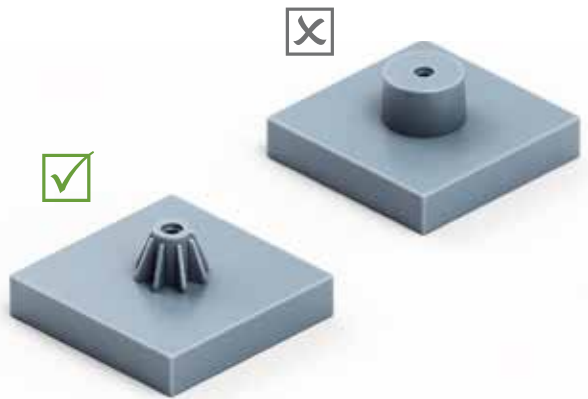


## VERSTÄRKUNGEN

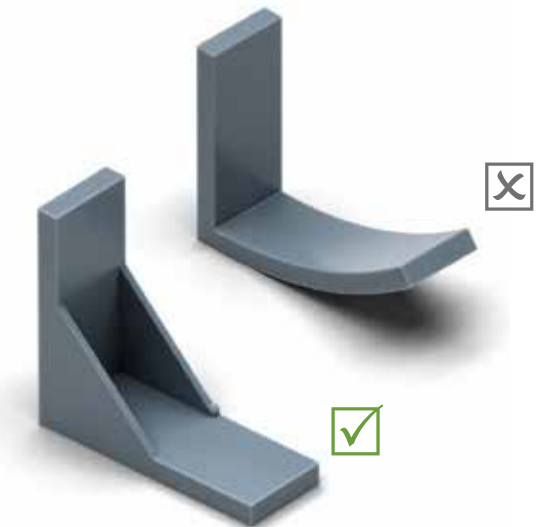
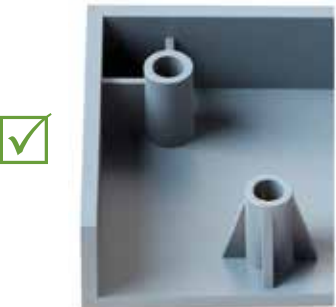
### Verstärkungen zur Vermeidung von Verformungen

Verstärkungen erhöhen die Formstabilität und reduzieren Verzug. Da Kunststoffe in Fließ- und Querrichtung unterschiedlich schrumpfen, können beim Abkühlen Spannungen entstehen.

Rippen und andere Verstärkungselemente gleichen diese Spannungen aus und verbessern Maßhaltigkeit sowie Steifigkeit. Sie sollten möglichst auf der Innenseite oder in nicht sichtbaren Bereichen angeordnet werden.



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



## ENTFORMUNGSSCHRÄGEN

### Vermeidung von Auswerferspuren durch Formschrägen

Ausreichende Entformungsschrägen erleichtern die Entformung und reduzieren das Risiko von Auswerferspuren. Senkrechte Flächen sollten daher möglichst mit einer Entformungsschräge ausgeführt werden.

Als Richtwert gilt ca.  $1^\circ$  Entformungsschräge je 50 mm Bauteiltiefe. Hinterschnidungen sind grundsätzlich möglich, erfordern jedoch zusätzlichen Werkzeugaufwand.

### Richtwerte für Entformungsschrägen

| Werkstoff        | Richtwert   |
|------------------|-------------|
| PA, POM, ABS, PP | $0,5^\circ$ |
| PBT, SB          | $1,0^\circ$ |
| PS, PC           | $1,5^\circ$ |



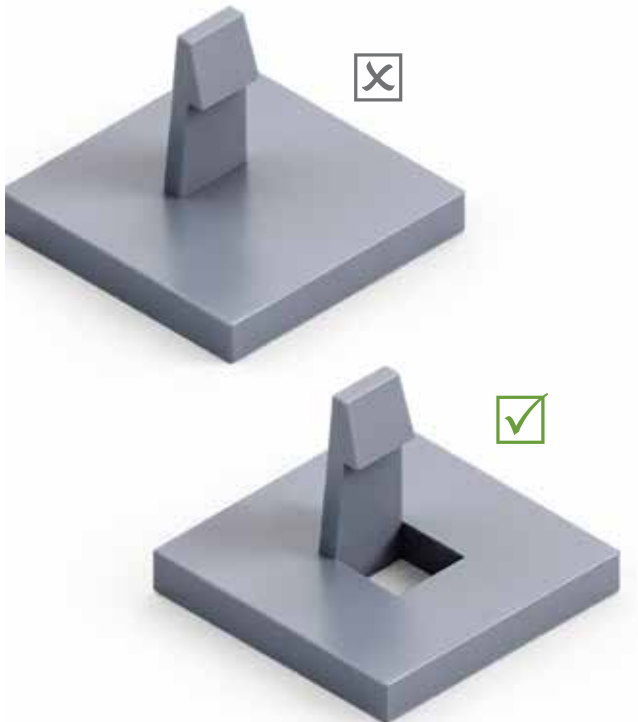
## HINTERSCHNEIDUNGEN

### Alternative Lösungen zu Werkzeugschiebern

Hinterschnidungen werden häufig mit Werkzeugschiebern realisiert, erhöhen jedoch die Werkzeugkosten.

Oft lassen sich Schieber durch eine angepasste Bauteilkonstruktion vermeiden. Geeignete Maßnahmen sind beispielsweise Aussparungen, eine optimierte Trennlinie oder die Nutzung der Bauteilelastizität zur Entformung.

Sind diese Lösungen nicht möglich oder würde die Funktion des Bauteils beeinträchtigt, müssen Schieber oder seitliche Kerne vorgesehen werden.





# KONSTRUKTION

## 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.

### Berechnung

Die Auslegung eines Filmscharniers erfolgt anhand der Randfaserdehnung, die von Filmdicke, Filmlänge und Biegewinkel abhängt. Für ein Scharnier mit konstanter Dicke lässt sich die auftretende Randfaserdehnung mit einer Formel berechnen.

Die berechnete Randfaserdehnung ist mit der zulässigen Dehnung des gewählten Werkstoffs zu vergleichen (*Tabelle Dehnungswerte nach ISO527*). Dabei sollte ein Sicherheitsfaktor von 1,5 bis 2 berücksichtigt werden. Die Gleichung kann umgestellt werden, um die Filmdicke s oder Filmlänge L zu berechnen.

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

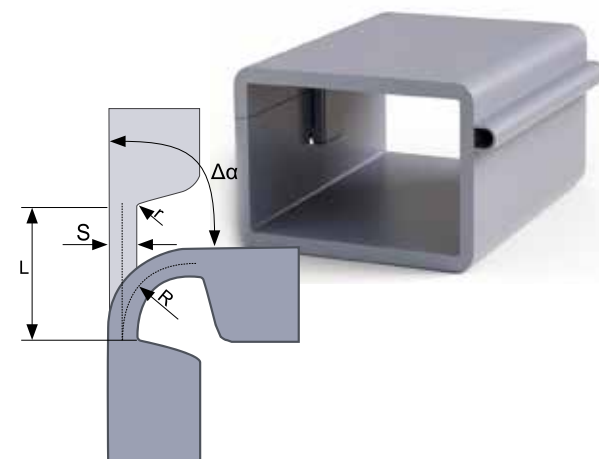
- Biegewinkel mind. von 100°
- 10<sup>4</sup> Lastwechsel (LW)
- Dicke der Dünnstelle = 0,3 mm
- Sicherheitsbeiwert = 1,5
- Material = POM

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

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

### Es werden folgende Abmessungen empfohlen:

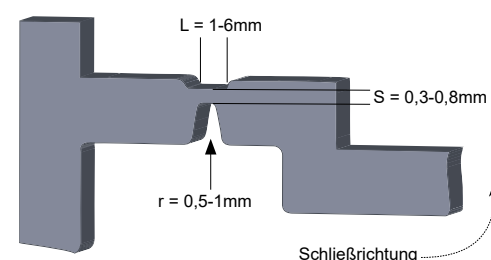
Filmdicke s: 0,3 - 0,8 mm  
 Filmlänge L: 1 - 6 mm  
 Rundungsradien R: 0,5 - 1,0 mm



$$\begin{aligned} \text{Randfaserdehnung } \epsilon_a &= \frac{s \cdot \Delta \alpha_{\text{rad}}}{2 \cdot L} \text{ mit } \Delta \alpha_{\text{rad}} = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \alpha^\circ \\ \text{Länge } L \text{ der Dünnstelle} &= \frac{s \cdot \Delta \alpha}{2 \cdot \epsilon} \\ \text{Dicke } s \text{ der Dünnstelle} &= \frac{2 \cdot n \cdot \epsilon}{\Delta \alpha} \end{aligned}$$

| Werkstoff | Streckdehnung $\epsilon_T$ in % | Nominelle Dehnung $\epsilon_T$ in % | Dehnungsausschlag $\epsilon_a$ in % nach 10 <sup>4</sup> LW | Dehnungsausschlag $\epsilon_a$ in % nach 10 <sup>6</sup> 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

Schnappverbindungen ermöglichen eine einfache, schnelle und kostengünstige Verbindung von Kunststoff-Formteilen. Beim Zusammenfügen wird der Schnapphaken elastisch verformt und rastet in die Hinterschneidung des Gegenstücks ein. Nach der Montage sollte er wieder in seinen spannungsfreien Zustand zurückkehren.

Je nach Konstruktion kann die Verbindung lösbar oder dauerhaft ausgeführt werden. Zu den gebräuchlichsten Bauformen zählen Kragarm-, Torsions- und Ringschnappverbindungen.

### Konstruktionshinweise

Die **Dicke des Schnapphakens (h)** sollte sich über die **Länge (L)** kontinuierlich verjüngen. Als Konstruktionsrichtwert gilt eine Enddicke von **etwa 50 % der Wandstärke (h/2)**. Dadurch werden Spannungsspitzen reduziert, die Materialbeanspruchung gleichmäßiger verteilt und Material eingespart.

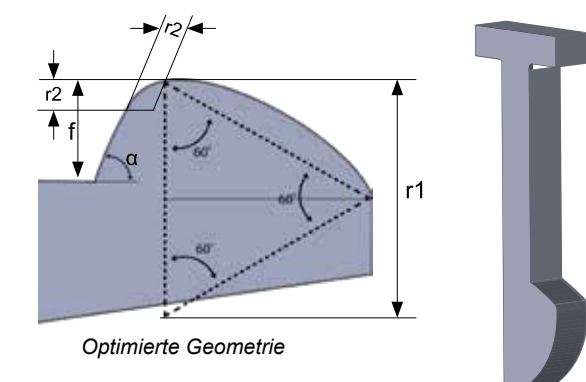
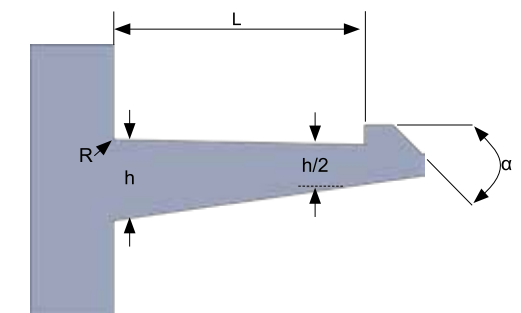
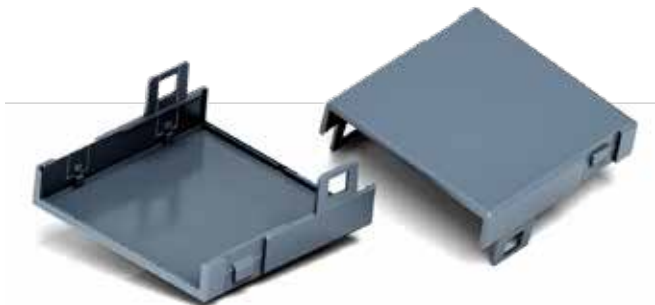
Großzügige Radien an den Übergängen zwischen Schnapphaken und Grundkörper reduzieren Kerbspannungen und erhöhen die Lebensdauer der Verbindung.

Gleichmäßige Wandstärken sowie eine auf Werkstoff und Belastung abgestimmte Geometrie tragen zusätzlich zu einer zuverlässigen Funktion bei.

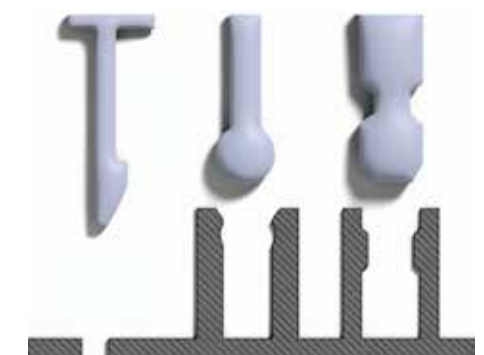
Je nach Gestaltung der Hinterschneidung kann die Schnappverbindung lösbar oder dauerhaft ausgeführt werden. Die erforderliche Einrast- und Lösekraft wird dabei maßgeblich durch Material, Geometrie und die Ausführung des Schnapphakens bestimmt.

### Hinweis

Für die Auslegung und Dimensionierung von Schnappverbindungen stehen Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Einrastkraft, Haltekraft und Verformung zur Verfügung. Detaillierte Berechnungsmethoden finden sich in der Fachliteratur zur Kunststofftechnik.



Kragarm-, Ring- und Torsionsförmige Schnappverbindungen



# KONSTRUKTIONSFEHLER VERMEIDEN

## HÄUFIGE KONSTRUKTIONSFEHLER BEI KUNSTSTOFFTEILEN

Zwischen einer CAD-Konstruktion und dem fertigen Kunststoffteil liegen zahlreiche Fertigungsschritte. Fehler in der Bauteilgeometrie wirken sich häufig nicht unmittelbar aus, sondern beeinflussen zunächst den Werkzeugbau und anschließend den Spritzgussprozess. Die eigentlichen Qualitätsprobleme treten oft erst nach der ersten Bemusterung oder sogar während der Serienproduktion auf.

Ein typischer Ablauf sieht folgendermaßen aus:



## KLEINE KONSTRUKTIONSFEHLER – GROSSE AUSWIRKUNGEN

Bereits scheinbar kleine konstruktive Schwächen können den gesamten Entwicklungs- und Fertigungsprozess erheblich beeinflussen. Oft bleibt es nicht bei einem einzelnen Problem – vielmehr entstehen Folgekosten, die sich über Werkzeugbau, Produktion und Qualität hinweg summieren.

### Werkzeugkosten steigen oft unbemerkt

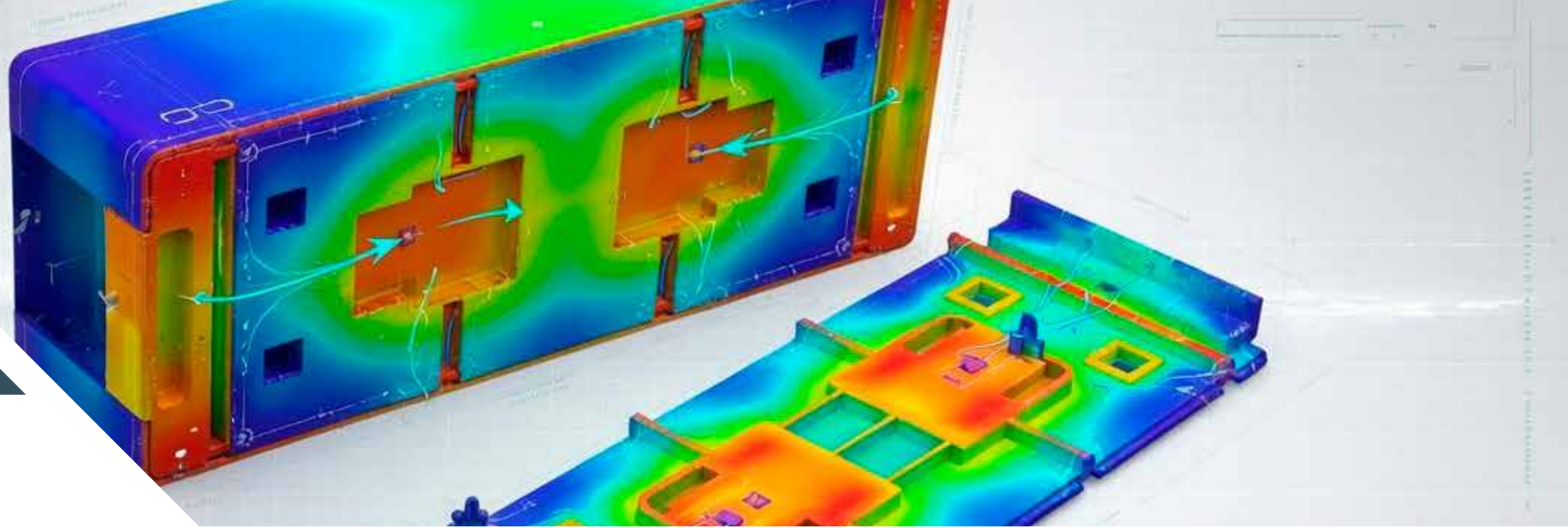
Ein typisches Beispiel sind **Materialanhäufungen**. Sie verlängern die Kühlzeit im Spritzgießprozess, erhöhen das Risiko von Einfallstellen und können zusätzlich zu Verzug führen. Das Ergebnis sind längere Zykluszeiten und höhere Fertigungskosten.

Auch **Hinterschneidungen** wirken sich direkt auf die Wirtschaftlichkeit aus. Sie machen häufig den Einsatz zusätzlicher Schieber oder Kernzüge erforderlich. Dadurch steigen nicht nur die Werkzeugkosten, sondern auch der Wartungsaufwand und die Zykluszeiten.

Fehlende oder zu geringe **Entformungsschrägen** erschweren die Entnahme des Bauteils aus dem Werkzeug. Höhere Entformkräfte führen zu einem erhöhten Verschleiß der Werkzeuge und können die Prozesssicherheit beeinträchtigen.

Eine ungünstig gewählte **Trennebene** erhöht den Aufwand im Werkzeugbau und kann gleichzeitig die Oberflächenqualität des Bauteils negativ beeinflussen. Sichtbare Trennlinien oder aufwendigere Werkzeugkonstruktionen sind häufig die Folge.

Ebenso führen übermäßig enge **Toleranzen** häufig zu längeren Bemusterungsphasen und zusätzlichen Werkzeugkorrekturen. Das erhöht nicht nur die Entwicklungskosten, sondern verzögert auch den Serienstart.



## KONSTRUKTIONSFEHLER IM ÜBERBLICK

Die häufigsten Konstruktionsfehler und ihre Auswirkungen auf Werkzeugkosten, Bauteilqualität und Serienfertigung.

| Konstruktionsfehler          | Mögliche Auswirkungen                           | Empfohlene Maßnahme                                  |
|------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Ungleichmäßige Wandstärken   | Verzug, Einfallstellen, lange Kühlzeiten        | Wandstärken möglichst konstant auslegen              |
| Materialanhäufungen          | Lunker, Einfallstellen, hohe Schwindung         | Material durch Rippen oder Hohlräume ersetzen        |
| Fehlende Entformungsschrägen | Hohe Entformkräfte, Kratzer, Werkzeugverschleiß | Ausreichende Entformung vorsehen                     |
| Scharfe Innenkanten          | Spannungsspitzen und Rissbildung                | Innen- und Außenradien verwenden                     |
| Überdimensionierte Rippen    | Einfallstellen auf Sichtflächen                 | Rippenstärke auf 40–60 % der Wandstärke begrenzen    |
| Massive Schraubdomes         | Schlechte Kühlung und Einfallstellen            | Domgeometrie fertigungsgerecht auslegen              |
| Zu viele Hinterschneidungen  | Komplexe Werkzeuge und höhere Werkzeugkosten    | Hinterschneidungen auf das notwendige Maß reduzieren |
| Ungünstiger Anspritzpunkt    | Bindenähte, ungleichmäßige Füllung und Verzug   | Anspritzpunkt frühzeitig abstimmen                   |
| Zu enge Toleranzen           | Höhere Werkzeug- und Fertigungskosten           | Toleranzen funktionsgerecht definieren               |

### ENGINEERING INSIGHT

Wer diese konstruktiven Schwachstellen bereits in der Entwicklungsphase berücksichtigt, reduziert Werkzeugkosten, verkürzt die Fertigungszeiten und verbessert die Qualität des späteren Kunststoffbauteils nachhaltig.

**Design for Manufacturing (DFM)** zahlt sich daher bereits lange vor dem ersten Spritzgussteil aus.



# WERKZEUGBAU

Der Kunststoff-Spritzguss ist eines der wichtigsten Fertigungsverfahren zur wirtschaftlichen Herstellung komplexer Kunststoffbauteile. Die Ausführung des Spritzgusswerkzeugs spielt dabei eine entscheidende Rolle für Bauteilqualität, Zykluszeit und Werkzeugkosten.

Je nach Bauteilgeometrie reicht die Werkzeugausführung von einfachen zweiteiligen Formen bis hin zu komplexen Werkzeugen mit Schiebern, Kernzügen oder Drehtellern.

Bereits bei der Konstruktion eines Kunststoffbauteils sollten sowohl die Werkzeugbefüllung als auch die Entformung berücksichtigt werden. Eine fertigungsgerechte Bauteilauslegung vereinfacht den Werkzeugaufbau und kann die Werkzeugkosten deutlich reduzieren.

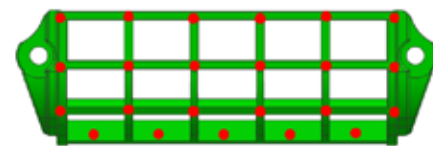
Ein Spritzgießwerkzeug besteht in der Regel aus zwei Formhälften: der Düsenseite und der Auswerferseite (2-Platten-Werkzeug). Beim 3-Platten-Werkzeug trennt eine zusätzliche Platte den Anguss automatisch vom Formteil.

**Der Spritzgießprozess gliedert sich in drei wesentliche Schritte:**

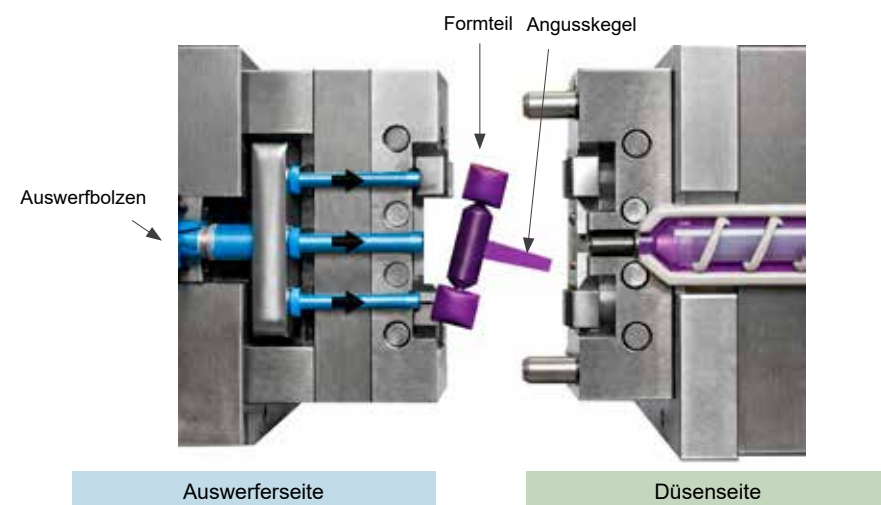
- Plastifizieren und Dosieren
- Einspritzen und Nachdrücken
- Kühlen und Entformen

Der plastifizierte Kunststoff wird über die Düsenseite in die Kavität eingespritzt. Die Wahl des Angussystems richtet sich nach Bauteilgeometrie und Werkstoff (siehe Kapitel Anguss-Typen).

Die Auswerferseite enthält die formgebenden Kerne und Einsätze sowie die Auswerferelemente. Nach dem Öffnen des Werkzeugs verbleibt das Formteil in der Regel auf dieser Seite und wird mithilfe geeigneter Auswerfersysteme entformt.



Positionierung der Auswerfer (DFM Report)



## AUSWERFSYSTEME

Die Wahl des Auswerfsystems richtet sich nach Bauteilgeometrie, Werkstoff und den Anforderungen an die Bauteiloberfläche. Formteile ohne Hinterschnidungen können durch Abstreifen, Abziehen oder mit Auswerferstiften entformt werden.

Zu den gebräuchlichsten Auswerfersystemen zählen **zylindrische Auswerfer, Flachauswerfer und Konturauswerfer**. Sie sind so anzuordnen, dass die Auswurfkräfte gleichmäßig in das Bauteil eingeleitet werden. Dünnwandige Bereiche und Sichtflächen sollten dabei möglichst frei von Auswerferspuren bleiben.

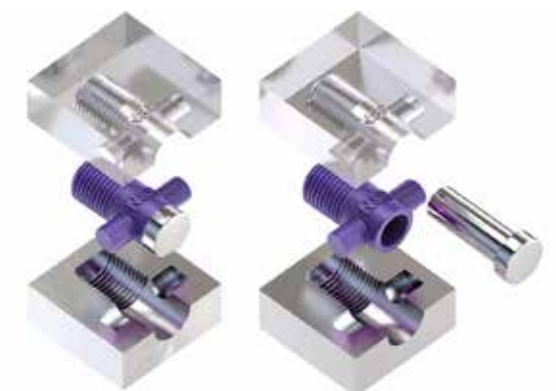
Die **erforderliche Auswurfkraft** hängt unter anderem von der Bauteilgeometrie, dem Werkstoff, den Entformungsschrägen und der Haftung des Kunststoffs an der Werkzeugoberfläche ab. Eine sorgfältige Auslegung verhindert Verformungen und Beschädigungen des Formteils.

Für **Formteile mit Innen- oder Außengewinden** kommen je nach Anwendung Zwangsentformungen, drehende Kerne oder Einfallkerne zum Einsatz.

Bei **Hinterschnidungen** sind zusätzliche Entformungselemente wie Schieber, Backen oder Kernzüge erforderlich. Da diese den Werkzeugaufbau aufwendiger und kostenintensiver machen, sollten Hinterschnidungen nach Möglichkeit bereits in der Konstruktion vermieden werden.



Auswerfereinheit



Entformungsverfahren für Gewinde



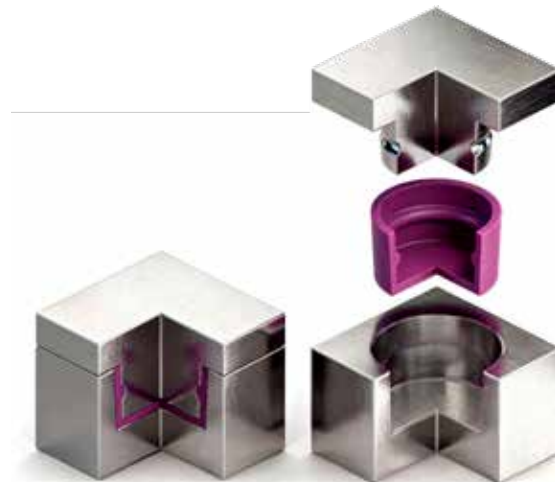
Lösung mit formschlüssigen Kern

# WERKZEUGBAU

## SONDERFALL ELASTOMER

Bei Elastomer-Bauteilen sind Hinterschneidungen bis zu einem gewissen Grad realisierbar. Dank der elastischen Materialeigenschaften kann sich das Bauteil beim Entformen vorübergehend verformen und anschließend nahezu vollständig in seine ursprüngliche Form zurückkehren.

Die mögliche Ausführung hängt von der Geometrie des Bauteils sowie vom verwendeten Elastomerwerkstoff ab.



## TRENNLINIE

Die Trennlinie ist der Bereich, an dem sich die beiden Werkzeughälften einer Spritzgussform öffnen und schließen.

Ihre Position beeinflusst die Bauteilqualität, das Erscheinungsbild und die Werkzeugkosten.

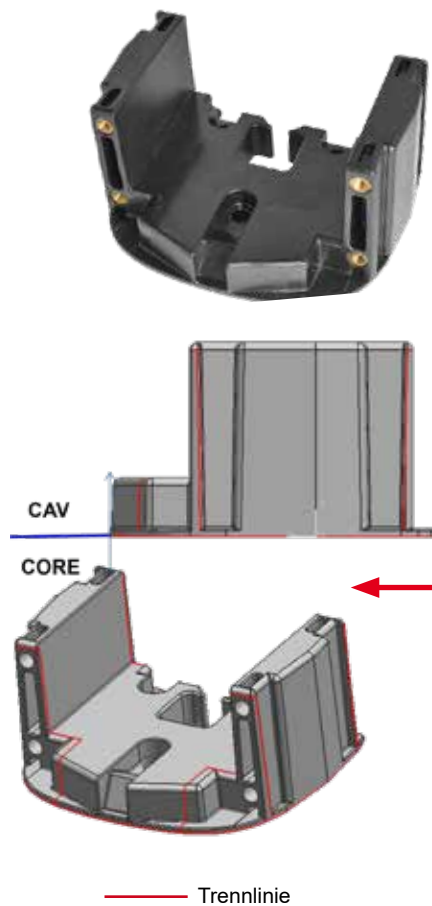
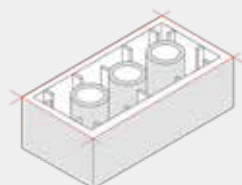
### Scharfe Kanten

Idealerweise wird die Trennlinie auf wenig sichtbaren Flächen oder entlang scharfer Kanten platziert. Dadurch werden Gratbildung minimiert und die Werkzeugkonstruktion vereinfacht.

### Abgerundete Oberflächen

Auf abgerundeten Oberflächen sollte die Trennlinie möglichst vermieden werden. Hier steigt das Risiko sichtbarer Grate und die Anforderungen an die Werkzeugpräzision nehmen zu.

Ein bekanntes Beispiel ist der LEGO®-Stein: Die Trennlinie verläuft entlang der unteren Kanten statt über die sichtbare Oberseite.



## GRENZEN DER GESTALTUNG

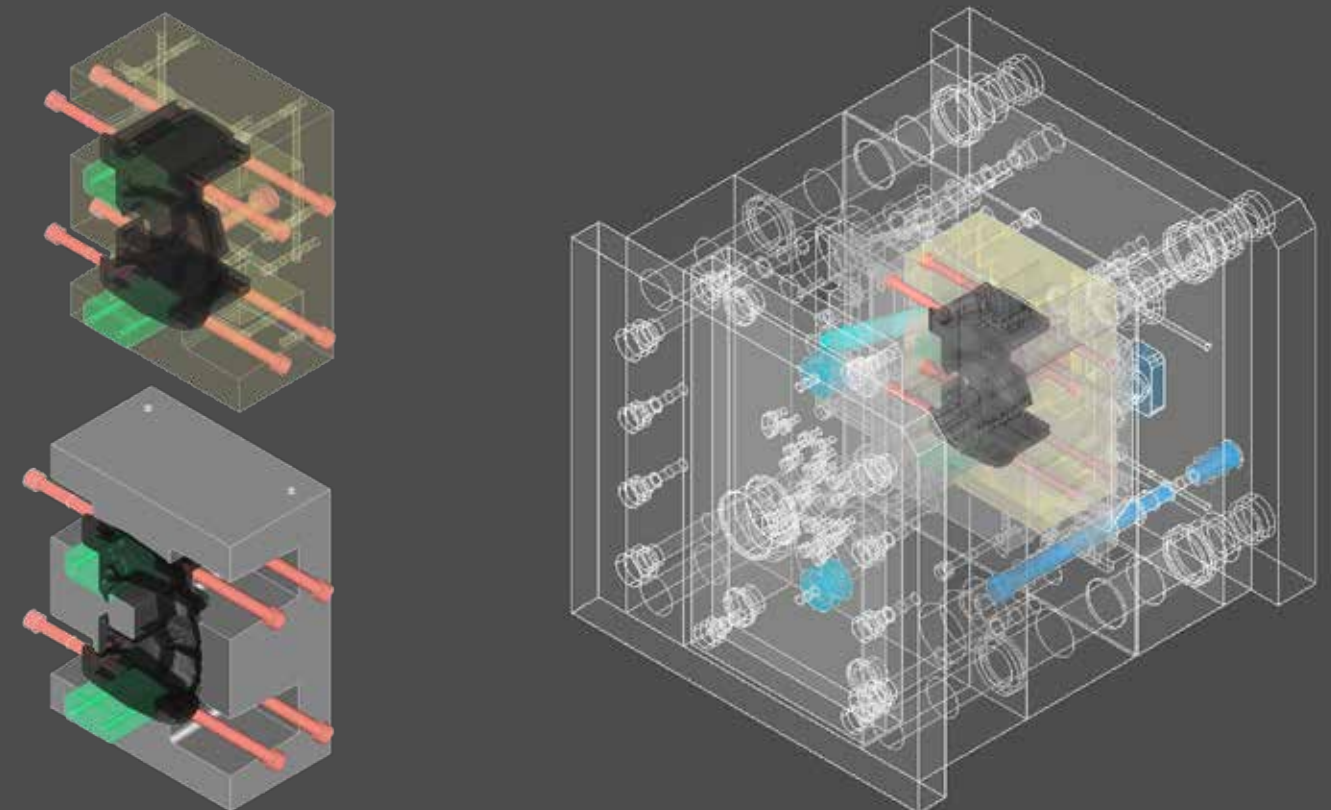
Bereits bei der Konstruktion sollten die Grenzen von Werkstoff und Werkzeug berücksichtigt werden.

Logos, Symbole oder Schriftzüge können direkt in das Werkzeug integriert werden, müssen jedoch so gestaltet sein, dass der Kunststoff die Konturen vollständig ausfüllen kann.

Auch die Werkzeugfertigung setzt Grenzen: Da Fräswerkzeuge immer einen Mindestradius besitzen, sind scharfe Innenecken oder sehr feine Strukturen nur eingeschränkt realisierbar. Eine fertigungsgerechte Gestaltung erleichtert die Herstellung und verbessert die Bauteilqualität.



## WERKZEUGDESIGN





# ANGUSS-TYPEN

Über den Anguss gelangt der plastifizierte Kunststoff in die Kavität des Werkzeugs. Lage und Ausführung des Angusses beeinflussen maßgeblich die Bauteilqualität und können Verzug, Bindenähte, Einfallstellen oder Lufteinschlüsse verursachen

Der Anguss sollte möglichst an einer unauffälligen Stelle und vorzugsweise im dicksten Wandbereich des Bauteils positioniert werden.

Eine fertigungsgerechte Auslegung gewährleistet eine gleichmäßige Formfüllung und reduziert Spritzgussfehler.

Als Richtwert beträgt die Angussdicke etwa 50–80 % der Bauteilwandstärke. Punkt- und Tunnelangüsse besitzen in der Regel einen Enddurchmesser von 0,25 bis 2,0 mm. Zu Beginn der Konstruktion empfiehlt sich eine eher kleine Angussdimensionierung, die bei Bedarf im Werkzeug optimiert werden kann.

| Sprue Gate / Angusszapfen                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>Für große Materialvolumen und dickwandige Bauteile</li><li>Ideal für runde oder zylindrische Formteile</li><li>Einfache und kostengünstige Angussart</li><li>Häufig bei Einzelkavitäten und kleinen Stückzahlen</li><li>Sichtbare Angussmarkierung, Nachbearbeitung erforderlich</li></ul>                                              | <p>Kosten: gering<br/>Werkzeugaufwand: gering<br/>Sichtqualität: gering<br/>Automatisierung: gering</p> |
| Pin Gate / Punktanguss                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>Für kleine, präzise und dünnwandige Bauteile</li><li>Ideal für 3-Platten-Werkzeuge</li><li>Ermöglicht eine symmetrische Formfüllung</li><li>Nur geringe sichtbare Angussmarkierung</li><li>Hohe Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität</li><li>Angussdurchmesser: ca. 40–50 % der Wandstärke</li><li>Steghöhe: ca. 0,5–1,0 mm</li></ul> | <p>Kosten: mittel<br/>Werkzeugaufwand: mittel<br/>Sichtqualität: gut<br/>Automatisierung: hoch</p>      |
| Edge Gate / Eckenanguss                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>Für große Bauteile und dünnwandige Formteile</li><li>Position auf der Trennebene</li><li>Formfüllung von der Seite, oben oder unten möglich</li><li>Rechteckiger Querschnitt für eine gleichmäßige Schmelzeverteilung</li><li>Angussdicke: ca. 50–80 % der Wandstärke</li><li>Steghöhe: ca. 0,5–1,5 mm</li></ul>                        | <p>Kosten: gering<br/>Werkzeugaufwand: gering<br/>Sichtqualität: mittel<br/>Automatisierung: gering</p> |
| Overlap Gate                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                         |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>Für hohe Anforderungen an die Oberflächenqualität</li><li>Reduziert Spritzer und sichtbare Fließspuren</li><li>Gleichmäßige Druckverteilung verringert innere Spannungen</li><li>Dicke: 0,4–6,4 mm, Breite: 1,6–12,7 mm</li></ul>                                                                                                       | <p>Kosten: mittel<br/>Werkzeugaufwand: mittel<br/>Sichtqualität: hoch<br/>Automatisierung: gering</p>   |

| Fan Gate / Fächeranguss                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | <ul style="list-style-type: none"><li>Für große, flächige und dünnwandige Bauteile</li><li>Fächerförmige Verbreiterung für gleichmäßige Formfüllung</li><li>Reduziert Verzug und verbessert die Maßhaltigkeit</li><li>Maximale Angussdicke: 75 % der Wandstärke</li><li>Typische Angussdicke: 0,25–1,6 mm</li></ul>                                                        | <p>Kosten: mittel<br/>Werkzeugaufwand: mittel<br/>Sichtqualität: hoch<br/>Automatisierung: gering</p> |
| Tunnel Gate / U-Boot Anguss                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |
|   | <ul style="list-style-type: none"><li>Für Sichtteile und die automatisierte Serienfertigung</li><li>Verdeckter Anguss für eine saubere Bauteiloberfläche</li><li>Schräge Verbindung vom Verteilerkanal zur Kavität</li><li>Automatische Angusstrennung beim Entformen</li><li>Geringer Nachbearbeitungsaufwand</li><li>Tunneldurchmesser: 30–70 % der Wandstärke</li></ul> | <p>Kosten: hoch<br/>Werkzeugaufwand: hoch<br/>Sichtqualität: hoch<br/>Automatisierung: hoch</p>       |
| Cashew / Banana Gate                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>Für komplexe Geometrien und schwer zugängliche Bereiche</li><li>Gebogener Tunnelanguss unterhalb der Trennebene</li><li>Verdeckter Anguss für hochwertige Sichtflächen</li><li>Automatische Angusstrennung beim Entformen</li><li>Tunneldurchmesser: 0,25–2,0 mm</li></ul>                                                           | <p>Kosten: hoch<br/>Werkzeugaufwand: hoch<br/>Sichtqualität: sehr hoch<br/>Automatisierung: hoch</p>  |

| MATERIALEMPFEHLUNG |     |    |    |    |    |    |     |     |      |     |
|--------------------|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|------|-----|
|                    | PVC | PE | PP | PC | PS | PA | POM | ABS | PMMA | PEK |
| Sprue              | ✓   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓   | ✓   | ✓    | ✓   |
| Pin                |     | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓   | ✓   |      | ✓   |
| Edge               | ✓   | ✓  | ✓  | ✓  |    | ✓  | ✓   | ✓   | ✓    | ✓   |
| Overlap            |     |    |    |    |    |    | ✓   | ✓   | ✓    | ✓   |
| Fan                |     |    | ✓  |    |    |    | ✓   | ✓   |      | ✓   |
| Tunnel             |     |    |    |    | ✓  | ✓  | ✓   | ✓   |      |     |
| Cashew             | ✓   | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓  | ✓   | ✓   | ✓    |     |

2K-SPRITZGUSS



Beim Mehrkomponenten-Spritzguss werden zwei oder mehr Kunststoffe in einem Fertigungszyklus zu einem Bauteil verarbeitet. Dadurch lassen sich unterschiedliche Materialeigenschaften, Farben oder Funktionen ohne nachträgliche Montage miteinander kombinieren.

Für dieses Verfahren kommen spezielle Spritzgießmaschinen mit mehreren Einspritzeinheiten sowie entsprechend ausgelegte Werkzeuge zum Einsatz.

Die verschiedenen Materialien werden nacheinander oder gleichzeitig in das Werkzeug eingespritzt und verbinden sich direkt während des Spritzgießprozesses.

- Vorteile:**
- Kombination unterschiedlicher Materialien und Farben
  - Integration mehrerer Funktionen in einem Bauteil
  - Weniger Montageaufwand und kürzere Fertigungszeiten
  - Hohe Maßgenauigkeit und Prozesssicherheit
  - Ideal für Hart-Weich-Verbindungen, Dichtungen, Sichtteile und ergonomische Griffe

MATERIALKOMBINATION

Die Wahl der richtigen Materialkombination ist entscheidend für den Erfolg des Mehrkomponenten-Spritzgusses. Nicht alle Thermoplaste verbinden sich zuverlässig oder erfüllen die gewünschten mechanischen, chemischen und thermischen Anforderungen.

Bereits in der Entwicklungsphase sollte daher geprüft werden, welche Werkstoffpaarungen für die jeweilige Anwendung geeignet sind. Eine abgestimmte Materialauswahl gewährleistet eine dauerhafte Haftung und hohe Bauteilqualität.



Die folgende Materialübersicht zeigt, welche Kunststoffkombinationen sich besonders gut miteinander verbinden lassen.

sehr gut

gut

schlecht

nicht möglich

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



Das Fließverhalten eines Kunststoffs wird maßgeblich durch seine Viskosität bestimmt. Diese ist temperatur- und verarbeitungsabhängig und beeinflusst, wie zuverlässig die Kavität gefüllt wird. Auch Materialeigenschaften wie Zähigkeit, Duktilität und Sprödigkeit spielen bei der Bauteilauslegung eine wichtige Rolle.

Um eine optimale Formfüllung und eine hohe Bauteilqualität sicherzustellen, sollten Werkstoff und Werkzeugdesign aufeinander abgestimmt werden. Mithilfe einer Moldflow-Analyse lässt sich der Spritzgießprozess bereits in der Entwicklungsphase simulieren. So können Fließwege, Bindenähte, Lufteinschlüsse oder mögliche Verzugstendenzen frühzeitig erkannt und das Werkzeug entsprechend optimiert werden.

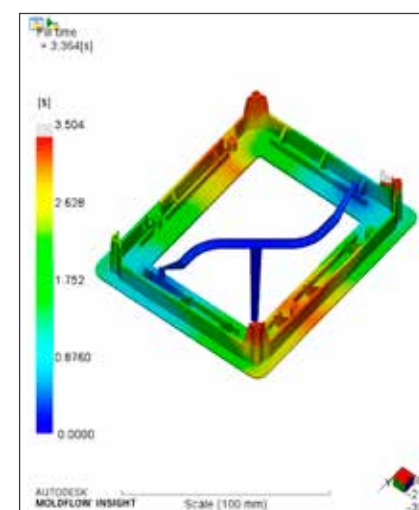
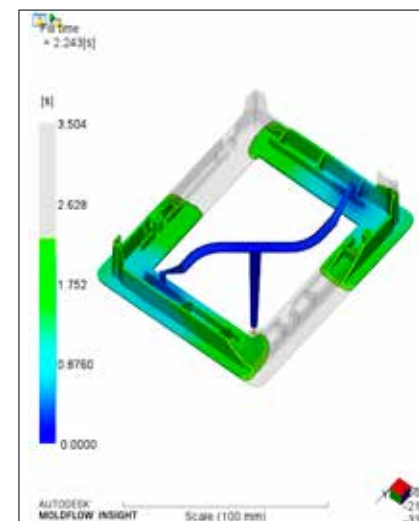
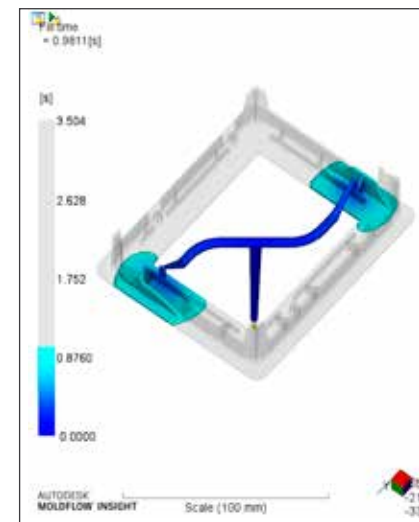
#### Vorteile:

- Visualisiert das Fließverhalten der Kunststoffschmelze im Werkzeug
- Optimiert Position und Anzahl der Angussstellen
- Erkennt Bindenähte, Lufteinschlüsse und mögliche Verzugstendenzen frühzeitig
- Reduziert Spannungen und verbessert die Bauteilqualität
- Verringert Materialverbrauch, Werkzeuganpassungen und Entwicklungskosten

#### HERAUSFORDERUNG

Bereits während der Werkzeugkonstruktion werden Anguss- und Temperiersysteme an Geometrie, Material und Bauteilanforderungen angepasst. Nur so lässt sich eine gleichmäßige Formfüllung und eine hohe Bauteilqualität gewährleisten.

Da der Kunststoff über eine oder mehrere Angussstellen in das Werkzeug gelangt, ist deren Position entscheidend. Sie sollte so gewählt werden, dass Funktion und Optik des Bauteils möglichst nicht beeinträchtigt werden.

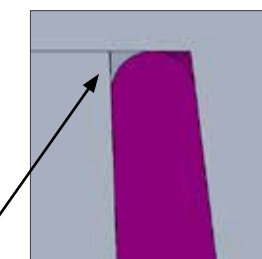
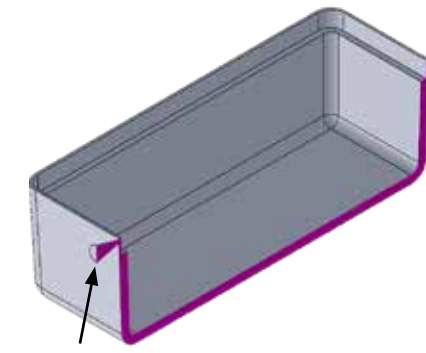
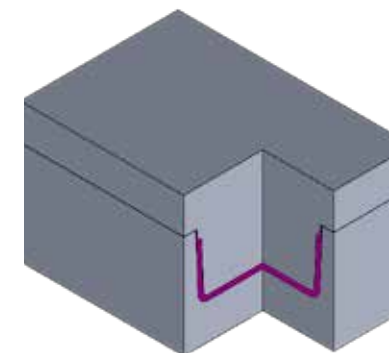


#### OPTIMALE BEFÜLLUNG

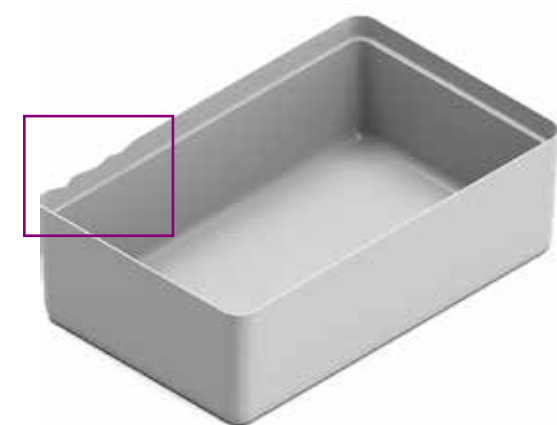
Eine gleichmäßige Formfüllung ist entscheidend für die Qualität des Spritzgussteils. Ungünstig positionierte Angussstellen können zu Bindenähten, Lufteinschlüssen, Verzug oder einer unvollständigen Befüllung der Kavität führen.

#### Beispiel:

Im gezeigten Beispiel ist die Angussposition nicht optimal gewählt. Eine mittige Befüllung von unten oder mehrere Angussstellen ermöglichen einen gleichmäßigeren Materialfluss und reduzieren fließbedingte Spannungen. Mithilfe einer Moldflow-Analyse lässt sich die optimale Angussposition bereits in der Entwicklungsphase bestimmen.



keine homogene Füllung



WERKZEUGFALLENDE  
OBERFLÄCHEN

STRUKTUREN

Oberflächenstrukturen werden direkt in das Spritzgusswerkzeug eingebracht und beim Spritzgießen auf das Bauteil übertragen. Dadurch entfällt eine nachträgliche Oberflächenbearbeitung und gleichzeitig lassen sich Design, Haptik und Funktion gezielt beeinflussen.

Strukturierte Oberflächen können zudem Fließnähte, Bindenähte oder Einfallstellen optisch kaschieren. Durch die Kombination strukturierter und polierter Bereiche entstehen hochwertige und kontrastreiche Designoberflächen.

Zur Definition der Oberflächenqualität haben sich zwei Standards etabliert:

**VDI 3400**  
45 Strukturstufen mit unterschiedlichen Rauheiten (z. B. VDI 12)

**SPI**  
Polierklassen von hochglänzend (A) bis matt bzw. strukturiert (D)

SPI - STRUKTUREMPFEHLUNGEN

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

ENTFORMUNGSSCHRÄGEN - VDI

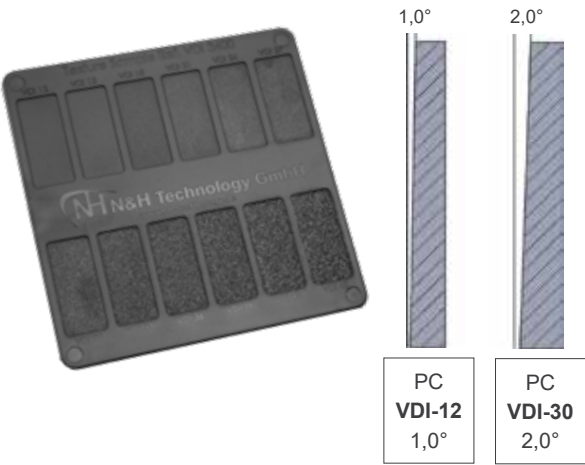
Entformungsschrägen erleichtern das Auswerfen des Bauteils aus dem Spritzgießwerkzeug und reduzieren die erforderlichen Entformungskräfte. Dadurch werden Bauteil und Werkzeug geschont und die Prozesssicherheit erhöht.

Besonders bei strukturierten Oberflächen sind ausreichende Entformungsschrägen wichtig, um Beschädigungen der Oberflächenstruktur zu vermeiden. Auch Dichtflächen sollten mit einer entsprechenden Schräge ausgeführt werden, um Gratbildung zu verhindern.

Die folgende Tabelle zeigt empfohlene Mindest-Entformungsschrägen für verschiedene VDI-Oberflächenstrukturen. Bei glasfaserverstärkten oder gefüllten Kunststoffen sind in der Regel größere Schrägen erforderlich.

| 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



N&H MUSTERKARTEN

Unsere Musterkarten aus schwarzem und weißem ABS-Kunststoff zeigen eine praxisnahe Auswahl gängiger Oberflächenstrukturen für Spritzgussteile:

- 12 SPI-Oberflächen – von hochglanzpoliert bis matt strukturiert
- 12 VDI 3400-Strukturen – mit unterschiedlichen Rauheitsgraden

So können Sie Oberflächenqualität, Haptik und Optik direkt vergleichen. **Die Musterkarten stellen wir Ihnen kostenlos zur Verfügung.**





# WERKZEUGFALLENDE OBERFLÄCHEN

## IN-MOULD DECORATION (IMD)

Bei der In-Mould Decoration (IMD) wird eine dekorative Folie bereits während des Spritzgießprozesses dauerhaft mit dem Kunststoff verbunden. Das Design ist dadurch fest in das Bauteil integriert und besonders widerstandsfähig gegen Abrieb, Chemikalien und Umwelteinflüsse.

Neben hochwertigen Dekoren lassen sich auch gebürstete Oberflächen, Perlmutt-Effekte oder Dead-Front-Designs realisieren, bei denen Symbole oder Anzeigen erst im beleuchteten Zustand sichtbar werden.

### Vorteile:

- Dauerhaft integrierte Dekoration
- Hohe Kratz- und Abriebfestigkeit
- Keine nachträgliche Oberflächenveredelung erforderlich
- Ideal für hochwertige Bedien- und Sichtflächen

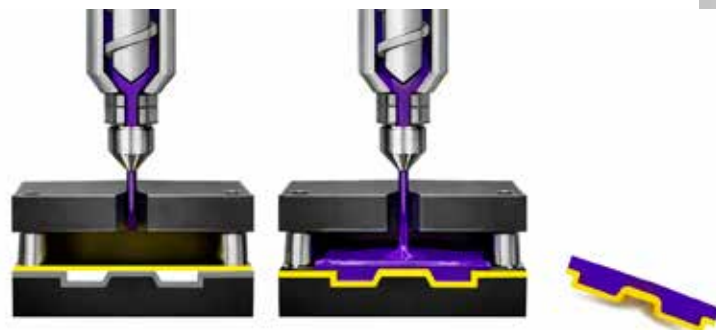
### Funktionsweise

Die Dekorfolie wird vor dem Spritzgießen in das Werkzeug eingelegt. Während des Spritzgießprozesses verbindet sie sich dauerhaft mit dem Kunststoff und wird zu einem festen Bestandteil des Bauteils.

Nach dem Entformen ist das fertige Dekor bereits integriert – eine nachträgliche Oberflächenveredelung ist nicht erforderlich.



"Dead Front"-Effekt.



## WEITERE VERFAHREN

Neben der In-Mould Decoration stehen weitere Verfahren zur Oberflächenveredelung zur Verfügung. Durch Lackieren, Bedrucken oder Beschichten lassen sich Kunststoffbauteile optisch aufwerten und gleichzeitig ihre Beständigkeit gegenüber Abrieb, Chemikalien und Umwelteinflüssen verbessern.

Je nach Anwendung können so individuelle Farben, Logos, Beschriftungen oder funktionale Beschichtungen realisiert werden. Diese Verfahren erweitern die Gestaltungsmöglichkeiten und tragen zu einer hochwertigen Optik sowie einer

## BEDRUCKUNG

Kunststoffbauteile können mittels Tampondruck, Siebdruck oder Digitaldruck individuell gestaltet werden. So lassen sich Logos, Symbole, Skalen, Beschriftungen oder technische Kennzeichnungen dauerhaft aufbringen.

### Vorteile:

- Individuelle Gestaltung von Farben und Grafiken
- UV-, abrieb- und chemikalienbeständige Druckfarben
- Hohe Druckqualität und Detailgenauigkeit
- Wirtschaftlich für Klein- und Großserien
- Farbvorgaben nach RAL, Pantone oder Muster möglich

### TAMPONDRUCK

- Für gekrümmte und unregelmäßige Oberflächen
- Hohe Detailgenauigkeit
- Ideal für Logos, Symbole und Beschriftungen

### SIEBDRUCK

- Für flache oder leicht gewölbte Oberflächen
- Hohe Farbdichte und Deckkraft
- Wirtschaftlich bei mittleren und großen Stückzahlen

### DIGITALDRUCK

- Ideal für Kleinserien und Prototypen
- Hohe Flexibilität bei Farben und Designs
- Geeignet für komplexe Grafiken und personalisierte Bauteile

# OBERFLÄCHEN



## LACKIERUNG

Das Lackieren verbessert sowohl die Optik als auch die Widerstandsfähigkeit von Kunststoffbauteilen. Je nach Anforderung lassen sich hochglänzende, matte, strukturierte oder Metallic-Oberflächen realisieren und individuelle Farbvorgaben nach RAL, Pantone oder Muster umsetzen.

Neben der optischen Aufwertung schützt die Lackschicht das Bauteil zuverlässig vor UV-Strahlung, Feuchtigkeit, Chemikalien sowie mechanischer Beanspruchung. Gleichzeitig erhöht sie die Kratz- und Abriebfestigkeit und trägt zu einer längeren Lebensdauer des Produkts bei.

### Vorteile:

- Hochwertige Designoberflächen in verschiedenen Glanzgraden
- Individuelle Farben und Effekte
- Schutz vor UV-Strahlung, Feuchtigkeit und Chemikalien
- Erhöhte Kratz- und Abriebfestigkeit
- Ideal für hochwertige Sichtteile und technische Kunststoffgehäuse

## SOFT-TOUCH LACKIERUNG

Die Soft-Touch-Lackierung verleiht Kunststoffbauteilen eine samtige, matte Oberfläche mit besonders angenehmer Haptik. Sie verbessert die Griffbarkeit und vermittelt einen hochwertigen Produkteindruck.

Typische Einsatzbereiche sind Elektronikgehäuse, HMI-Bedieneinheiten, Konsumgüter sowie Anwendungen im Automobilbereich.

## LEITLACKE

Leitlacke verleihen Kunststoffbauteilen elektrisch leitfähige Eigenschaften und sorgen für einen zuverlässigen Schutz vor elektromagnetischen Störungen (EMV) sowie elektrostatischer Entladung (ESD).

Die Beschichtung enthält leitfähige Partikel, beispielsweise auf Basis von Silber, Kupfer oder Kohlenstoff, und wird vor allem bei Elektronikgehäusen und technischen Kunststoffteilen eingesetzt. Sie verbessert die elektromagnetische Verträglichkeit, ohne die Vorteile eines leichten und korrosionsbeständigen Kunststoffgehäuses zu beeinträchtigen.



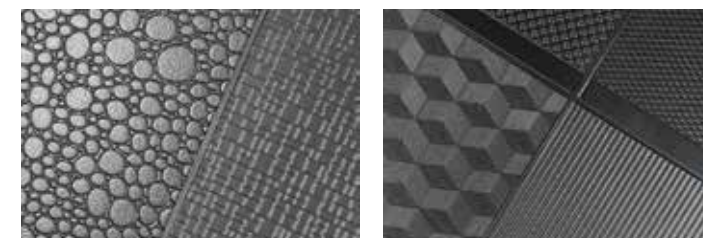
## LASERGRAVUR / TEXTURIERUNG

Die **Lasermarkierung** ermöglicht eine dauerhafte und präzise Kennzeichnung von Kunststoffbauteilen mit Logos, Seriennummern, Barcodes, QR-Codes oder technischen Beschriftungen.

Durch das gezielte Abtragen der Oberfläche entstehen kontrastreiche und abriebfeste Markierungen, ohne zusätzliche Farben oder Druckverfahren.

Mit der **Lasertexturierung** lassen sich zudem feine Strukturen und Oberflächenmuster direkt in das Bauteil einbringen.

Dadurch können Haptik, Griffbarkeit und Design gezielt verbessert sowie funktionale Oberflächen mit individuellen Texturen realisiert werden.



## PVD-BESCHICHTUNG

Die PVD-Beschichtung (Physical Vapor Deposition) verleiht Kunststoffbauteilen eine hochwertige metallische Oberfläche und verbessert gleichzeitig deren Widerstandsfähigkeit.

Sie zeichnet sich durch eine hohe Härte sowie eine ausgezeichnete Beständigkeit gegen Abrieb, Korrosion und chemische Einflüsse aus.

Das Verfahren eignet sich besonders für hochwertige Sichtteile mit metallischer Optik und kommt unter anderem bei Automobilkomponenten, Elektronikgehäusen und Konsumgütern zum Einsatz.





# CHECKLISTE

## KONSTRUKTION VOR DER WERKZEUGFREIGABE PRÜFEN

Vor der Freigabe des Spritzgusswerkzeugs sollten alle konstruktionsrelevanten Punkte systematisch überprüft werden. Bereits kleine Optimierungen können Werkzeugkosten reduzieren, die Bemusterung verkürzen und die Prozesssicherheit der späteren Serienfertigung erhöhen.

Die folgende Checkliste fasst die wichtigsten Prüfpunkte für eine fertigungsgerechte Konstruktion zusammen.

### 1. BAUTEILGEOMETRIE

- Sind die Wandstärken möglichst konstant ausgeführt?
- Wurden Materialanhäufungen konsequent vermieden?
- Sind Wandstärkenübergänge weich ausgeführt?
- Entsprechen Innen- und Außenradien den Konstruktionsrichtlinien?
- Wurden Kerbwirkungen durch scharfe Kanten vermieden?

### 2. RIPPEN UND VERSTÄRKUNGEN

- Beträgt die Rippenstärke ca. 40–60 % der angrenzenden Wandstärke?
- Überschreitet die Rippenhöhe nicht das Dreifache der Wandstärke?
- Sind Rippen mit ausreichenden Radien ausgeführt?
- Sind Rippen ausreichend entformt?

### 3. SCHRAUBDOME

- Sind Schraubdome hohl ausgeführt?
- Wurden Domwandstärken an die Bauteilwand angepasst?
- Sind Schraubdome über Rippen abgestützt?
- Wurden Materialanhäufungen vermieden?

### 4. ENTFORMUNG

- Besitzen alle senkrechten Flächen ausreichende Entformung?
- Sind strukturierte Oberflächen mit größerer Entformung ausgelegt?
- Können alle Bereiche ohne Beschädigung entformt werden?

### 5. WERKZEUG

- Ist eine einfache Trennebene möglich?
- Sind unnötige Hinterschnidungen vermieden?
- Sind Schieber und Kernzüge auf das notwendige Maß reduziert?
- Ist der Anspritzpunkt sinnvoll positioniert?
- Können alle Bereiche ausreichend gekühlt werden?

### 6. MATERIAL

- Passt der Werkstoff zur mechanischen Beanspruchung?
- Wurde das Schwindungsverhalten berücksichtigt?
- Sind Temperatur- und Medienbeständigkeit ausreichend?

### 7. MAßE UND TOLERANZEN

- Sind Funktionsmaße eindeutig definiert?
- Wurden nur funktionsrelevante Maße eng toleriert?
- Sind Passungen und Dichtflächen realistisch ausgelegt?
- Wurde die Werkstoffschwindung berücksichtigt?
- Sind die geforderten Toleranzen prozesssicher erreichbar?
- Wurden kritische Maße mit dem Werkzeugbau abgestimmt?

### 8. OBERFLÄCHE

- Wurde die gewünschte Oberflächenqualität festgelegt?
- Sind Druck- oder Sichtflächen entsprechend ausgelegt?
- Wurde die erforderliche Entformung für strukturierte Oberflächen berücksichtigt?

### 9. DFM PRÜFUNG

- Ist das Bauteil wirtschaftlich herstellbar?
- Wurde die Konstruktion gemeinsam mit dem Werkzeugbau bewertet?
- Sind alle kritischen Bereiche überprüft?

### MERKSATZ

Eine systematische Konstruktionsprüfung vor dem Werkzeugbau reduziert Änderungsaufwand, verkürzt die Bemusterung und verbessert die Wirtschaftlichkeit der späteren Serienfertigung.



## STARTEN SIE IHR NÄCHSTES PROJEKT

Ob Einzelkomponente oder komplette HMI-Bedieneinheit – wir begleiten Sie von der ersten Idee über die Entwicklung und Musterfertigung bis zur Serienproduktion. Gemeinsam entwickeln wir wirtschaftliche, fertigungsgerechte und zuverlässige Lösungen, die exakt auf Ihre Anwendung abgestimmt sind.

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](mailto:info@nh-technology.de)  
[www.nh-technology.de](http://www.nh-technology.de)

V-Card



 N&H Technology GmbH

**NO STANDARD SOLUTION.  
YOUR SOLUTION.**





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

