

## Die Kunst der Stoffe ist unsere Passion.

Dieser kurze Exkurs in die Welt des Kunststoffes verschafft Ihnen einen Überblick über die wichtigsten Themen aus unserem Alltag als Kunststoffexperten.

Für weiterführende Informationen über den aus unserer Sicht wunderbarsten Werkstoff der heutigen Zeit stehen wir gerne zur Verfügung. Wir freuen uns über Ihre Kontaktaufnahme.

Robert Wipf und Martin Wipf  
Aareplast AG

## Inhalt

<b>Erfolgreich dank Kunststoff .....</b>	<b>4</b>
<b>Der richtige Kunststoff .....</b>	<b>10</b>
Thermoplast – der vielseitige Kunststoff .....	12
Duroplast – der robuste Kunststoff .....	16
<b>Das richtige Produktionsverfahren .....</b>	<b>22</b>
Das Spritzgiessverfahren .....	22
Das Pressverfahren.....	24
Das Spritzprägeverfahren .....	26
<b>Das richtige Werkzeug .....</b>	<b>28</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>36</b>

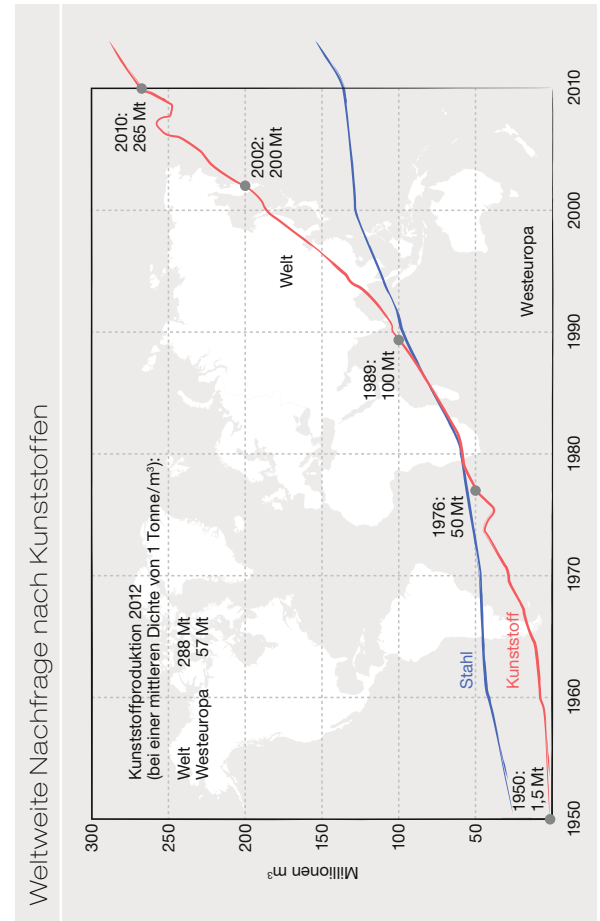
## Erfolgreich dank Kunststoff

### Vom Erdöl zum Polymer

Kunststoffe werden zum größten Teil aus Erdöl hergestellt. Die Herstellung aus Kohle, Erdgas und biologisch nachwachsenden Rohstoffen sind aber auch möglich. Nur 4% der weltweiten Erdölfördermenge werden für die Herstellung von Kunststoffen verwendet (vgl.: ungefähr 80% werden zu Treibstoffen und Heizöl verarbeitet). In einer fraktionierenden Destillation wird aus dem Erdöl Schwerbenzin gewonnen. Durch thermisches Cracken entstehen aus den gesättigten Kohlenwasserstoffen ungesättigte Moleküle (Monomere). Diese einzelnen Moleküle werden anschließend in einer Synthese (Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition) als Makromoleküle zu Polymeren zusammengesetzt. Diese bilden den Grundstoff für die breite Palette der Kunststoffe.

### Kunststoffe als Konstruktionswerkstoffe

Kunststoffe gelten heute als anerkannte und vollwertige Werkstoffe, welche selbst für anspruchsvolle technische Anwendungen eingesetzt werden. In vielen Anwendungen hat der Kunststoff die metallischen Werkstoffe abgelöst, weshalb der Bedarf in den letzten Jahren stark angestiegen ist (vgl. Grafik Seite 5).



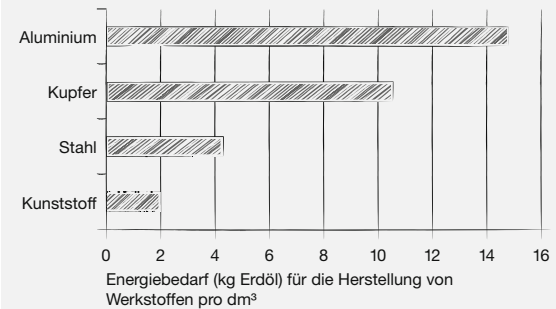
## Die Ökologie der Kunststoffe

Ökobilanzen zeigen auf, dass richtig eingesetzte Kunststoffe kaum Problemverursacher sind. Der Energiebedarf für die Herstellung von Produkten aus Kunststoff ist um ein Vielfaches geringer als bei metallischen Werkstoffen (vgl. Grafik Seite 7). Das einfache Rezyklieren von Kunststoffabfällen steigert zudem die Ökobilanz der Kunststoffe. Die aus Kohlenstoff und Wasserstoffatomen aufgebauten Kunststoffe können ausserdem als Energiespeicher betrachtet werden, da bei ihrer Verbrennung am Ende der Wertschöpfungskette die gespeicherte Energie freigesetzt wird und genutzt werden kann. Im Weiteren helfen die vielen Vorteile von Kunststoffprodukten, wie zum Beispiel das niedrige Gewicht, spätere Logistikabläufe, viel effizienter und sparsamer zu gestalten.

## Das Leichtgewicht Kunststoff

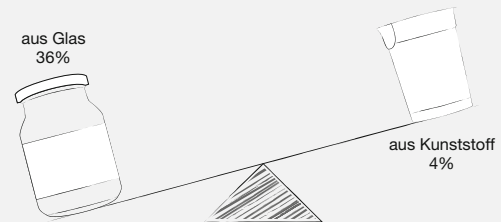
Kunststoffe erreichen hohe Festigkeiten, Steifigkeiten und Zähigkeiten bei einer sehr geringen Dichte. Beispielsweise beträgt der Verpackungsanteil bei einem Joghurt im Kunststoffbecher nur 4% des Gesamtgewichtes. Beim Joghurt im Glas macht das Gewicht der Verpackung 36% aus. Dieser Vorteil bringt hohen Mehrwert für die gesamte Logistikkette, da der Energie- und Treibstoffverbrauch für die Förderung, für Abfüllanlagen und den Transport beträchtlich tiefer ist.

## Energiebedarf für die Materialherstellung



Quelle: Kunststoffchemie für Ingenieure von Wolfgang Kaiser

## Das Leichtgewicht Kunststoff



Quelle: Kunststoffchemie für Ingenieure von Wolfgang Kaiser

### Metallersatz zahlt sich mehrfach aus

Seit es Kunststoffe gibt, verdrängen diese zunehmend metallische Werkstoffe vom Markt. Zwei Faktoren sprechen für den Metallersatz: Einerseits gewinnt man durch die vielen Vorteile der Materialeigenschaften mehr Effizienz. Andererseits wird die Produktion massiv optimiert, da sich in der Kunststoffteilherstellung viele Möglichkeiten ergeben. Die Formmasse wird für jeden Einsatz optimal zusammengestellt. Kunststoffe erreichen heute beinahe die Festigkeit von Metallen durch den Einsatz von Glasfasern und der optimalen Auslegung der Konstruktion.

### Die Vorteile von Kunststoffen

- geringes Gewicht
- vielfältige physikalische Eigenschaften (wie z. B. zäh, biegsam, chemikalienbeständig, korrosionsbeständig, isolierend, wärmedämmend etc.)
- optische Eigenschaften wie z. B. transparent oder farbig
- komplexe Geometrien sind möglich
- integrale Bauweise (Schnappverbindungen statt Schrauben, Filmscharniere etc.)
- wirtschaftliche Verarbeitung (geringer Energieverbrauch, kurze Zykluszeiten und hoher Automatisierungsgrad)
- gut recycelbar

### Kunststoff als Metallersatz (Substitution)



#### Vorteile am Beispiel Strassendeckel

Die Kunststofflösung ist korrosionsbeständig, verhindert eine Kaltverschweissung, ist salzwasserbeständig und beständig gegen UV- und Wettereinflüsse.

[www.aareplast.ch/metallersatz](http://www.aareplast.ch/metallersatz)

### Kombination Metall-Kunststoff



Einlegteile aus Metall können gut umspritzt werden.

So werden die Vorteile beider Werkstoffe optimal genutzt.

[www.aareplast.ch/riesel](http://www.aareplast.ch/riesel)

## Der richtige Kunststoff

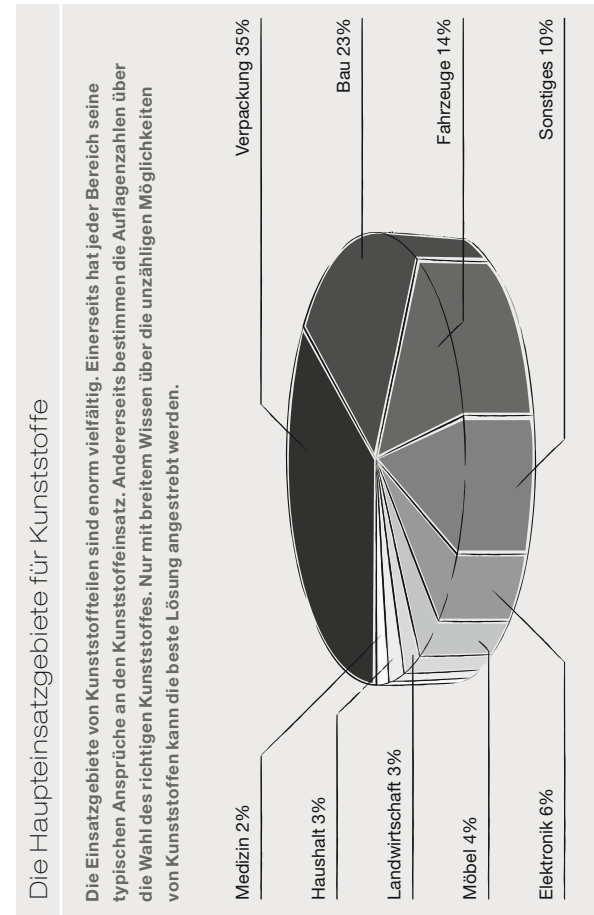
Die Materialwahl steht im Zentrum jedes Projektes und ist entscheidend für dessen Erfolg. Ziel ist es, das optimale Material zu finden, das allen Funktionsanforderungen gerecht wird und einen möglichst tiefen Anschaffungspreis aufweist. Die Wahl des Werkstoffes wiederum bestimmt die Art des Verarbeitungsprozesses und dessen Kosten.

### Thermoplast oder Duroplast?

Der Thermoplast hat den einst verbreiteten Duroplast aus Kostengründen zunehmend ersetzt. Duroplast-Rohmaterialien sind zwar günstiger als Thermoplaste, die Prozesskosten in der Teileproduktion sind bei Duroplasten jedoch um einiges höher, da der personelle Aufwand viel höher ist. Duroplaste haben aber heute noch einzigartige physikalische Materialeigenschaften gegenüber von Thermoplasten und kommen für spezifische Einsatzbereiche noch oft zum Einsatz.

### Sicher sein, was wirklich drinsteckt – COC-Zertifikate

Aus Profitgründen sind einige Verarbeiter versucht, günstigere Rohmaterialien oder Mahlgut anstelle von hochwertigen Kunststoffen einzusetzen. COC-Zertifikate (Certificate of Conformity) schützen vor dem Einsatz von minderwertigem Rohmaterial, denn darauf deklariert der Verarbeiter bei jeder Lieferung die Herkunft und die Herstellcharge des Rohmaterials pro Gebinde.





## Thermoplast – der vielseitige Kunststoff

Ein Grossteil der Kunststoffprodukte wird heute aus Thermoplasten hergestellt, da diese optimal an die Erfordernisse des Endproduktes angepasst werden können. Ein weiterer grosser Vorteil liegt in der hohen Effizienz der Produktionstechnik, wodurch eine hohe Automatisierung und schnelle Zykluszeiten erreicht werden. Zusätzlich fallen in den meisten Fällen keine kostentreibenden Nachbearbeitungsschritte an.

Bei den Thermoplasten unterscheidet man zwischen amorpher und teilkristalliner Anordnung. Die Verarbeitung von Thermoplasten ist ein physikalischer Prozess (Duroplast = chemischer Prozess). Deshalb können verarbeitete Thermoplaste jederzeit wieder plastifiziert und weiterverwendet werden.

### Die Vorteile von Thermoplasten

- vielseitige Materialeigenschaften
- rezyklierbar
- tiefe Prozesskosten für Teileproduktion
- effiziente Fertigung mit hohem Ausstoss
- optimal kombinierbar mit Metallkomponenten
- nahrungsmitteltauglich
- hohe Verfügbarkeit

Die zwei Hauptgruppen der Thermoplaste	
Amorphe Thermoplaste	Teilkristalline Thermoplaste
Molekulare Struktur 	Teilweise geordnete Struktur (parallele Molekularfäden) 
Produktkürzel Polycarbonat (PC) Polymethylmethacrylat (PMMA) Polystyrol (PS) Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) Styrolacrylnitril (SAN)	Polyethylen (PE) Polypropylen (PP) Polyamid (PA) Polyoxymethylen (POM) Polybutylenterephthalat (PBT)
Eigenschaften Transparent Einfärbbar Überwiegend spröde Reduzierter Formteilverzug Bedingte Gleiteigenschaften	Milchig oder opak (ausgenommen PA 12) Einfärbbar Schlagzäh Neigung zu Formteilverzug Gute Gleiteigenschaften
Weitere Informationen unter <a href="http://www.aareplast.ch/thermoplast">www.aareplast.ch/thermoplast</a>	

### Additive optimieren den Kunststoff

Selten erfüllen reine Polymere die benötigten Anforderungen an das Formteil. Durch die Beimischung von ausgewählten Additiven werden die Eigenschaften der Polymere modifiziert, damit sie ein breiteres Anforderungsspektrum abdecken.

Polymere + Additive = Kunststoff

### Die Beimischung von Additiven bringt weitere Vorteile

- Verstärkungen (Glasfasern)
- Erhöhung der Schlagzähigkeit bei Kälte (Weichmacher)
- UV-Schutz (UV-Stabilisatoren)
- freie Farbwahl (Farbpigmente)
- optimale Brandeigenschaften zur Einhaltung der UL-Norm (Flammschutzmittel)
- Füllstoffe zur Preisreduktion (Holzmehl oder Kreide)
- Steigerung der Oberflächengüte (Treibmittel)
- Abrieb- und Gleiteigenschaften (Gleitmittel)
- Abdichtungsmöglichkeiten (Weichmacher)

### Thermoplast-Referenzbeispiele



#### Strassenkappe

Witterungsbeständig, hält höchsten Belastungen stand und oxidiert nicht. Auch nach mehreren Jahren ist die Strassenkappe aus Kunststoff lösbar, ein Riesenvorteil gegenüber Kappen aus Gussstahl.



#### Lastschlaufenbox für die Liftmontage

Dieses sicherheitsrelevante Bauteil wird an der Decke des Liftschachtes im Beton vergossen und dient zur Montage des Lifts. Es muss grossen Belastungen standhalten und spart Kosten bei der Montage.



#### U-Clip zur Befestigung von Bodenheizungsrohren

Die Schnapperverbindung ist optimal für eine äusserst effiziente Befestigung von Heizungsrohren. Das 16-fach-Werkzeug läuft autonom und garantiert eine hohe Effizienz bei geringen Kosten.



#### Wellen aus Polyamid für Lüftungsklappen

Sie haben beste Gleiteigenschaften und sind günstiger als die Wellen aus Aluminium. Sie vermeiden eine Kältebrücke im Lüftungssystem, denn Kunststoffe leiten Wärme bis 1000-mal weniger als Aluminium.



#### Winkelprofile für den Fensterbau

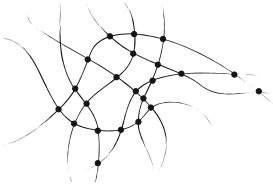
Sie müssen hohen mechanischen Belastungen standhalten und sorgen für beste Wärmedämmwerte. Gleichzeitig werden bei der Produktion Kosten eingespart.



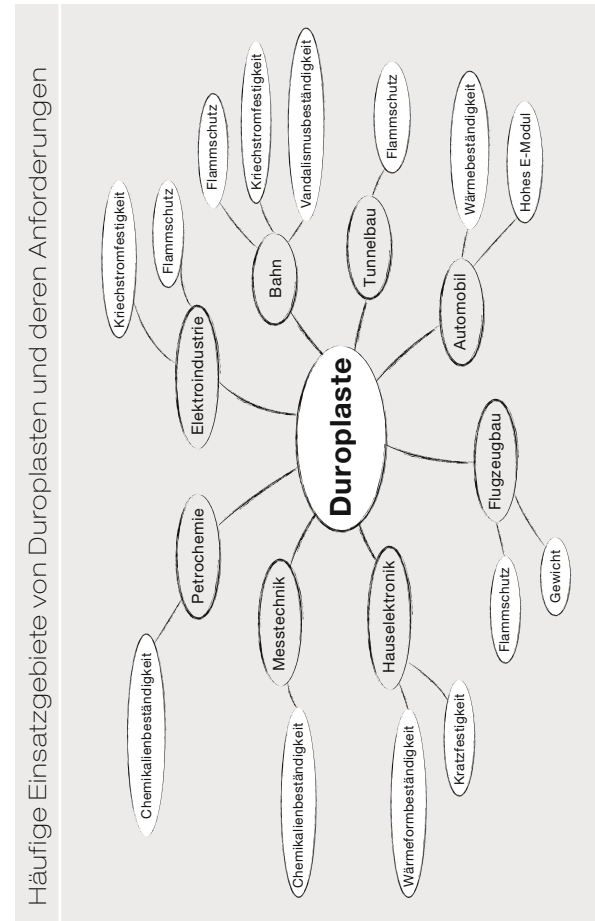
## Duroplast – der robuste und widerstandsfähige Kunststoff



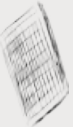



Duroplaste werden da eingesetzt, wo Thermoplaste an ihre physikalischen und thermischen Grenzen gelangen. Duroplaste gehören zu den vernetzten Kunststoffen. Bei Druck und hohen Temperaturen im Werkzeug vernetzen sich die Kunststoffe in einer chemischen Reaktion zu einem engmaschigen Gitter (vgl. Grafik unten). Ist der Duroplast-Kunststoff einmal ausgehärtet, kann er nicht mehr umgeformt werden.

Die Vernetzung des Werkstoffes ermöglicht den Einsatz bei höchsten Anforderungen an Wärmeformbeständigkeit, Chemikalienbeständigkeit, Kratzfestigkeit und elektrische Isoliereigenschaften. Die Anforderungen an Brandschutzklassen werden auch ohne halogenhaltige Flammschutzmittel erfüllt. Oftmals können Bauteile auch bei kombinierten Anforderungen standhalten.



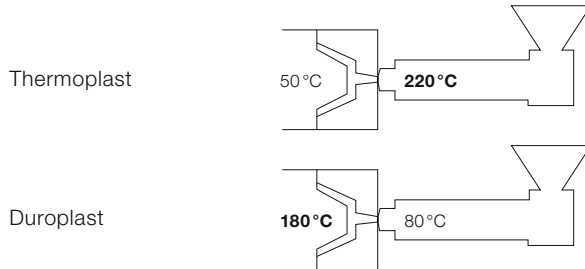
Molekulare Struktur von Duroplasten mit typischer engmaschiger Vernetzung



Die drei Hauptgruppen der Duroplaste			
	<b>Rieselfähige Duroplaste</b>	<b>BMC-Duroplaste</b> Bulk Moulding Compound	<b>SMC-Duroplaste</b> Sheet Moulding Compound
Produkteformen als Rohmaterial für die Produktion			
	Granulat oder Pulver	Formmasse mit Glasfasern (3 bis 40 mm Länge)	Matten mit Langglasfasern (25 bis über 50 mm Länge)
Produkttypen	Phenolharz (PH) Melaminharz (MF) Epoxidharz (EP) Diallylphthalat (DAP) Ungesättigtes Polyester (UP)	Polyesterharz Vinylharz	Polyesterharz Vinylharz
Verarbeitungsverfahren	Pressen Spritzprägen Spritzgiessen	Pressen Spritzprägen Spritzgiessen (mit speziellem Stopfer)	Pressen
Spezifische Materialvorteile	Hohe Effizienz, leicht automatisierbar	Günstiges Rohmaterial Hohe Steifigkeiten	Sehr robust Höchste Steifigkeit und Festigkeit
Einsatzbereiche	Für filigrane Kleinteile	Für grosse und belastbare Bauteile	Für Gehäuse Als Blechersatz Bauteile für höchste Belastung
E-Modul	7 000 – 16 000 MPa	12 000 MPa	14 000 MPa
Biegefestigkeit	70 – 180 MPa	75 MPa	200 MPa
Zugfestigkeit	70 MPa	80 MPa	90 MPa
Dichte	1,42 – 2 g/cm <sup>3</sup>	1,90 g/cm <sup>3</sup>	1,85 g/cm <sup>3</sup>
Weitere Informationen	 <a href="http://www.aareplast.ch/riesel">www.aareplast.ch/riesel</a>	 <a href="http://www.aareplast.ch/bmc">www.aareplast.ch/bmc</a>	 <a href="http://www.aareplast.ch/smc">www.aareplast.ch/smc</a>

### Unterschiede bei den Verarbeitungstemperaturen

Für die Verarbeitung von Thermoplast- und Duroplast-Bauteilen werden unterschiedliche Plastifiziereinheiten und Werkzeuge benötigt:



### Die Vorteile von Duroplasten

- hohe Festigkeit
- hohe Wärmeformbeständigkeit
- hervorragendes Brandverhalten (UL 94)
- hohe Chemikalienbeständigkeit
- hohe elektrische Isoliereigenschaften (kriechstromfest)
- hohe Oberflächenhärte (kratzfest)
- witterungsbeständig
- lackierbar
- nahezu verzugsfrei (auch bei thermischer Belastung)

### Duroplast-Referenzbeispiele



#### Last-Trenn-Schalter für die Bahntechnik

Das sicherheitsrelevante Bauteil fordert beste elektrische Eigenschaften (Isolation) und Festigkeit (auch bei Wärme) sowie optimale Brandeigenschaften: Im Brandfall entwickeln sich keine giftigen Gase.



#### Hausanschlusskasten aus SMC-Duroplast

Er wird in eine Wand einbetoniert (Unterputz) und muss deshalb hohen mechanischen Belastungen standhalten. Die elektrischen Eigenschaften sind hier ebenso wichtig wie das Brandverhalten.



#### Druckknöpfe für die Liftkabine

Sind beständig gegen Vandalismus, Chemikalien und gegen aggressive Reinigungsmittel. Aufgrund der Kratzfestigkeit zeigen die Taster kaum Abnutzung und haben eine sehr lange Lebensdauer.



#### Sicherungshalter für den Elektrobereich

Sie erfüllen hohe Anforderungen an die thermische Belastbarkeit und an elektrische Eigenschaften (Kriechstromfestigkeit).



#### Verbindungsplatte aus Phenolharz

Sie muss massgenau und verzugsfrei sein sowie eine hohe Festigkeit und Steifigkeit aufweisen.

## Das richtige Produktionsverfahren

### Das Spritzgiessverfahren

Das Spritzgiessverfahren ist das häufigste Herstellungsverfahren. Als Rohmaterial wird meist Thermoplast eingesetzt. Rieselfähige und BMC-Duroplaste können – teils mit spezialisierten Stopfvorrichtungen – ebenfalls eingesetzt werden. Beim Einsatz von Spritzgiessmaschinen sind die Schliesskraft und der Maschinentyp entscheidend für die optimale Effizienz der Produktion. Dank dem Einsatz von Robotern und Fördertechnik läuft die gesamte Produktion häufig vollautomatisch.

### Vorteile des Spritzgiessverfahrens

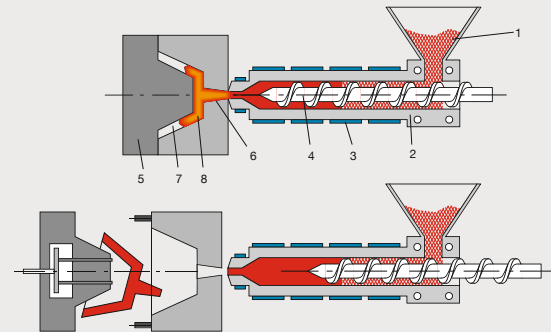
- hoher Automatisierungsgrad möglich
- hohe Reproduzierbarkeit
- hohe Effizienz
- keine Nachbearbeitungen (bei Thermoplast-Verarbeitung)



Dieses Beispiel einer 3.500 kN-Spritzgiessmaschine zeigt eine spezielle Polyester-Stopfvorrichtung zur Verarbeitung von BMC-Duroplasten mit 6-Achs-Roboter für die automatisierte Nachbearbeitung.

### Das Spritzgiessverfahren

- |                         |                     |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Granulatrichter      | 5. Werkzeug         |
| 2. Plastifizierzylinder | 6. Angusskanal      |
| 3. Heizbänder           | 7. Werkzeugkavität  |
| 4. Plastifizierschnecke | 8. Plastische Seele |



Das Rohmaterial (meist Granulat) wird über den Trichter (1) in die beheizte Plastifiziereinheit eingegeben. Die rotierende Schnecke (4) fördert und verdichtet das Granulat (aufdosieren). Es entsteht zusätzlich Scherwärme, bis das Granulat im vorderen Teil zu schmelzen beginnt. Beim Einspritzen bewegt sich die Schnecke in einer axialen Bewegung zum Werkzeug (5). Es entsteht ein Einspritzdruck von 500 bis 2000 bar. Wenn die Formkavität (7) vollständig gefüllt ist, wird auf Nachdruck umgeschaltet. Durch die plastische Seele (8) fliesst weiterhin Material, bis das Bauteil vollständig versiegelt ist. Das Bauteil wird im Werkzeug weiter gekühlt, während in der Plastifiziereinheit bereits wieder Material aufdosiert wird. Nach ausreichender Kühlung des Bauteils öffnet sich das Werkzeug (5), und das Bauteil wird mit den Auswerfern von der Werkzeugkavität gelöst.

## Das Pressverfahren

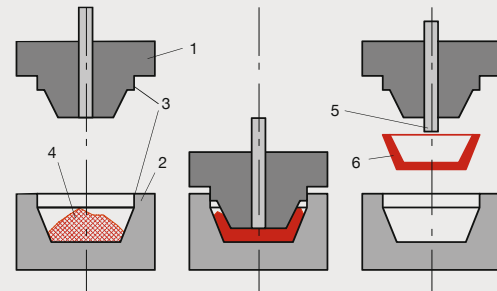
Das Pressverfahren wird vorwiegend für Duroplaste verwendet. Duroplast-Ausgangsmaterialien können in Form von Granulaten, Pulver, Tabletten, SMC-Matten oder BMC-Formmassen eingesetzt werden. Bei Druck und Temperaturen von 130 bis 180°C reagieren die Duroplaste in einem chemischen Prozess und erzeugen die hohen materialtypischen Widerstandskräfte. Die Produktions-Zykluszeit hängt stark vom Handling (Einlegen, Gewinde eindrehen etc.) und von der Härtezeit ab. Je grösser die Wandstärken, desto länger wird die Härtezeit für den chemischen Prozess. Das Pressverfahren zieht eine Nachbearbeitung der Formteile mit sich. Das Rohmaterial wird in den meisten Fällen von Hand in das Werkzeug eingelegt. Die Bauteile werden von Hand, per Roboter oder mit einer Strahlanlage entgratet.

### Vorteile des Pressverfahrens

- höhere Festigkeiten als beim Spritzgiessen
- höhere Oberflächenqualität
- nahezu kein Verzug
- einfacher Material- und Farbwechsel
- einfache Handhabung bei Metalleinlegeteilen

## Das Pressverfahren

- |                         |              |
|-------------------------|--------------|
| 1. Werkzeugstempel      | 4. Formmasse |
| 2. Werkzeugmatrize      | 5. Auswerfer |
| 3. Werkzeug-Tauchkanten | 6. Formteil  |



Das Duroplast-Rohmaterial wird meist durch eine Person von Hand in die beheizte Werkzeugmatrize (2) eingelegt. Danach bewegt sich der Werkzeugstempel (1) in einer axialen Bewegung zur Werkzeugmatrize (2). Unter dem hohen Druck und der Hitze reagiert der Duroplast in einem chemischen Prozess und härtet aus. Während dieses Prozesses bereitet der Bedienende die nächste Portion Duroplast-Rohmaterial vor oder entgratet die vorher produzierten Bauteile. Nach abgeschlossener Aushärtung wird die Presse geöffnet. Das Bauteil wird mit dem Auswerfer (5) vom Werkzeugstempel (1) gelöst. Der Bedienende nimmt das Formteil (6) aus dem Werkzeug und beginnt erneut mit der Formteilerstellung.

## Das Spritzprägeverfahren

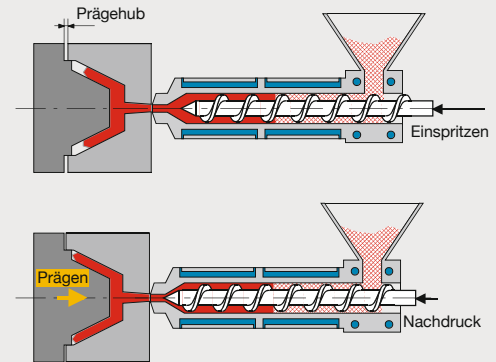
Das Spritzprägeverfahren ist eine Kombination von Spritzgiess- und Pressverfahren. Es vereinigt die Vorteile beider Verfahren. Wie beim Spritzgiessen ist ein hoher Automatisierungsgrad und eine hohe Effizienz möglich. Gleichzeitig werden die mechanischen Eigenschaften des Formteils verbessert, da der Fliessvorgang und die Orientierung der Glasfasern beim Spritzprägeverfahren optimal sind. Durch die gleichmässige Verdichtung wird die Festigkeit erhöht sowie Schwindung und Verzug werden reduziert. Bindenähte können verhindert oder besser kontrolliert werden und die Entlüftung ist optimal.

### Vorteile des Spritzprägeverfahrens

- höhere Festigkeiten als beim Spritzgiessen
- reduzierte Schwindung
- reduzierte Bildung von Bindenähten
- optimale Entlüftung beim Spritzvorgang

## Das Spritzprägeverfahren

Maschinenkomponenten sind auf Seite 25 beschrieben



Vor dem Einspritzvorgang ist das Werkzeug nicht ganz geschlossen. Der Prägehub (bzw. Prägespalt) beträgt je nach Bauteil 1 bis 10 mm. Während des Einspritzvorgangs schliesst sich das Werkzeug und prägt das Bauteil. Bei Aussparungen werden oft auch separate Prägestempel eingesetzt. Der Stempel wird hier mit einem hydraulischen Zylinder im Werkzeug (Kernzug) über die Maschinensteuerung angesteuert. Der Nachdruck dient lediglich dazu, den Rückfluss in die Maschinendüse zu vermeiden.

## Das richtige Werkzeug

Das Werkzeug ist das Herz jeder Kunststoff-Produktionsanlage, hat den grössten Einfluss auf die Qualität sowie den Preis eines Formteils und entscheidet darum über Erfolg oder Misserfolg jedes Projektes. Die Qualität des Werkzeuges enthält das grösste Konfliktpotenzial zwischen Kunden und Produzenten.

### Werkzeugtourismus

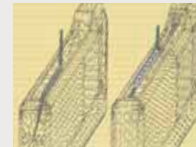
Je hochwertiger das Werkzeug gebaut ist, desto effizienter ist die Produktion der Formteile und umso günstiger ist der Stückpreis der Teile. Hier gilt es, das optimale Verhältnis zu finden zwischen Werkzeugkosten (einmalig) und den folgenden Formteil-Produktionskosten (wiederkehrend). Spart der Produzent beim Bau des Werkzeuges, dauert anschliessend jeder Produktionszyklus länger als vereinbart. Dies verursacht Mehrkosten bei jeder Herstellung von Formteilen, die der Produzent oft dem Kunden verrechnet. Der Kunde kann so seine kalkulierten Preise nicht erreichen. Bei einer Eskalation transferiert der Kunde meist das billige Werkzeug zu einem anderen Produzenten, welcher damit jedoch zu den gewünschten Preisvorgaben des Kunden auch nicht kostendeckend produzieren kann. Im Extremfall kann es vorkommen, dass ein komplett neues Werkzeug gebaut werden muss.

### Kunststoffgerechtes Gestalten



#### Achtung, Rissbildung

Lösung: Kerben vermeiden, Radien gegen Risseinleitung



#### Achtung, Bindenähte und Orientierung

– schwächen das Bauteil  
Lösung: Anguss am richtigen Ort



#### Achtung, Kunststoffgewinde

– sind problematisch bei zu kleinem Durchmesser  
– sind nicht geeignet für mehrfache Demontage  
Lösung: Metalleinsätze



#### Achtung, Massenanhäufung

– verlängern die Zykluszeit  
– bilden Einfallstellen  
– geben Verzug  
Lösung: möglichst gleiche Wandstärken, Massenanhäufung auflösen mit Rippenkonstruktionen

Die folgenden Kapitel sollen helfen, Konflikte um die Werkzeuge und Teilpreise zu vermeiden.

### Verlockend tiefe Angebote

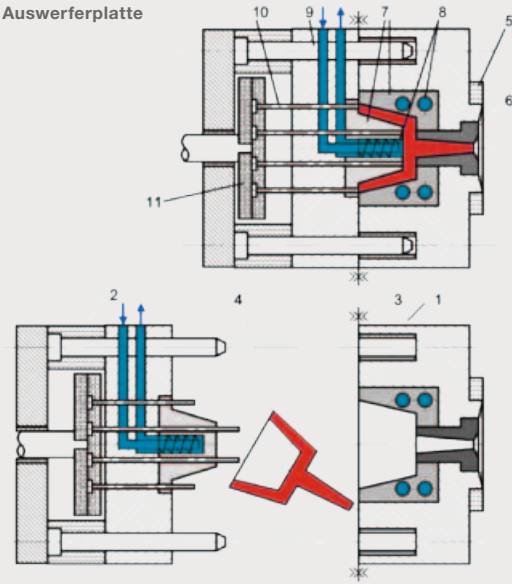
Die meisten Werkzeuge werden in Zentral- und Südeuropa sowie in Asien hergestellt. Misstrauen sollte aufkommen, wenn die Preise massiv von den lokalen Angeboten abweichen. Maschinen, Stähle und Normalien (standardisierte Werkzeugbauteile) kosten überall auf der Welt etwa gleich viel. Anbieter aus Schwellenländern können bei Projekten mit einem hohen Arbeitsstundenanteil einzig aufgrund der tiefen Lohnkosten günstiger offerieren. Oft werden zur Angebotsoptimierung verdeckt Abstriche im Angebotsumfang gemacht, wie z. B. bei der Werkzeugkühlung (bewirkt eine verlängerte Zykluszeit), bei der Qualität der Stähle (fördert hohe Abnutzung) oder bei der Herstellungs-Präzision. Um einen echten Vergleich machen zu können, empfiehlt es sich, die genauen Werkzeugspezifikationen anzufordern.

### Das Eigentum von Werkzeugen

Die Eigentumsverhältnisse der Werkzeuge müssen immer vertraglich geregelt sein. In den meisten Fällen ist der Abnehmer der Kunststoffteile der Eigentümer. Dadurch hat er die grösste Sicherheit und Flexibilität. Er kann das Werkzeug jederzeit transferieren, wenn Preis, Qualität oder die Liefertreue nicht mehr den Erwartungen entsprechen. Unklare Besitzverhältnisse führen zu rechtlichen Problemen.

## Das Werkzeug

1. Feste Werkzeughälfte
2. Bewegliche Werkzeughälfte
3. Trennebene
4. Formteil mit Anguss
5. Zentrier링
6. Angussbuchse
7. Werkzeugeinsätze mit den Formkavitäten
8. Temperiermittelkanäle
9. Führungssäule für die Zentrierung der Werkzeughälften
10. Auswerferstift
11. Auswerferplatte





### **Sicherheit im Konkursfall**

Im Konkursfall müssen Kunden ihr Eigentum an einem Werkzeug beweisen können. Eine unterzeichnete Liste der Werkzeuge mit bestätigten Eigentumsverhältnissen schafft Klarheit und Sicherheit. Werkzeugeigentümer müssen sich versichern, dass die Werkzeuge klar gekennzeichnet sind, damit im Falle eines Konkurses der Konkursverwalter die Zuordnung machen kann. Anderenfalls geht das Werkzeug in die Konkursmasse, wird versteigert oder verschrottet.

### **Unterhalt und Lebensdauer**

Seriöse Produzenten halten die Werkzeuge ihrer Kunden auf Vordermann. Die Wartung ist ein wesentlicher Faktor für die Lebensdauer eines Werkzeuges und vermeidet böse Überraschungen und daraus entstehende aufwändige Komplettrevisionen. Werkzeugeigner, die ihre Werkzeuge nicht bei einem Vertrauenspartner gelagert haben, müssen sich vorsehen: Wenn die Geschäfte des Produzenten schlecht laufen oder die Preise unattraktiv sind, geht das oft auf die Kosten der Wartung.

### **Sicherheit über ausreichende Versicherung**

Werkzeuge haben einen hohen Anlagenwert. Bei einem Werkzeuglager von mehreren hundert Werkzeugen übersteigt die Summe schnell die Millionengrenze. Werkzeugeigner sollten sich vergewissern, dass der Verarbeiter im Schadenfall (Brand, Hochwasser etc.)

ausreichend versichert ist. Dies wird durch eine vom Produzenten unterzeichnete Werkzeugliste mit dem geschätzten Wert (Nachweis von der Versicherungsgesellschaft) sichergestellt.

### **Die richtige Werkzeugkonstruktion**

Das Funktionsprinzip und das Konstruktionsdesign sind matchentscheidend für eine prozesssichere Produktion, für die Qualität, für den Preis pro Teil und für die Lebensdauer des Werkzeuges.

### **Die optimale Anzahl Kavitäten**

Die Anzahl Kavitäten bestimmt die Anzahl Teile, die pro Zyklus produziert werden. Je mehr Teile während einer Maschinenstunde produziert werden, umso günstiger wird das einzelne Bauteil. Je mehr Kavitäten ein Werkzeug aufweist, umso aufwändiger ist das Werkzeug und die Prozessführung. Es muss eine Balance gefunden werden zwischen Werkzeugpreis, dem technischen Risiko und den Kosten pro Teil.

Die Gründe für die niedrige Anzahl an Formkavitäten sind:

- geringe Stückzahlen
- minimale Investition
- geringer Konstruktionsaufwand
- geringes technisches Risiko
- Versuchswerkzeuge für Massenprodukte

### Die richtige Werkzeugkühlung

Die Werkzeugtemperierung ist ein wesentlicher Faktor zur prozesssicheren und kostengünstigen Produktion. Kann die Wärme nicht ausreichend zu- und abgeführt werden, dann ist das Werkzeug beim Anfahren des Prozesses zu kalt (schlechte Kristallisation = weniger Festigkeit) und nach längerer Betriebszeit zu warm (längere Kühlzeit = längere Zykluszeit).

### Die richtige Entlüftung

Beim Einspritzen der Kunststoffschmelze muss die Luft aus der Kavität entweichen können. Ist dies nicht der Fall, dann bilden sich Lunkern, oder es kommt an Stellen, wo die Luft komprimiert wird, zu Brandstellen (Dieseleffekt). Lösung: An den Formtrennebenen können Entlüftungsschlitze eingeplant werden, oder es wird durch die geschickte Positionierung der Auswerfer entlüftet.

### Sicherheit über die Stahl-Qualität

Die wichtigsten Anforderungen an den Werkstoff bei Spritzgiesswerkzeugen sind die Oberflächenhärte, die Verschleissbeständigkeit und die Möglichkeit, Oberflächen zu beschichten. Es entstehen grosse Unterschiede, ob der Werkzeugmacher bei der mechanischen Bearbeitung an weichem oder durchgehärtetem Werkzeugstahl arbeitet. Ist die Oberflächenhärte zu weich, ist der Verschleiss des Werkzeuges (vor allem bei glasfaserverstärkten Werkstoffen) sehr hoch.

### Der Preisfaktor Oberflächen

Die Oberfläche des gespritzten Kunststoffteils hängt von der Oberflächengüte und Struktur der Kavität ab. Hier die wichtigsten drei Oberflächenkategorien in der Übersicht:

Strichpoliert	Erodiert	Hochglanzpoliert
Leicht glänzend (kleine Bearbeitungsspuren sichtbar)	Matte Struktur mit verschiedenen Rauheitsgraden (Charmilles 0–45)	Spiegelglanz (ideal für transparente Teile)
Gefräst–Poliert	Erodiert	Gefräst–Geschliffen–Poliert–Erodiert–Poliert
Günstig	Mittelpreisig	Teuer

### Werkzeuge für Duroplaste

Duroplast-Werkzeuge haben keine Kühlung. Die Werkzeuge werden elektrisch beheizt. Bei der chemischen Reaktion fliesst die Formmasse bei der beheizten Werkzeugwand am besten. Es läuft in jede Ritze und in jede Entlüftung, weshalb eine Gratbildung nicht zu vermeiden ist. Bei Duroplast-Werkzeugen ist der Verschleiss wegen der abrasiv wirkenden Füllstoffe oft höher als bei Thermoplasten. Deshalb werden die Formkavitäten nach dem Glanzpolieren oft noch hartverchromt.

ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol > Seite 13
Additive	Zusatzstoffe, um Polymere zu modifizieren, damit sie bei einem breiteren Anforderungsspektrum eingesetzt werden können. Polymere + Additive = Kunststoff > Seite 14
Amorphe Thermoplaste	Keine geordnete Struktur der Molekülfäden > Seite 13
Aufdosieren	Material mit Schnecke fördern, mischen und verdichten > Seite 23
BMC-Formmassen	Bulk Moulding Compound: Formmassen auf Polyester und Vinylesterbasis verstärkt mit Langglasfasern > Seite 18, 22, 24
COC-Zertifikat	Certificate of Conformity: Der Verarbeiter garantiert bei jeder Lieferung in schriftlicher Form die Herkunft und die Herstellcharge des Rohmaterials > Seite 10
DAP	Diallylphthalat > Seite 18
EP	Epoxidharz > Seite 18
Füllstoffe	Strecken den Kunststoff und machen ihn günstiger > Seite 14, 26, 35
Glasfaser	Verstärkendes Additiv. Faserlänge, Matrixmaterial und Orientierung sind massgebend für die Verstärkungseigenschaften > Seite 8, 14, 18, 34

Härtezeit	Zeit, bis das Bauteil ausgehärtet ist nach der chemischen Vernetzung > Seite 24
Integrale Bauweise	Verschiedene Funktionen werden in einem Bauteil integriert. Zum Beispiel ersetzen Schnappverbindungen die Funktion von Schrauben > Seite 8
MF	Melaminharz > Seite 18
Nachdruck	> Seite 24, 27
PC	Polycarbonat > Seite 13
PE	Polyethylen > Seite 13
PF	Phenolharz > Seite 18
Plastifizierschnecke	> Seite 23
Plastifizierzylinder	> Seite 23
PMMA	Polymethylmethacrylat (Plexiglas) > Seite 13
POM	Polyoxymethylen > Seite 13
PP	Polypropylen > Seite 13
Pressen	Verarbeitungsverfahren > Seite 18
PS	Polystyrol > Seite 13
Rieselfähige Duroplaste	Granulat oder pulverförmige Duroplast-Rohstoffe > Seite 18, 22
Scherwärme	Material wird auf Scherung beansprucht und erwärmt sich > Seite 23, 27

SMC-Matten	(Sheet Moulding Compound), Matten auf Polyester- und Vinylesterbasis verstärkt mit angeordneten Langglasfasern > Seite 18, 14
Spritzdruck	> Seite 23, 25, 27
Spritzgiessen	Verarbeitungsverfahren > Seite 18, 26
Spritzprägen	Verarbeitungsverfahren > Seite 18
Steifigkeit	Widerstand gegen Verformung > Seite 8, 19
Stopfvorrichtung	Wird für die automatische Verarbeitung von BMC benötigt > Seite 22
Teilkristalline Thermoplaste	Parallel angeordnete Molekülfäden > Seite 12
Transparente und opake Kunststoffe	> Seite 8, 13
UP	Ungesättigtes Polyester > Seite 18
Weichmacher	Erhöhen die Schlagzähigkeit bei Kälte > Seite 14
Werkzeugkostenanteile	> Seite 28
Werkzeugmatrize	> Seite 25
Werkzeugstempel	> Seite 25

Den folgenden Stellen und Personen danken wir für die fachliche Prüfung dieses Buches und die partnerschaftlichen Beziehungen:

Prof. Dr. Erich Kramer, Leiter MAS-Studium Kunststofftechnik  
Walter Keller, Lehrbeauftragter

Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Technik  
Institut für Kunststofftechnik  
Klosterzelgstrasse 2  
CH-5210 Windisch  
Telefon +41 56 462 44 11  
[www.fhnw.ch/technik/ikt](http://www.fhnw.ch/technik/ikt)

Herausgeber: Aareplast AG, CH-4613 Rickenbach

Autor: Martin Wipf

Konzept und Gestaltung: S&W Werbeagentur AG, Baden

© Aareplast AG, CH-4613 Rickenbach, 2014

Dieses Buch wurde in der Schweiz produziert.

## **Ein Unternehmen denkt weiter.**

Seit 10 Jahren sind hoch qualitative Produkte in Duroplast und Thermoplast das Kerngeschäft der Aareplast AG. Die grosse Erfahrung bei der Entwicklung, der Produktion und der Logistik von Kleinst- bis Grossserien aus einer Hand bringt den Kunden einen hohen Nutzen. Ganz besonderen Mehrwert bietet das eigene Engineering mit dem hohen spezifischen Wissen in der Metallsubstitution.

**aarePlast**

Think in Duro- and Thermoplast.

### **Aareplast AG**

Industriestrasse West 19

CH-4613 Rickenbach

Telefon + 41 62 206 21 00

Telefax + 41 62 206 21 01

[info@aareplast.com](mailto:info@aareplast.com)

[www.aareplast.com](http://www.aareplast.com)