

# MANUF AKTUR

HERSTELLUNGSPROZESSE  
FÜR DESIGNER

TANJA UNGER

MASTER OF INTERIOR ARCHITECTURE  
BETREUER: PROF. KLAUS MICHEL

Eine Übersetzung und Zusammenfassung des Buches:  
"Manufacturing Processes for Design Professionals"

## ALLGEMEINES / RECHTLICHES

Dieses Buch ist eine Übersetzung und zeitgleich eine Zusammenfassung des Buches:

"Manufacturing Processes for Design Professionals"  
Verlag: Thames & Hudson

Dh. in folgendem Werk tauchen sowohl die Struktur als auch Bildmaterial aus oben genannten Buch auf.

Ziel des Werkes war kein komplett neues Werk, sondern eine sinnvolle, übersichtliche und schnell verständliche deutsche Version der allgemein bekannten Herstellungsprozesse zu schaffen.

Folgedessen sind auch die Texte eine gemischte Zusammenfassung des Buches, Texten aus Wikipedia und anderen Quellen.

Zur besseren Benutzung in Verbindung mit dem bedeutend ausführlicheren Original befindet sich am Ende des Buches ein Fremdwortverzeichnis, dh. eine Übersetzung der Herstellungsprozesse von deutsch auf englisch.

# INHALT

ALLGEMEINES / RECHTLICHES	3	Kümpeln in einen Sack Meiseln mit Vorrichtung Umformung mit Radwerkzeug Ausbeulen mit Form		Elektroformen	122	Bugholz Kreisbiegen Offenes Biegen	168
INHALTSVERZEICHNIS	4			Schleudergießen	124		
<b>FORMEN</b>	<b>10</b>			Metallbiegen Gesenkbiegen Schwenkbiegen	126	Papierfasergießen	172
<u>KUNSTSTOFFE &amp; GUMMI</u>	12	Metalldrücken	64			<u>VERBUNDWERKSTOFFE</u>	174
Blasformen	12	Metallstanzen/ Prägen Metallstanzen Sekundäres Stanzen	68	<u>GLAS &amp; KERAMIK</u>	132	Laminieren Nasslaminierverfahren Pregpreg-Technologie Harzinjektionsverfahren	174
Extrusionsblasformen (EBM)				Glasblasen	132		
Spritzblasformen (IBM)				Manuelles Glasblasen			
Spritz-Streckblasformen (ISBM)				Mechanisiertes Blas-Blas-Verfahren			
Thermoverformung	20	Stempelziehen	74	Mechanisiertes Press-Blas-Verfahren		DMC und SMC Formen	182
Vakuumtiefziehen		Superforming	78			Präzisionswickeln	184
Luft-Druckumformen		Formen in Aushöhlung		Kunstglasblasen	140	Thermisches 3D-Laminieren 3D-Laminieren 3D-Rotationslaminieren	186
Vakuuumformen mit Stempel		Blasen-Formen		Blasverfahren			
2 lagiges Druckumformen		Gegendruck-Formen		Lochbohren			
		Diaphragma-Formen		Biegen			
				Spindelformen			
Rotationsgießen	28	Rohrbiegen	84	Töpfen	146	<u>3D-DRUCK</u>	190
Vakuumgießen	32	Dornbiegen		Schlickergießen	148	Rapid Prototyping	190
		Ringwalzen				Fused Deposition Modeling (FDM)	
Formpressen	36	Rundkneten	90			Gipsdrucker	
Formpressen Gummi		Formrundkneten				Multi-Jet-Modeling (PJM)	
Formpressen Kunststoff		Hydraulisches Rundkneten				Selektives Lasersintern (SLS)	
						Direct Metal Laser Sintern (DMLS)	
Spritzgießen	42	Rollformen / Walzprofilieren	96			Stereolithographie (SLA)	
Spritzgießen (allgemein)						Laminated Object Modeling (LOM)	
Gasinnendruck-Spritzgießen		Schmieden	100			Papierlayer	
Mehrkomponenten-Spritzgießen		Gesensschmieden		<u>HOLZ</u>	156		
Folienhinterspritzen		Walzschmieden		CNC-Bearbeitung	156	<b>ZUSCHNEIDEN</b>	<b>208</b>
Reaktionstechnik (RIM)	52	Sandgießen	106	Achs-Fräsen		<u>CHEMISCH</u>	210
Tauchformen	56	Druckgießen	110	Drechseln		Photochemisches Ätzen	210
		(Hoch-)Druckgießen					
		Niederdruckgießen		Formverleimen	162		
<u>METALL</u>	58	Feingießen	116	Furnierverleimen			
Metallausbeulen / Kümpeln	58	MIM-Spritzgießen	120	Verkerben			
				Vollholzverleimen			



<u>THERMISCH</u>	212	Ultraschallschweißen	250	Galvanisieren	288
Laserschneiden	212	Widerstandsschweißen	252	Verzinken / Feuerverzinken	290
Funkenerodieren	214	Rollennahtschweißen		Vakuummetallicierung	292
Senkerodieren		Widerstandspunktschweißen			
Drahterodieren		Buckelschweißen			
<u>MECHANISCH</u>	220	Lötverfahren	258	<u>SUBTRAKTIVE PROZESSE</u>	294
Lochen und Stanzen	220	Weichlöten		Schleifen, Polieren	294
Formstanzen	222	Hartlöten		Schleifrad	
Wasserstrahlschneiden	224	Heizofenmethode		Schleifband	
Glasschneiden	226	Nieten	264	Honen	
		Heißluftnieten		Läppen	
		Ultraschallnieten		Elektropolieren	300
		Heizelementschweißen	268	Strahlen	302
		<u>MECHANISCH</u>	270	Ätzen	304
<b>FÜGEN</b>	<b>228</b>	Holzverbindungen	270	CNC-Gravieren	306
<u>THERMISCH</u>	230	Weben	272	<u>DRUCKEN</u>	308
Lichtbogenschweißen	230	Polstern	274	Siebdrucken	308
Lichtbogenhandschweißen (MMA)		Holzfachwerk	276	Tampondruck	310
Schutzgasschweißen (MIG)		<b>OBERFLÄCHE</b>	<b>278</b>	Wassertransferdruck	312
Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)		<u>ADDITIVE PROZESSE</u>	280	Prägefoliendruck / Einprägen	314
Plasmaschweißen		Spritzlackieren	280		
Unterpulverschweißen		Pulverbeschichten	282	<u>FACHWORTVERZEICHNIS</u>	316
Strahlschweißen	238	Elektrospritzlackieren		<u>DEUTSCH - ENGLISCH</u>	
Laserstrahlschweißen		Wirbelsinterbeschichten			
Elektronenstrahlschweißen		Eloxieren	286		
Reibschweißen	242				
Rotationsreibschweißen (RFW)					
Lineares Reibschweißen (LFW)					
Orbitalreibschweißen (OFW)					
Rührreibschweißen					
Vibrationsschweißen	248				



# Blasformen

---

Das Blasformen ist ein Sammelbegriff für die Herstellung von Hohlkörpern aus thermoplastischen Kunststoffen, deren gemeinsames Merkmal das Aufblasen eines Vorformlings in einem formgebenden Blaswerkzeug ist. In Abhängigkeit von der Herstellung des Vorformlings werden das Extrusionsblasformen, das Spritzblasformen und das Tauchblasformen unterschieden.

---

## Kosten:

moderate Werkzeugkosten  
geringe Stückkosten

---

## Qualität:

hochwertige, einheitliche dünnwandige Teile  
hochwertige Endoberfläche möglich in glänzend, strukturiert oder matt

---

## Eignung:

Holz, Alu, Metall,  
bxfghc cf

---

## Typische Anwendung:

chemische Verpackungen  
medizinische Verpackungen

---

## Verwandte Prozesse:

Spritzgießen  
Rotationsgießen  
Thermoverformung

---

## Geschwindigkeit:

sehr schnelle Zykluszeit (normalerweise 1-2 min.)

---

Extrusionsblasformen (EBM)

---

Spritzblasformen (IBM)

---

Spritz-Streckblasformen (ISBM)

---

# Blasformen

## Extrusionsblasformen (EBM)

### Wie funktioniert's:

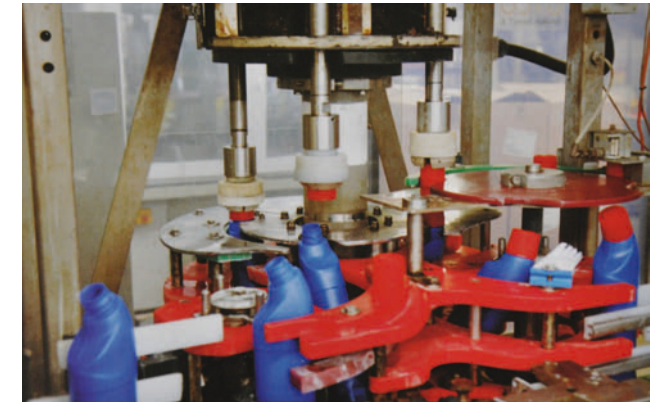
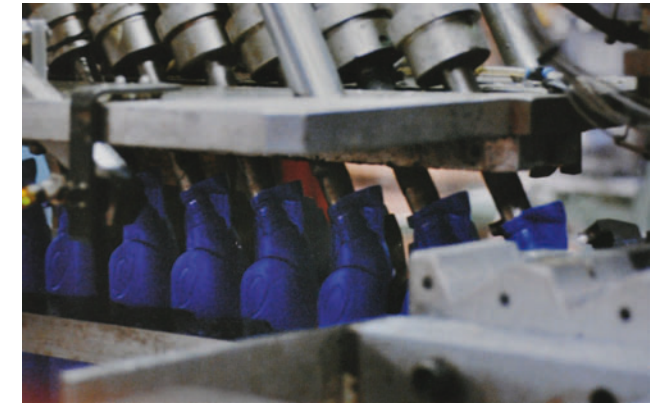
Das Extrusionsblasformen dient der Herstellung von Hohlkörpern aus thermoplastischen Kunststoffen.

Beim Extrusionsblasformen wird ein schlauchförmiger Vorformling durch Extrusion erzeugt, in eine Blasform übergeben und durch Innendruck den Innenkonturen der Form angepasst. Derartig hergestellte Hohlkörper fin-

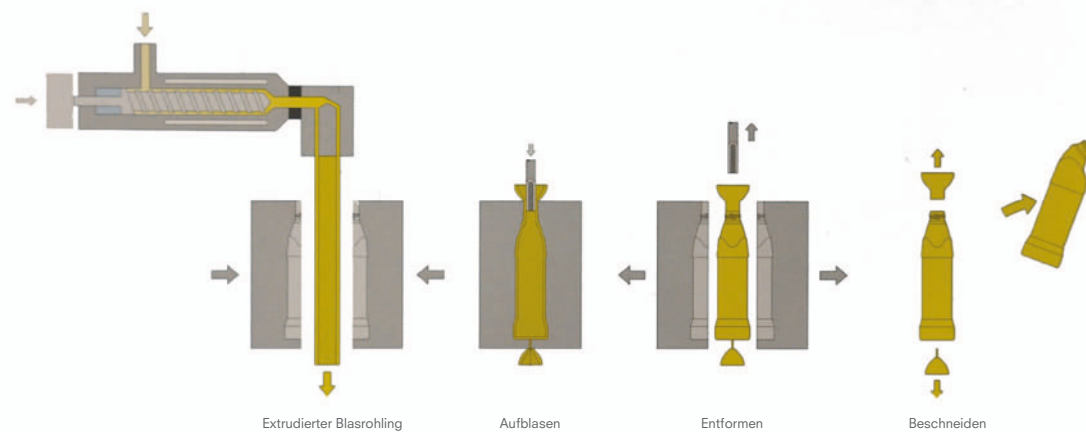
den sowohl im Verpackungsbereich als Kanister oder Fässer als auch für technische Teile wie Kraftfahrzeug-tanks, Lüftungskanäle oder gar Öltanks Verwendung. Für druckb- elastete Flaschen (beispielsweise für kohlenensäurehaltige Getränke) wird in der Regel das Spritzblasen angewen- det.

### Mögliche Materialien:

- Polypropylen (PP)
- Polyethylen (PE)
- Polyethylene terephthaate (PET)
- Polyvinyl chlorid (PVC)



Extrusionsblasformen



Beispiel:  
Eine Putzmittelflasche

Hersteller:  
Polimoon  
[www.polimoon.com](http://www.polimoon.com)

# Blasformen

## Spritzblasformen (IBM)

### Wie funktioniert's:

Beim Spritzblasen (Ein-Stufen-Verfahren) wird zunächst durch Spritzgießen eine zylindrische Preform (Vorformling) mit dem späteren Mündungs- und Dichtbereich aus einem Thermoplast hergestellt. Diese Preform wird in einer Konditionierstation thermisch auf das Blasprofil eingestellt und anschließend dem

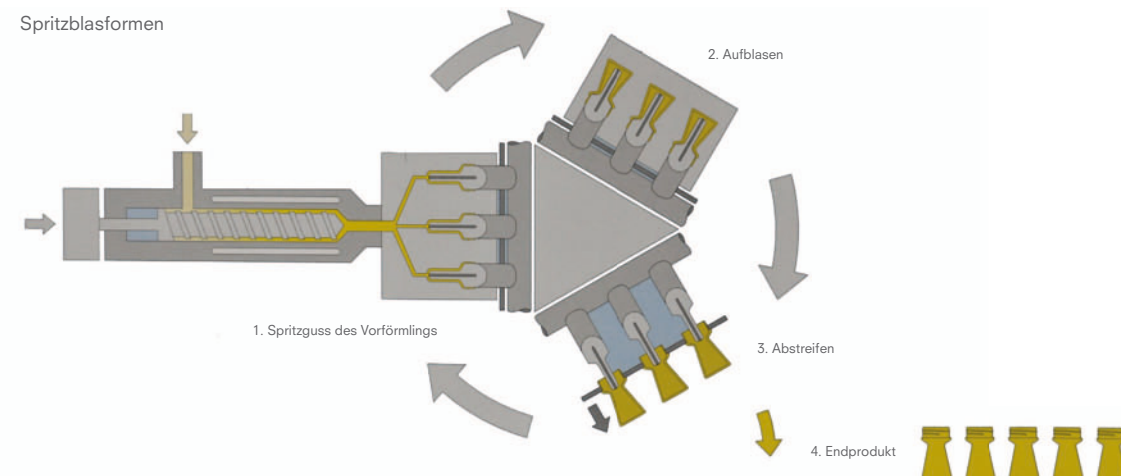
Blasvorgang zugeführt. Beim Blasvorgang wird erst die Preform in den zu expandierenden Bereichen oberhalb der Erweichungstemperatur gebracht und mittels Blasdom und Blaswerkzeug auf die endgültige Kontur aufgeblasen. Nach dem Abkühlen kann nun das fertige Formteil entformt werden.

### Mögliche Materialien:

- Polypropylen (PP)
- HDPE



Spritzblasformen



Beispiel:  
Ein Roldeobehälter

Hersteller:  
Polimoon  
[www.polimoon.com](http://www.polimoon.com)





# Blasformen

## Spritz-Streckblasformen (ISBM)

### Wie funktioniert's:

Das Streckblasen ist ein Verfahren zur Herstellung von Kunststoff-Hohlkörpern aus thermoplastischem Kunststoff. Dieses Verfahren wird zur Herstellung von PET-Flaschen eingesetzt. Das Verfahren grenzt sich ab vom Extrusionsblasformen, bei dem ein Hohlkörper aus einem nur in die Länge gezogenen thermoplastischen Schlauchs hergestellt wird. Im Streckblasprozess werden Hohlkörper

hergestellt, die in Umfang und Längsrichtung verstreckt sind. Diese Verfahrensweise basiert auf der biaxialen (in zwei Richtungen) Ausrichtung der Makromoleküle im Kunststoff. Das Kennzeichen der im Streckblasprozess hergestellten Hohlkörper ist ein am Behälterboden erkennbarer Angusspunkt im Gegensatz zu den bei extrudierten Behältern sichtbaren Quetschnähten.

### Mögliche Materialien:

- Polyethylen (PE)
- Polyethylene terephthaate (PET)
- Polyvinyl chlorid (PVC)

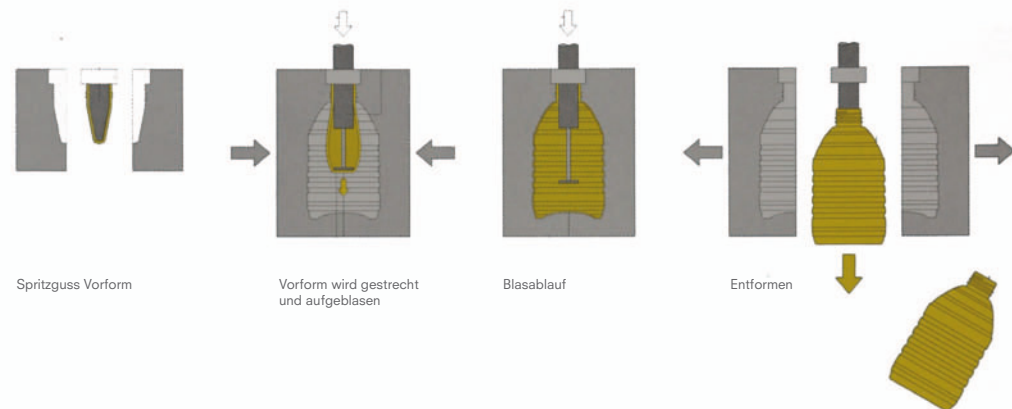


Beispiel:  
Eine PET-Flasche

Hersteller:  
Polimoon  
[www.polimoon.com](http://www.polimoon.com)



Spritz-Streckblasen



# Thermoverformung

---

Die Thermoverformung (thermo-  
plastische Umformung) umfasst die  
Umformung von thermoplastischem  
bahnenförmigem Material mittels  
Hitze und Druck.

Niedriger Druck ist hierbei kos-  
tengünstig und vielseitig, wo hinge-  
gen mit hohem Druck Endoberflächen  
und Details ähnlich zum Spritzgießen  
produziert werden können.

---

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
geringe bis moderate Stückkosten, ungefähr 3 mal die  
Materialkosten

---

## Qualität:

hängt vom Material, Druck und der Technik ab

---

## Eignung:

Bandablauf: geeignet für Massenproduktion  
Einlagige Produktion: Einzelstückproduktion

---

## Typische Anwendung:

Bad und Duschablagen  
Verpackung  
Transport- und Flugzeugausstattung

---

## Verwandte Prozesse:

Verbundschichtstoffe  
Spritzgießen  
Rotationsgießen und Blasformen

---

## Geschwindigkeit:

Bandablauf Zykluszeit: 10 Sekunden bis 1 Minute  
Einlagige Produktion: 1-8 Minuten

---

Vakuumentziehen

---

Luft-Druckumformen

---

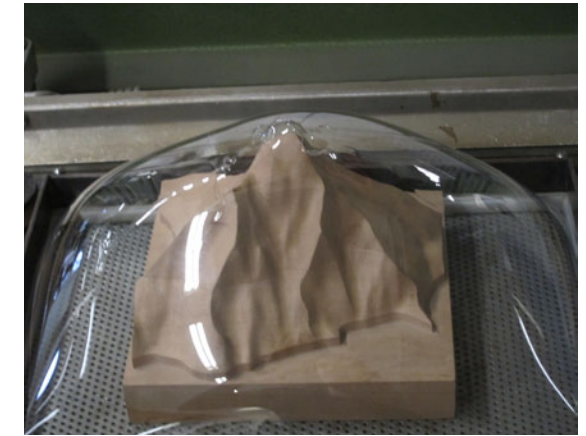
Vakuuumformen mit Stempel

---

2 lagiges Druckumformen

---

# Thermoverformung



## Vakuumentziehen

### Wie funktioniert's:

Ein Kunststoffbogen/ Material wird bis zu seinem Erweichungspunkt erhitzt. (Dieser ist für jedes Material unterschiedlich)

Das erweichte Material wird dann zu einer Blase aufgeblasen, welche dieses "vordehnt". Der Luftstrom wird dann schnell umgedreht und ein Vakuum zieht das Material in eine darunterliegende Form.

Nach erkalten des Materials wird dieses Formstabil und kann aus der Maschine genommen werden.

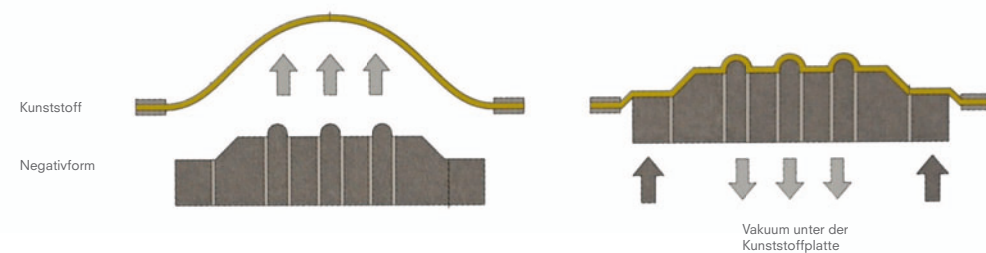
### Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastische Materialien
- ABS
- Polyethylen terephthalate (PET)
- Polyethylen terephthalate mit glycol (PETG)
- Polypropylen (PP)
- Polycarbonat (PC)
- High impact polystyrene (HIPS)
- High density polyethylen (HDPE)

Beispiel:  
Eine PET-Flasche

Hersteller:  
Polimoon  
[www.polimoon.com](http://www.polimoon.com)

Vakuumentziehen





# Thermoverformung

## Luft-Druckumformen

Wie funktioniert's:

Ein Kunststoffbogen/ Material wird bis zu seinem Erweichungspunkt erhitzt, und dann mittels starkem Luftdruck (von oben) auf die darunter liegende Form gepresst.

Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastische Materialien
- ABS
- Polyethylen terephthalate (PET)
- Polyethylen terephthalate mit glycol (PETG)
- Polypropylen (PP)
- Polycarbonat (PC)
- High impact polystyrene (HIPS)
- High density polyethylen (HDPE)

# Thermoverformung

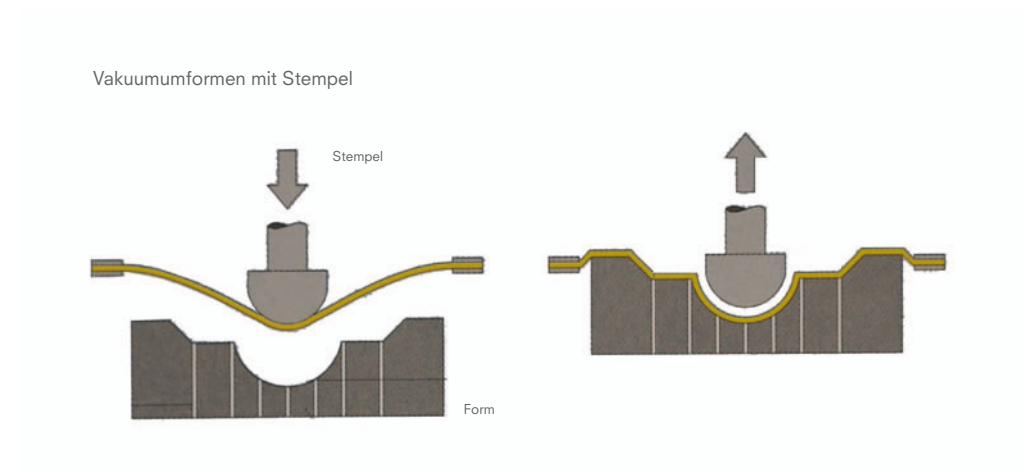
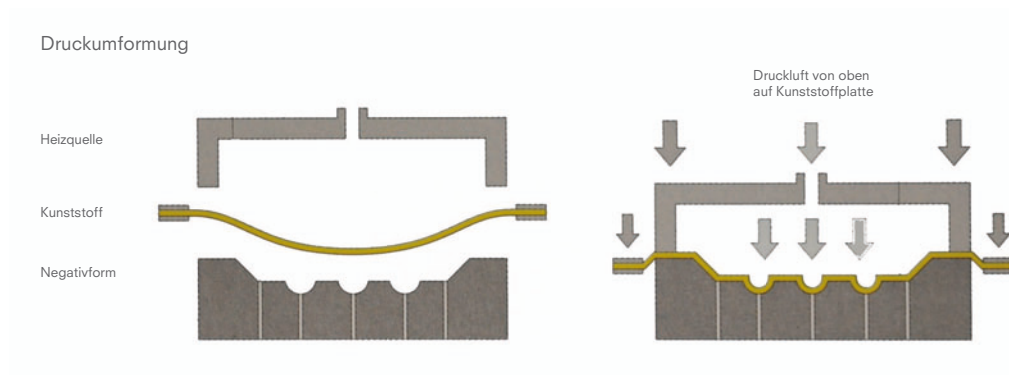
## Vakuuumformen mit Stempel

Wie funktioniert's:

Gleiches Verfahren wie beim Vakuumumformen, nur dass dieses noch durch einen Negativ-Formstempel von oben unterstützt wird. Somit lässt sich die Materialstärke an der Stempelstelle kontrollieren.

Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastische Materialien
- ABS
- Polyethylen terephthalate (PET)
- Polyethylen terephthalate mit glycol (PETG)
- Polypropylen (PP)
- Polycarbonat (PC)
- High impact polystyrene (HIPS)
- High density polyethylen (HDPE)



# Thermoverformung

## 2 lagiges Druckumformen

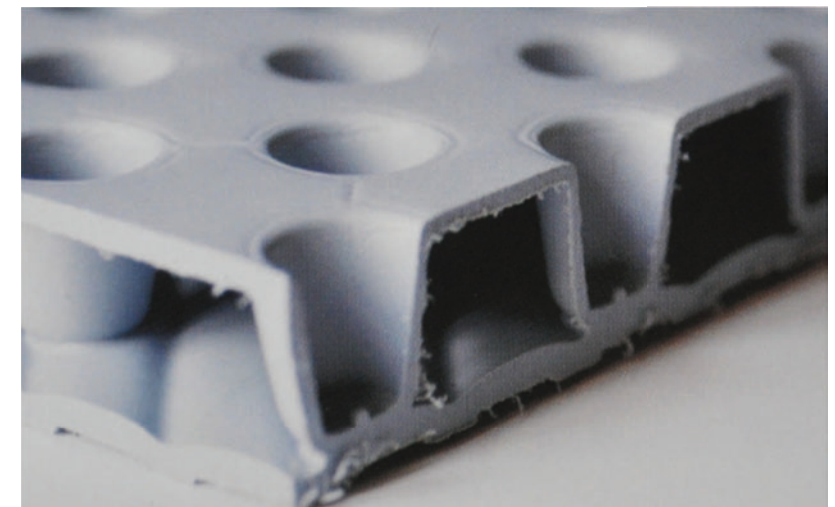
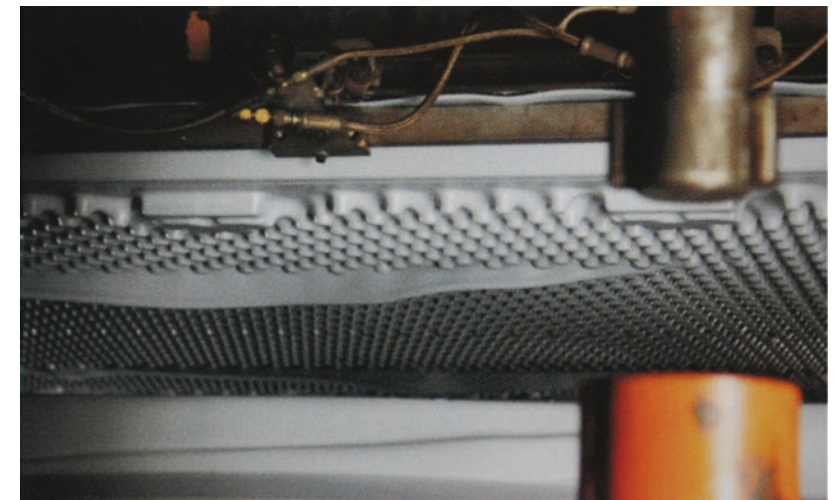
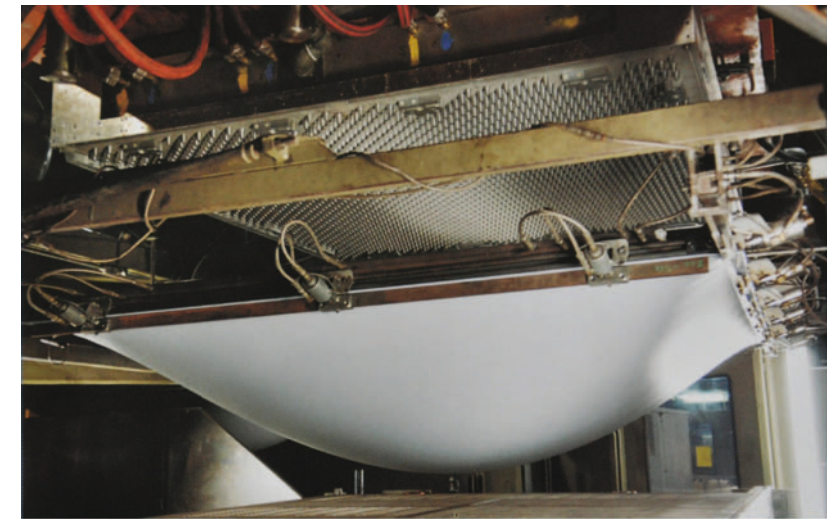
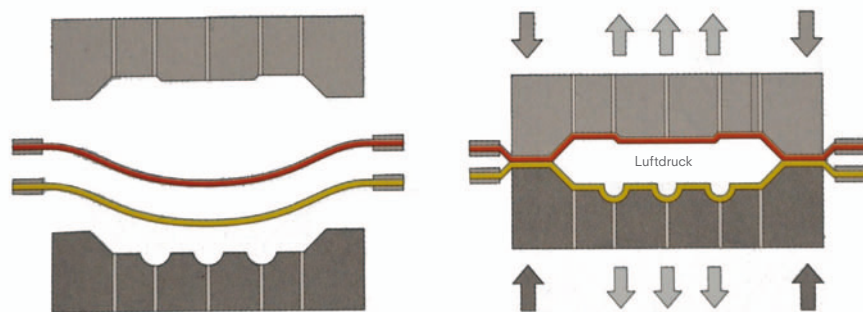
### Wie funktioniert's:

Gleiches Verfahren wie beim Vakuumumformen, nur dass hierbei 2 Lagen Kunststoff erhitzt werden. Diese werden dann an den äußeren Kanten zusammengepresst/ verklebt. Zwischen die zwei Lagen wird Druckluft eingebracht, welche die Kunststofflagen nach außen in die Form drückt.

### Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastische Materialien
- ABS
- Polyethylen terephthalate (PET)
- Polyethylen terephthalate mit glycol (PETG)
- Polypropylen (PP)
- Polycarbonat (PC)
- High impact polystyrene (HIPS)
- High density polyethylen (HDPE)

2-lagiges Druckumformen



Hersteller:  
Kayserberg Plastics  
[www.kayplast.com](http://www.kayplast.com)

# Rotationsgießen

Das Rotationsformen, auch Rotationsguss oder Rotationsinterververfahren genannt, ist ein spezielles Produktions-Verfahren, um große hohle nahtlose Kunststoff-Teile herzustellen. Bei der Herstellung lagert sich geschmolzenes Kunststoff-Granulat beim Abkühlen an den Innenflächen der rotierenden Form ab. Durch

die Beschaffenheit des Rotationswerkzeugs lassen sich verschiedene Wandstärken auch innerhalb einer einzigen Form realisieren. Anwendungsgebiete sind unter anderem große Gehäuse und Transportbehälter, aber auch Armaturen Bretter, Möbel und Spielzeug werden teilweise mit Rotationsgießen hergestellt.

## Mögliche Materialien:

- Polyethylen (PE) am häufigsten
- Polyamid (PA)
- Polypropylen (PP)
- Polyvinyl chlorid (PVC)
- Ethylene vinyl acetat (EVA)

## Kosten:

mittlere Werkzeugkosten  
geringe bis mittlere Stückkosten, ungefähr 3-4 mal die Materialkosten

## Qualität:

Endoberfläche ist gut  
Geringer Druck während dem Formen produziert geringe Spannungsanhäufungen

## Eignung:

kleine bis mittlere Volumina bis zu 10.000 Stück

## Typische Anwendung:

Automobilzubehör  
Möbel  
Spielsachen

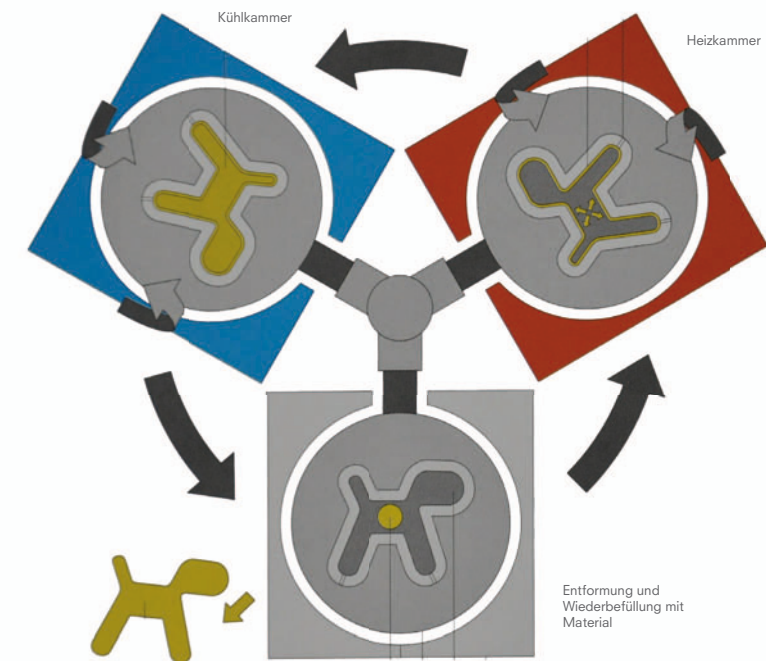
## Verwandte Prozesse:

Blasformen  
Thermoverformung

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit: zwischen 30 bis 60 Minuten

Rotationsgießen







Beispiel:  
Puppy  
Eero Aarnio

Hersteller:  
Magis  
[www.magisdesign.com](http://www.magisdesign.com)



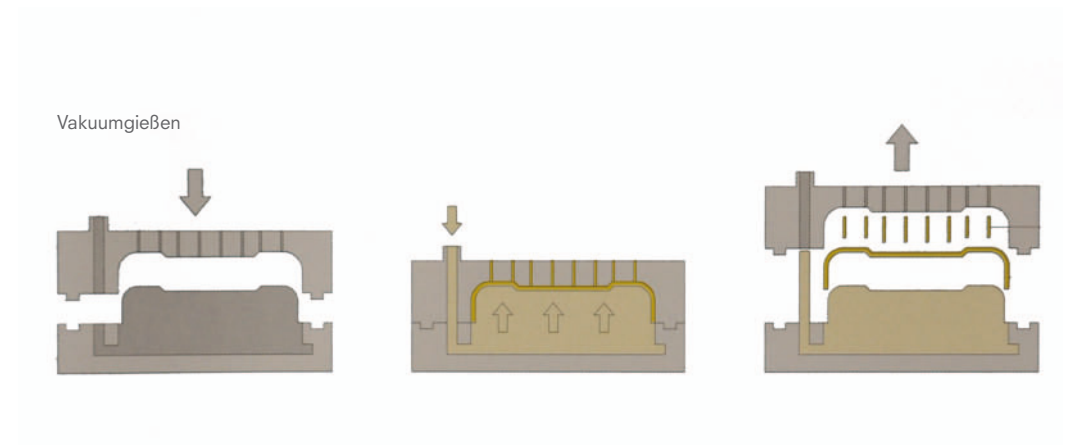
# Vakuumgießen

Die Basis für die Herstellung ist der Prototyp. Nach der Definition der Formteilungsebene und des Angusses wird das Teil in einem Rahmen fixiert. Anschließend wird dieser Rahmen mit Silikonkautschuk ausgefüllt und unter Vakuum erwärmt. Dadurch entweicht die im Silikon enthaltene Luft und die Form erhält die erforder-

liche Festigkeit. Nach dem Entformen des Urmodells wird die Form erneut geschlossen und unter Vakuum mit dem flüssigen Material gefüllt. Nach dem Aushärten des Kunststoffes werden die erzeugten Teile entformt und gefinisht. Anschließend steht die Form für weitere Abgüsse zur Verfügung.

Mögliche Materialien:

- sehr viele PUR
- Polyamid (PA)
- Zweikomponenten-Gießharze (Kunststoffe)
- Schmelzfähige Wachsmaterialien (für den Einsatz als Urmodell für den Feinguss)
- Niedrigschmelzende
- Metalllegierungen



## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
moderate Stückkosten

## Qualität:

Endoberfläche ist gut  
Sehr hochwertige Endoberfläche und Reproduktion von Details

## Eignung:

kleine bis mittlere Volumina bis zu 10.000 Stück

## Typische Anwendung:

Automobilzubehör  
Unterhaltungselektronik  
Sportgeräte

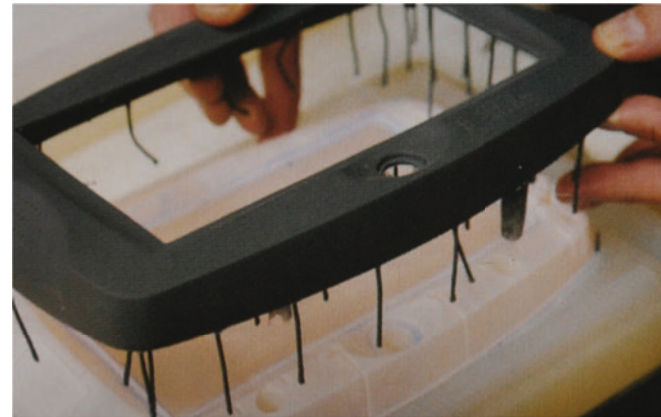
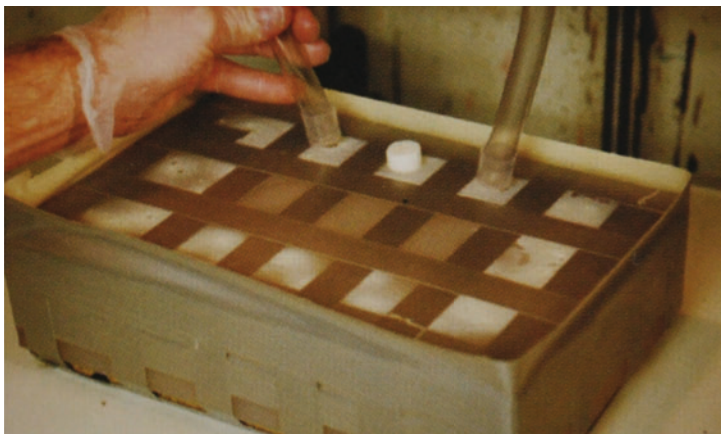
## Verwandte Prozesse:

Spritzgießen  
Reaktionsspritzgießen

## Geschwindigkeit:

Variable Zykluszeit: normalerweise zwischen 45 min. und 4 h, aber auch bis zu mehreren Tagen abhängig von der Größe des Bauteils.





Beispiel:  
Bildschirm für Krankenhausanwendung

Hersteller:  
CMA Moldform  
[www.cmamoldform.co.uk](http://www.cmamoldform.co.uk)

# Formpressen

---

Zu Beginn des Verfahrens wird die Formmasse in die Kavität eingebracht, welche aufgeheizt wird. Anschließend wird die Kavität unter Einsatz eines Druckkolbens geschlossen. Durch den Druck erlangt die Formmasse die vom Werkzeug vorgegebene Form. Bei duroplastischen Kunststoffen dient die Temperatur zur Beeinflussung des

Aushärtvorgangs, bei Thermoplasten zum Schmelzen des Kunststoffs. Nach dem Abkühlen kann das fertige Teil aus dem Formwerkzeug entnommen und ggf. nach- oder weiterverarbeitet werden.

Meistens werden thermisch aushärtende Kunststoffe bei diesem Verfahren verwendet.

---

## Kosten:

moderate Werkzeugkosten  
geringe Stückkosten, ungefähr 3-4 mal die Materialkosten

---

## Qualität:

Hoch beanspruchbare Teile mit qualitativer Endoberfläche

---

## Eignung:

Mittlere bis hohe Serienfertigung

---

## Typische Anwendung:

Automobilindustrie unter der Motorhaube  
Elektrische Haushaltswaren und Küchenequipment  
Stempel, Dichtungen und Tastaturen

---

## Verwandte Prozesse:

DMC und SMC Formen  
Spritzgießen  
Vakuumgießen

---

## Geschwindigkeit:

Kunststoff: schnell (2 Minuten Zykluszeit)  
Gummi: Langsamer (10 Minuten Zykluszeit)

---

## Formpressen Gummi

---

---

## Formpressen Kunststoff

---

# Formpressen

## Formpressen Gummi

### Wie funktioniert's:

Formpressvorgang wie oben angegeben, nur das die Zykluszeit (ca. 10 Minuten-Zyklus) bedeutend länger ist wie beim Pressen von Kunststoff.  
Dazu muss die Pressform zum Ausformen nicht verändert werden. (Es sei denn Hinterschneidungen oä. sind sehr komplex)

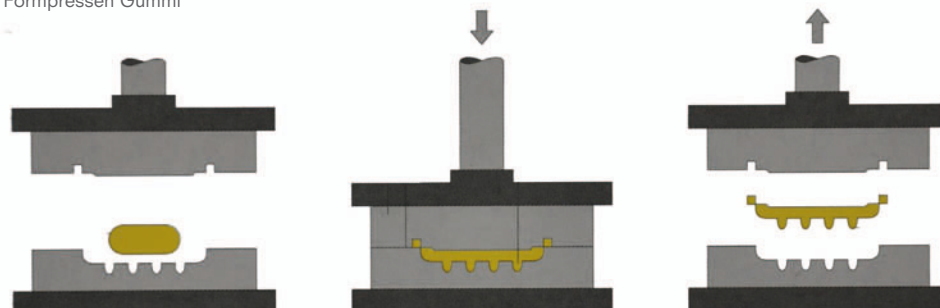
### Mögliche Materialien:

- viele Gummiarten
- meistens Silikone



Hersteller:  
RubberTech2000  
[www.rubbertech2000.co.uk](http://www.rubbertech2000.co.uk)

Formpressen Gummi



Gummihohling

Pressvorgang

Entformung



# Formpressen

## Formpressen Kunststoff

### Wie funktioniert's:

Formpressvorgang wie oben angegeben, nur dass die Zykluszeit bedeutend kürzer ist als bei Gummi. (ca. 2 Minuten-Zyklus).

Dazu muss die Form zum Entformen teilbar sein, um Hinterschneidungen und kompliziertere Formen zu ermöglichen.

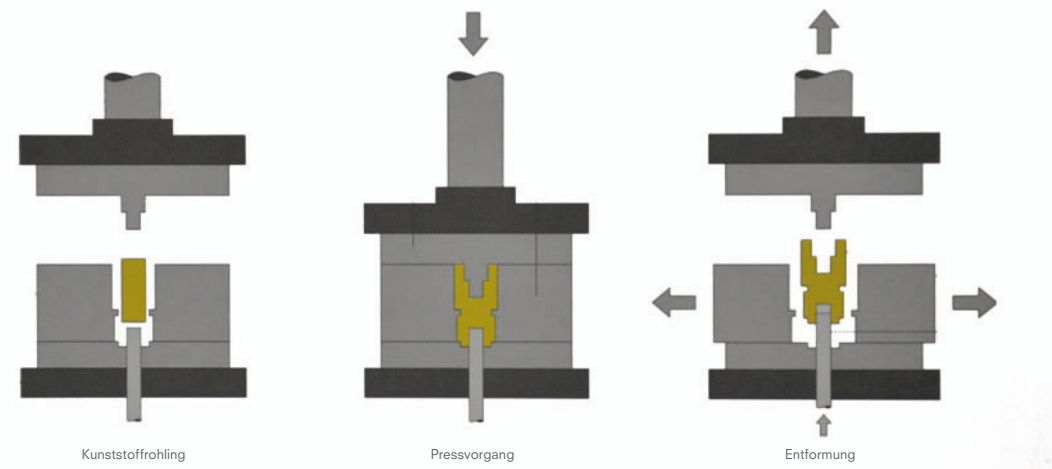
### Mögliche Materialien:

- thermisch aushärtende Materialien:
- Phenole
- Polyester (PE)
- Harnstoff
- Melamine



Hersteller:  
Cromwell Plastics  
[www.cromwell-plastics.co.uk](http://www.cromwell-plastics.co.uk)

Formpressen Kunststoff



# Spritzgießen

---

Das Spritzgießen ist ein Urformverfahren, das hauptsächlich in der Kunststoffverarbeitung eingesetzt wird.

Mit diesem Verfahren lassen sich wirtschaftlich direkt verwendbare Formteile in großer Stückzahl herstellen. Dazu wird mit einer Spritzgießmaschine der jeweilige Werkstoff, meist Kunststoff, in einer

Spritzeinheit plastifiziert und in ein Spritzgießwerkzeug eingespritzt. Der Hohlraum, die Kavität, des Werkzeugs bestimmt die Form und die Oberflächenstruktur des fertigen Teils. Es sind heute Teile im Gewichtsbereich von wenigen Zehntel Gramm bis zu einer Größenordnung von 150 Kilogramm herstellbar.

Mit dem Spritzgießen lassen sich Ge-

genstände mit hoher Genauigkeit, wie zum Beispiel für die Feinwerktechnik, und/oder Massenprodukte in kurzer Zeit herstellen. Dabei kann die Oberfläche des Bauteiles nahezu frei gewählt werden. Glatte Oberflächen für optische Anwendungen, Narbungen für berührungsfreundliche Bereiche, Muster und Gravuren lassen sich herstellen.

---

## Kosten:

sehr hohe Werkzeugkosten, hängt von der Komplexität und den Aussparungen ab  
sehr geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr hochwertige Endoberfläche  
sehr oft wiederholbarer Prozess

---

## Eignung:

Hohe Stückzahlen/ Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobilteile  
Elektronikartikel  
Industrie- und Haushaltsprodukte

---

## Verwandte Prozesse:

Reaktionsspritzgießen  
Thermoverformen  
Vakuumgießen

---

## Geschwindigkeit:

Spritzgusszyklus normalerweise zwischen 30-60 Sekunden

---

## Spritzgießen (allgemein)

---

---

### Gasinnendruck-Spritzgießen

---

---

### Mehrkomponenten-Spritzgießen

---

---

### Folienhinterspritzen

---

# Spritzgießen

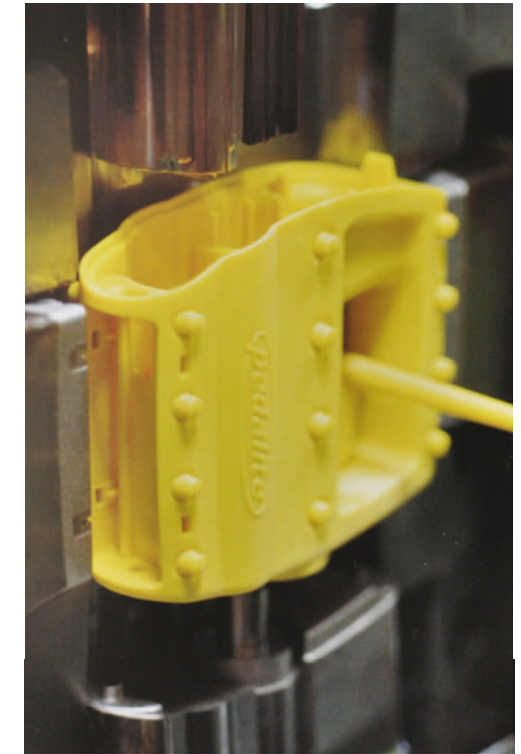
## Spritzgießen (allgemein)

Wie funktioniert's:

Das Spritzgussverfahren ist (fast nur) für größere Stückzahlen wirtschaftlich sinnvoll. Die Kosten für das Werkzeug machen einen großen Teil der notwendigen Investitionen aus. Dadurch ist selbst bei einfachen Werkzeugen die Schwelle der Wirtschaftlichkeit erst bei einigen tausend Teilen erreicht. Dafür können die Werkzeuge für die Herstellung von bis zu einigen Millionen Teilen verwendet werden.

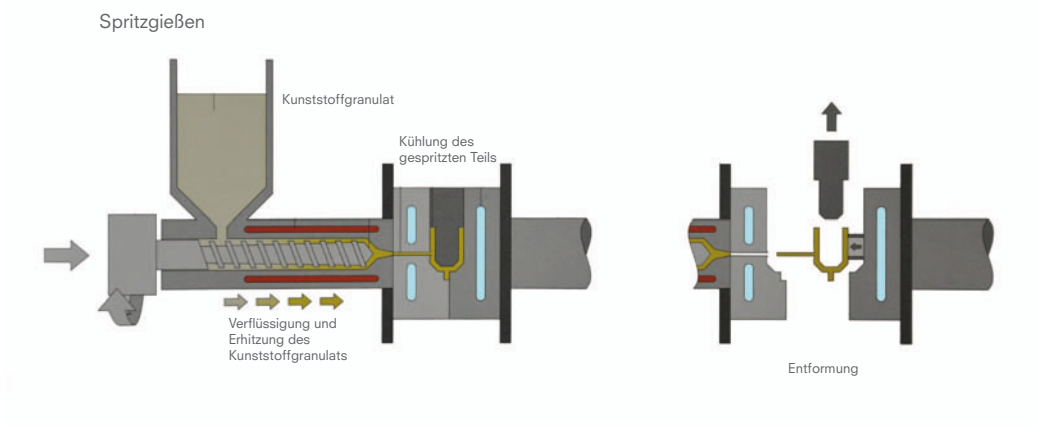
Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastischen Materialien
- einige thermisch aushärtende Materialien
- Pulvermetalle in einer Kunststoffmatrix



Beispiel:  
Fahrradretreter

Hersteller:  
ENL  
[www.enl.co.uk](http://www.enl.co.uk)





# Spritzgießen

## Gasinnendruck-Spritzgießen

### Wie funktioniert's:

Gasinnendruck-Spritzgießen ist ein spezialisiertes Spritzgussverfahren zur Herstellung hohler Werkstücke. Das Innendruck-Spritzgießen ist dabei eine moderne, wirtschaftliche Alternative zum normalen Spritzgussverfahren

Beim Gasinnendruck-Spritzgießen (kurz GID) verdrängt das Gas die Schmelze, übernimmt mit Drücken bis maximal 300 bar die Restfüll-

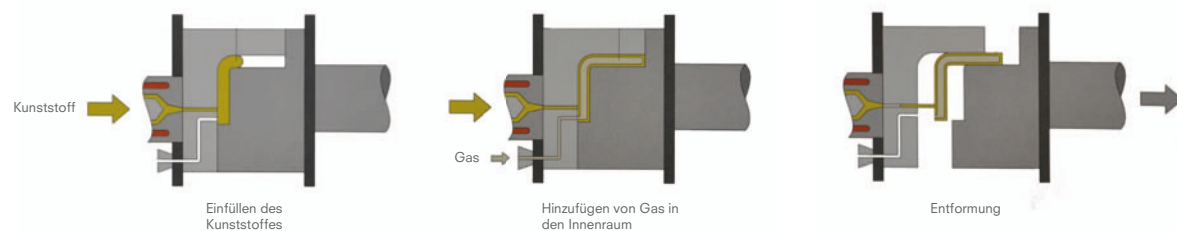
lung. Das Injizieren kann durch die Maschinendüse und damit durch das Angussystem oder durch eine separate Injektionsnadel direkt in das Formteil in der Kavität erfolgen. Eine weitere Variante ist die vollständige Füllung der Kavität mit Schmelze und anschließendem Ausblasen von Schmelze in eine Nebenkavität oder das Zurückblasen in den Schneckenzyylinder.

### Mögliche Materialien:

- fast alle thermoplastischen Materialien
- einige thermisch aushärtende Materialien
- Pulvermetalle in einer Kunststoffmatrix



Gasinnendruck-Spritzgießen



Beispiel:  
Magis Air Chair

Hersteller:  
Magis  
[www.magisdesign.com](http://www.magisdesign.com)



# Spritzgießen

## Mehrkomponenten-Spritzgießen

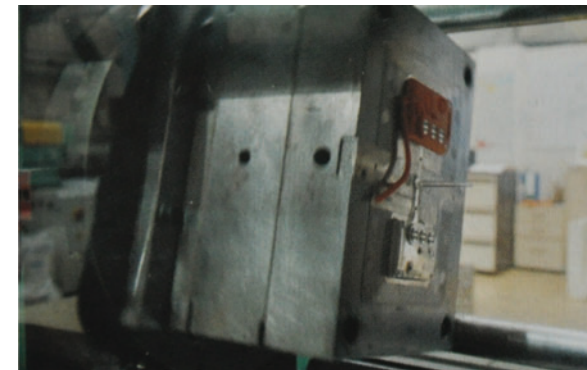
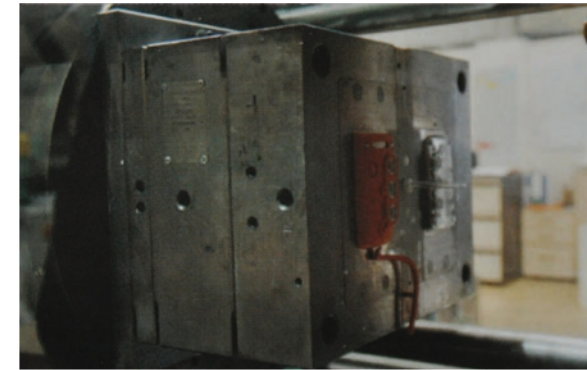
### Wie funktioniert's:

Beim Mehrkomponenten-Verfahren gibt es verschiedene Arten des Spritzgießens, denen allen gemeinsam ist, dass Spritzgießmaschinen mit zwei oder auch mehreren Spritzeinheiten aber ggf. nur einer Schließeinheit benötigt werden. Die Spritzeinheiten müssen harmonisierend arbeiten aber immer unabhängig voneinander steuerbar sein. Die Komponenten können durch eine Spezialdüse

eingespritzt oder an verschiedenen Stellen ins Werkzeug eingebracht werden.  
· Verfahren für zwei scharf getrennte Komponenten:  
Umsetzen des unfertigen Spritzlings in eine Werkzeugkavität mit Platz für die neue Komponente mittels Drehtechnik oder Schiebetechnik (meist wird eine Werkzeughälfte gedreht/bewegt)

### Mögliche Materialien:

Die Kunststoffe können unterschiedlich sein, sollten jedoch eine gewisse Haftung zueinander aufweisen wie PP/PE, PMMA/PS, CA/ABS und PC/ABS, sofern beim Fertigteil eine feste Verbindung der Komponenten untereinander notwendig ist.

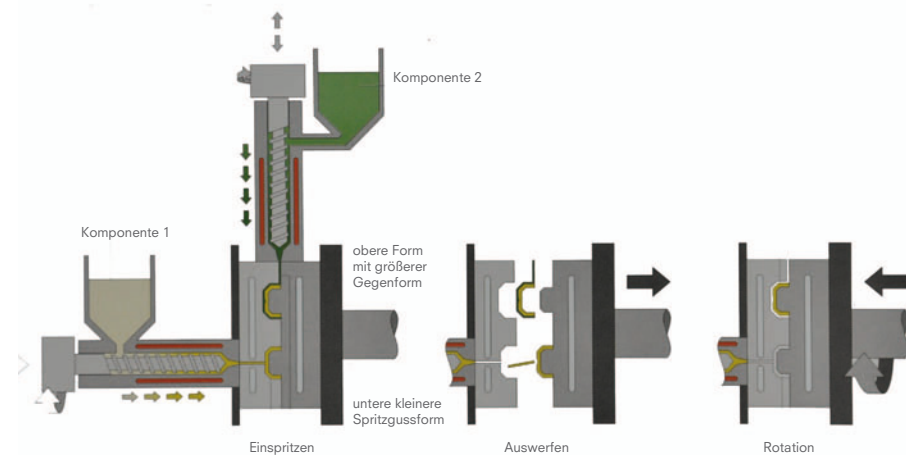


Beispiel:  
Hand-Gasmelder

Hersteller:  
Hymid Multi-Shot  
[www.hymid.co.uk](http://www.hymid.co.uk)



Mehrkomponenten-Spritzgießen





# Spritzgießen

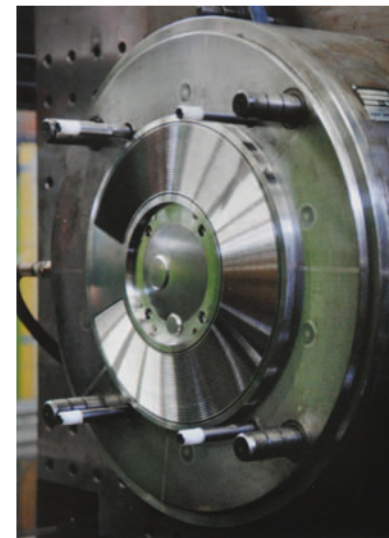
## Folienhinterspritzen

### Wie funktioniert's:

Beim Folienhinterspritzen wird eine meist bedruckte Folie z.B. im Thermoform-Prozess vorgeformt. Diese Folie wird dann in ein Spritzgusswerkzeug eingelegt und mit Kunststoff hinterspritzt.

### Mögliche Materialien:

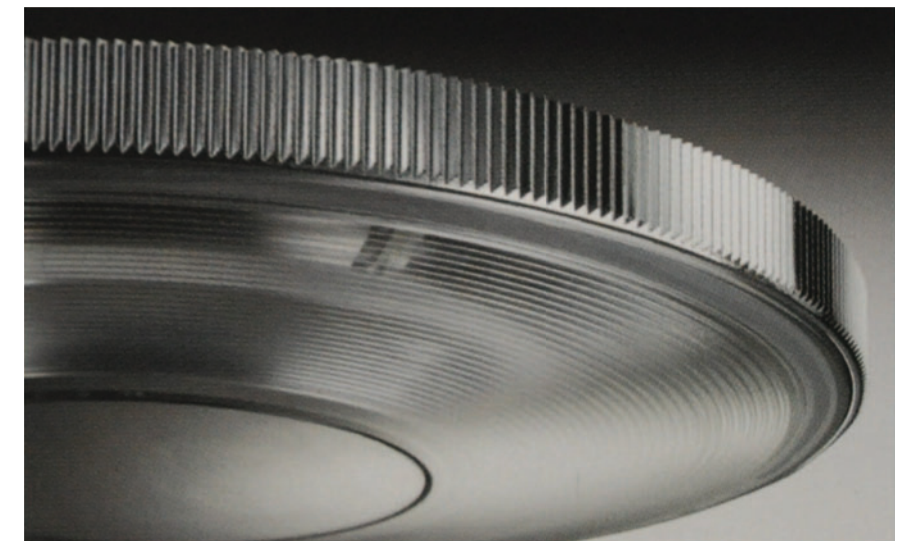
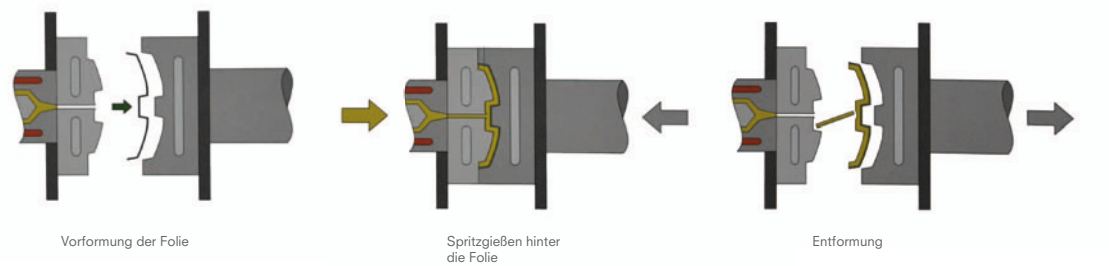
- fast alle thermoplastischen Materialien
- einige thermisch aushärtende Materialien
- Pulvermetalle in einer Kunststoffmatrix



Beispiel:  
Lampenschirm

Hersteller:  
Luceplan  
[www.luceplan.com](http://www.luceplan.com)

Folienhinterspritzen



# Reaktionstechnik (RIM)

---

Reaktionstechnik (RIM - Reaction Injection Molding) beinhaltet das Kaltschaumformen. 2 Komponenten werden zusammengemischt, diese reagieren zusammen, schäumen auf und härten später aus.

Bsp. rechts:  
Flüssiges Isozyanat und flüssiges Polyol werden in einem Kunststoffsack vermischt um den Reaktionsprozess zu demonstrieren.

---

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten abhängig von der Größe und Komplexität der Form

---

## Qualität:

Qualitative Formteile mit guter Detailreproduktion

---

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobilteile  
Möbel  
Sportgeräte und Spielzeug

---

## Verwandte Prozesse:

CNC Bearbeitung  
Spritzgießen  
Vakuumgießen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (5-15 Minuten) abhängig von der Komplexität des Werkstücks

---

## Reaktions-Spritzgießen (RIM-Reaction Injection Molding)

---





# Reaktionstechnik (RIM)

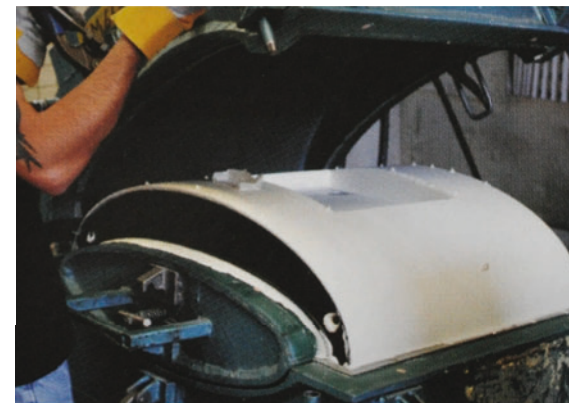
## Reaktions-Spritzgießen (RIM-Reaction Injection Molding)

### Wie funktioniert's:

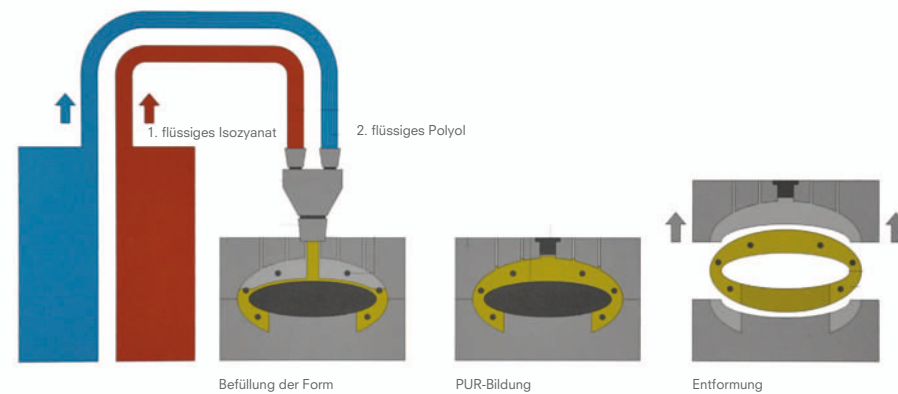
Flüssiges Isozyanat und flüssiges Polyol werden in eine Form gespritzt. Dort reagieren sie miteinander und "schäumen auf". In der Form härten die Materialien dann aus und heraus kommt ein formstabiles Teil aus PUR.

### Mögliche Materialien:

· Bsp. Isozyanat + Polyol = PUR

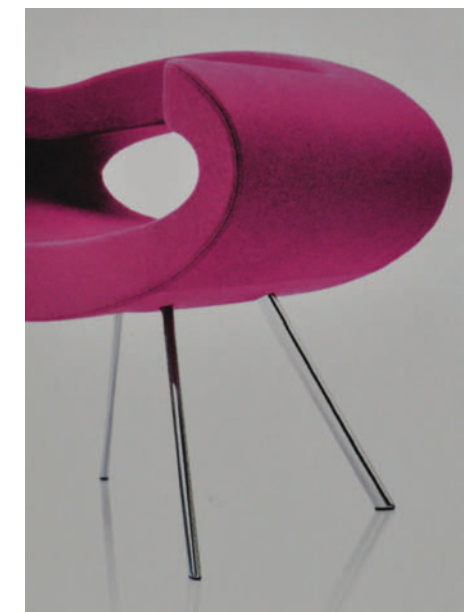


Reaktionstechnik (RIM - Reaction Injection Molding)



Beispiel:  
Eye Chair

Hersteller:  
Interfoam  
[www.interfoam.co.uk](http://www.interfoam.co.uk)





# Tauchformen

## Wie funktioniert's:

Diese kostengünstige Produktionsmethode wird verwendet um günstige thermoplastische Produkte herzustellen.

Es eignet sich vor allem für hohle Objekte mit Wandstärke aus flexiblen oder halbharten Materialien. Im Bereich der Beschichtungsverfahren kann mit dieser Methode zusätzlich eine dicke, glänzende, isolierende Schutzschicht auf Metallteilen aufgebracht werden.

Ein Negativwerkzeug wird auf

ungefähr 80° C-110° C vorgewärmt. Danach wird dieses Werkzeug in ein Bad mit flüssigem PVC eingetaucht. Diese Flüssigkeit polymerisiert bei einer Temperatur von ca. 60° C aus und setzt sich somit als feste Schicht an der Werkzeugoberfläche an. Um die Wandstärke zu verdicken muss das Werkzeug vorab auf eine höhere Temperatur aufgewärmt werden. Später wird das Werkstück von der Form entfernt und im Ofen ausgehärtet.

## Mögliche Materialien:

- PVC (am häufigsten)
- Nylon
- Silikone
- Latex
- Urethane

## Kosten:

sehr geringe Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

## Qualität:

Glänzend oder matte Oberfläche  
Keine Grate oder Teilungsnähte

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Verschlusssteile und Hülsen  
Isolierungsüberzüge für Elektrik  
Werkzeuggriffe

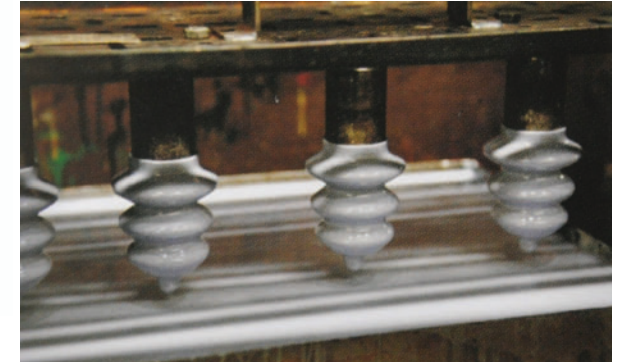
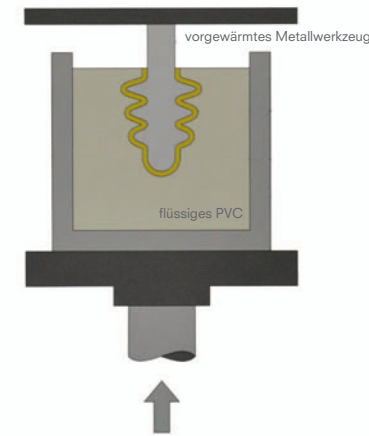
## Verwandte Prozesse:

Spritzgießen  
Pulverbeschichtung  
Thermoverformung

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (manuell 5-6 Minuten, automatisiert 1-2 Minuten)

Tauchformen



Beispiel:  
flexible Kappe

Hersteller:  
Cove Industrie  
[www.cove-industrie.co.uk](http://www.cove-industrie.co.uk)

# Metallausbeuern / Kumpeln

Als Kumpeln wird das Verfahren zur Umformung von Metallteilen bezeichnet, bei dem gewölbte Formteile ohne Änderung der Materialdicke hergestellt werden. Das Verfahren kann sowohl bei Raumtemperatur als auch mit Warmumformung durchgeführt werden. Weiche Kurven und wellenartige Formen aus Metallblech können mit diesem Verfahren hergestellt werden.

Dabei wird das Werkstück (Metallblech) immer über die Anwendung von Druck/ Hammerschlägen oä. in eine andere Form gebracht. Je nachdem was für eine Form erreicht werden soll wird auch die Art des Werkzeugs etc. gewählt.

Folgende Beispiele sind vom Bau einer Karosserie für den Spyker C8 Spyder.

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Gute Handarbeitsqualität

## Eignung:

Einzelstück bis geringe Stückzahlproduktion

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil  
Möbel

## Verwandte Prozesse:

Stempelziehen  
Lochen und Stanzen  
Superforming

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit abhängig von der Größe und Komplexität des Bauteils

Kumpeln in einen Sandsack

Meiseln mit Vorrichtung

Umformung mit Radwerkzeug

Ausbeuern mit Form



Beispiel:  
Spyker C8 Spyder

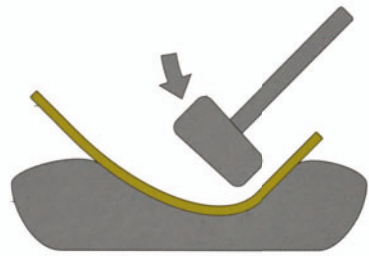
Hersteller:  
Coventry Prototype Panels  
[www.covproto.com](http://www.covproto.com)

# Metallausbeueln / Kumpeln

---

Kumpeln in einen Sandsack

---



Kumpeln in einen Sandsack

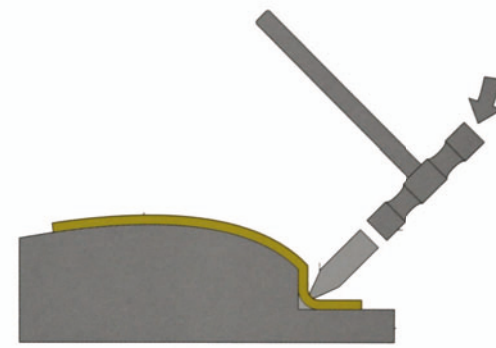


# Metallausbeueln / Kumpeln

---

Meiseln mit Vorrichtung

---



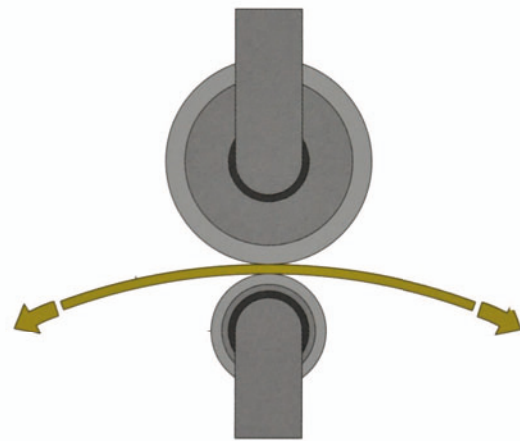
Meiseln mit Vorrichtung





# Metallausbeueln / Kumpeln

Umformung mit Radwerkzeug

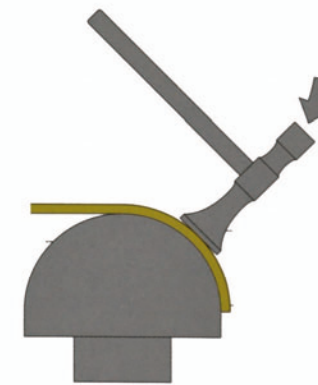


Umformung mit Radwerkzeug



# Metallausbeueln / Kumpeln

Ausbeulen mit Form



Ausbeulen mit Form



# Metalldrücken

Das Drücken (Metalldrücken/ Formdrücken) ist ein Fertigungsverfahren der Umformtechnik und gehört zur Gruppe der Druckverfahren. Die Druckverfahren dienen zur Herstellung zumeist rotationssymmetrischer Hohlkörper mit nahezu beliebiger Mantellinienkontur in kleinen und mittleren Stückzahlen und werden in der Regel in einer Kombination dieser Verfahren eingesetzt.

Typische Bauteile, die durch Drücken gefertigt werden sind beispielsweise:

- Töpfe, Kannen und Kessel für Großküchen
- Kunst- und Ziergegenstände wie Vasen und Pokale
- etc.

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

## Qualität:

Variable: Die Qualität der Endoberfläche ist abhängig vom Können des Bearbeiters

## Eignung:

Einzelstück bis geringe Stückzahlproduktion

## Typische Anwendung:

Automobil und Luftfahrt  
Schmuck  
Leuchten und Möbel

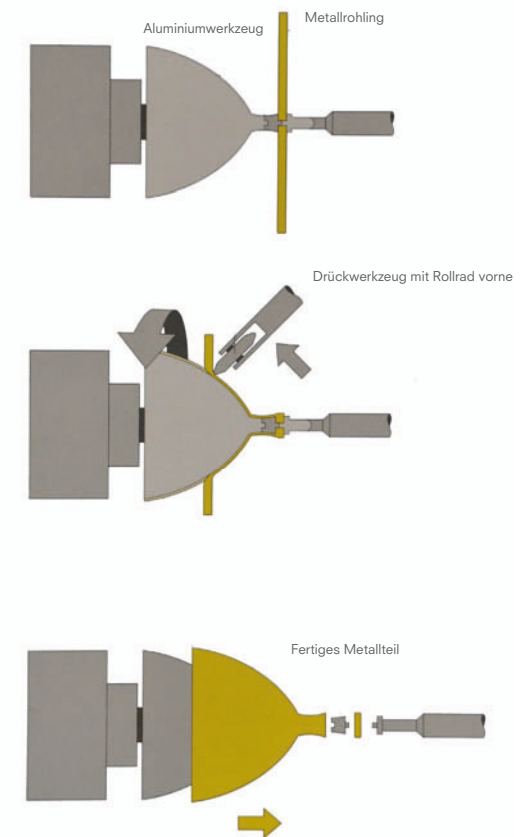
## Verwandte Prozesse:

Stempelziehen  
Metallstanzen/ Prägen

## Geschwindigkeit:

Moderate bis schnelle Zykluszeit abhängig von der Größe und Komplexität, sowie Art und Dicke des zu bearbeitenden Materials

Metalldrücken



# Metalldrücken

## Wie funktioniert's:

Beim Drücken wird ein kreisförmiger Blechzuschnitt (die sogenannte Ronde) vor die Stirnseite eines Drückfutters gespannt. Das Drückfutter stellt dabei die Geometrie des Bauteils als Innenform dar (formgebendes Werkzeug). Das Futter wird dann zusammen mit der Ronde vom Hauptspindeltrieb der Drückmaschine oder in Einzelfällen auch von Muskelkraft - in Rotation versetzt.

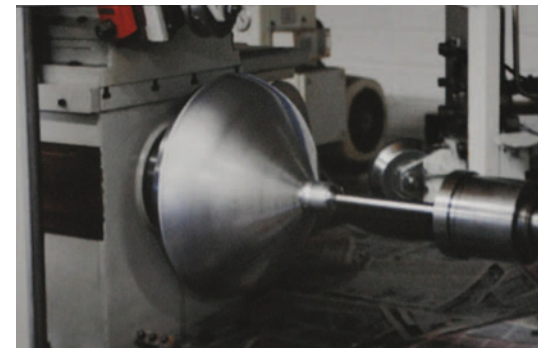
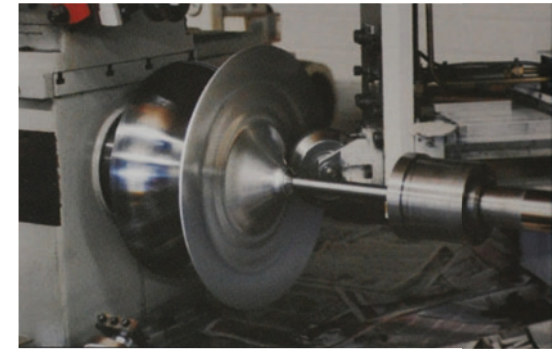
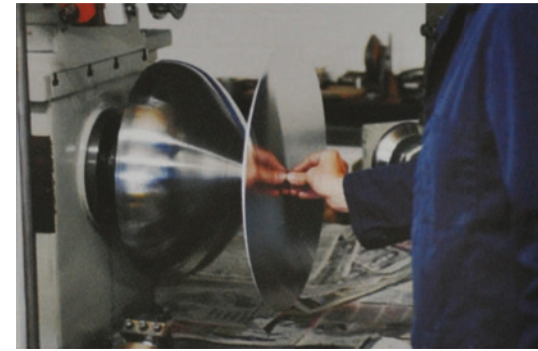
Die eigentliche Umformung der Ronde zum Bauteil erfolgt in mehreren Stufen durch ein Drückwerkzeug (universelles Werkzeug), welches Schritt für Schritt von der Mitte der

Ronde zum Rand und wieder zurück bewegt wird. Durch das Fortschreiten dieser Bewegung in axialer Richtung nähert sich die Ronde nach und nach der Geometrie des Futters an. Bei industriellen Prozessen wird als Werkzeug eine Drückrolle eingesetzt und die Bewegung wird computergesteuert durchgeführt. In der handwerklichen Drückteilefertigung kommen oft stabförmige Werkzeuge mit unterschiedlich geformten Enden zum Einsatz. Hierbei wird das Werkzeug in einer Aufnahme geführt und über die Handbewegungen des Menschen bewegt.

## Mögliche Materialien:

die meisten Metallbleche wie

- Carbonstahl
- Edelstahl
- Aluminium
- Magnesium
- Titan
- Kupfer
- Messing
- Zink



Beispiel:  
Grito Leuchterschirm

Hersteller:  
Mathmos  
[www.mathmos.co.uk](http://www.mathmos.co.uk)

# Metallstanzen/ Prägen

---

Beim Stanzen werden Flachteile aus verschiedenen Werkstoffen (Bleche, Pappe, Textilien usw.) mit einer Presse oder auf Schlag und einem Schneidwerkzeug gefertigt. Das dabei verwendete Trennverfahren ist das Scherschneiden.

Ein Stanzwerkzeug besteht aus dem Stempel, der die Innenform darstellt, und der Matrize, die eine entsprechend passende Öffnung (Beispiel: Locher) aufweist. Der Stempel kann je

nach Werkzeugaufbau sowohl Ober- als auch das Unterteil des Werkzeuges sein. Je nach Anwendungsfall kann das Gegenstück zum Stempel auch eine ebene Unterlage sein. Dann besteht das Werkzeugoberteil aus einem entsprechend geformten, geschlossenen Stanzmesser (zum Beispiel an einer Lochzange oder Locheisen). In diesem Fall gehört die Unterlage nicht zum Werkzeug.

---

## Kosten:

hohe Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Qualität und präzise Biegungen durch ein angepasstes Werkzeug

---

## Eignung:

hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil  
Konsumprodukte  
Möbel

---

## Verwandte Prozesse:

Stempelziehen  
Metalldrücken  
Gesenkbiegen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (unter 1 Sekunde bis zu 1 Minute)

---

## Metallstanzen

---

## Sekundäres Stanzen

---



# Metallstanzen/ Prägen

## Metallstanzen

### Wie funktioniert's:

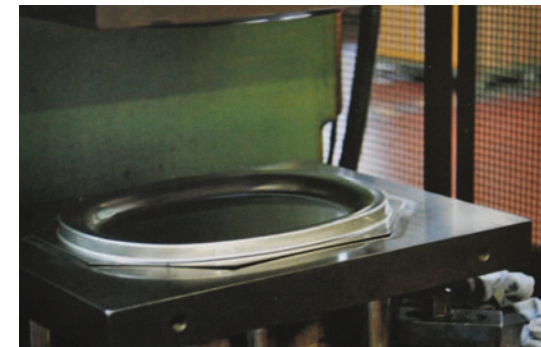
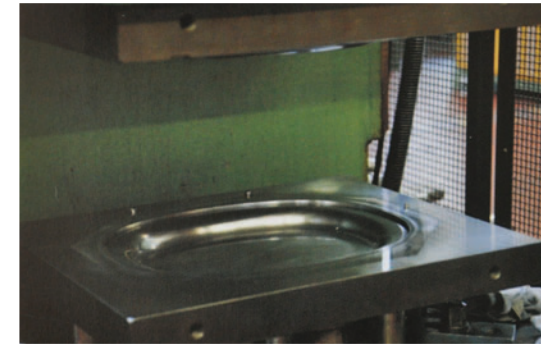
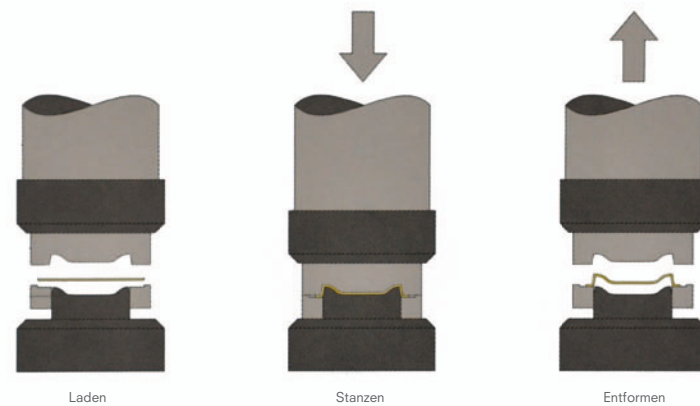
Metallstanzen wird mit einer Schlag-  
presse vollzogen.  
Davor wird ein Metallblech auf einen  
Abstreifring gelegt. Danach erfolgt  
ein Schlag über die Presse welcher  
das Metallblech zwischen Positiv-  
und Negativform presst.  
Dann kann das Werkstück mit dem  
Abstreifring entformt werden.

### Mögliche Materialien:

die meisten Metallbleche wie

- Carbonstahl
- Edelstahl
- Aluminium
- Magnesium
- Titan
- Kupfer
- Messing
- Zink

Metallstanzen



Beispiel:  
Metalltablet

Hersteller:  
Alessi  
[www.alessi.com](http://www.alessi.com)





# Metallstanzen/ Prägen

## Sekundäres Stanzen

### Wie funktioniert's:

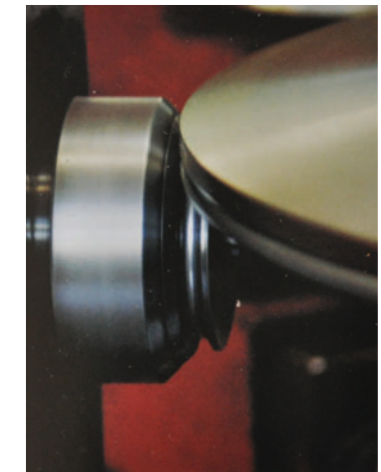
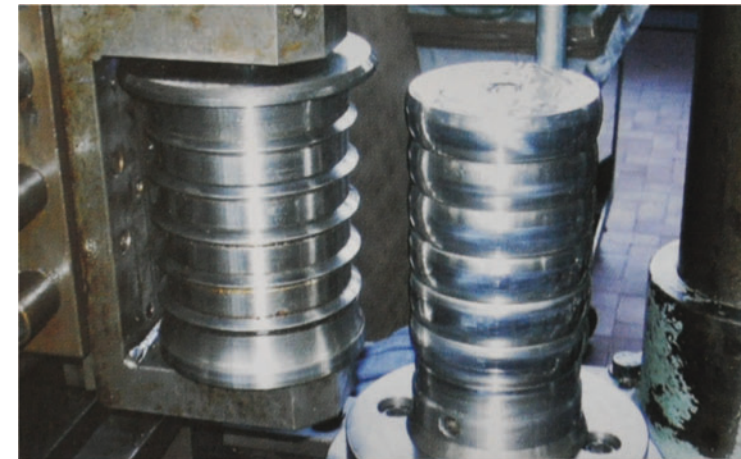
Als Ausgangsform können viele Objekte bzw. in unterschiedlichen Prozessen hergestellte Objekte verwendet werden. (Bsp. Eimerförmiges Objekt) Diese werden dann in einem zweiten Produktionsschritt weiterverformt.

Die Objekte werden in das Werkzeug eingespannt.

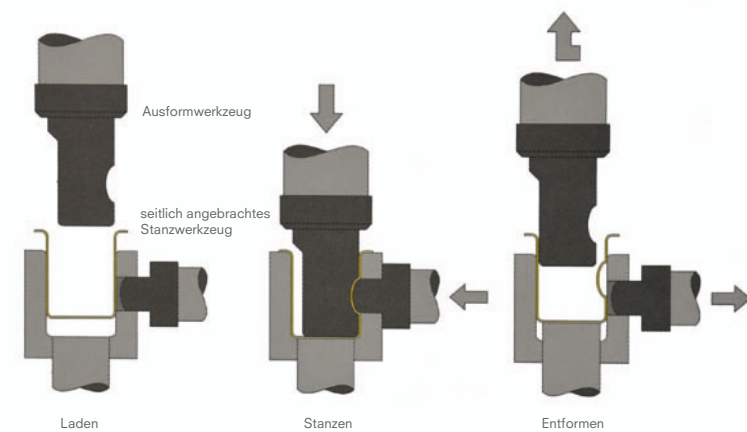
Die Innenseite wird dann mit einem Ausformwerkzeug ausgesteift und von außen wird eine zusätzliche Verformung über ein Stanzwerkzeug eingepresst. Wird dann das Ausgangsobjekt auch noch in der Vorrichtung gedreht, so kann man rotationsymmetrische Formen einstanzen.

### Mögliche Materialien:

- die meisten Metallbleche wie
- Carbonstahl
- Edelstahl
- Aluminium
- Magnesium
- Titan
- Kupfer
- Messing
- Zink



Sekundäres Stanzen



Beispiel:  
oben und unten: Wäschetonne  
mitte: Tablett

Hersteller:  
Alessi  
[www.alessi.com](http://www.alessi.com)



# Stempelziehen

---

Das Stempelziehen ist ein Kaltverformungsprozess für Metall.

Dabei wird eine Metallplatte über einen Stempel in eine Negativform gedrückt.

Mit dieser Methode werden hauptsächlich gebogene Geometrien hergestellt.

Sehr hohe Geometrien können durch ein Stufenwerkzeug hergestellt werden.

---

## Kosten:

hohe bis sehr hohe Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Endoberfläche

---

## Eignung:

Mittlere bis hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil und Luftfahrt  
Essens- und Getränkeverpackungen  
Möbel und Leuchten

---

## Verwandte Prozesse:

Metalldrücken  
Metallstanzen  
Superforming

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (ein paar Sekunden bis zu mehreren Minuten) abhängig von der Anzahl der Bearbeitungsschritte

Beispiel:  
Cribbio

Hersteller:  
Rexite  
[www.rexite.it](http://www.rexite.it)





# Stempelziehen

## Wie funktioniert's:

Zu Beginn wird die Metallplatte in die Presse gelegt und von den Blechhaltern gehalten. Die Blechhalter bewegen sich seitlich nach unten, das Metall umformt die untere Pressform und formt sich zu einer symmetrischen Topfform.

Danach drückt das obere Werkzeug

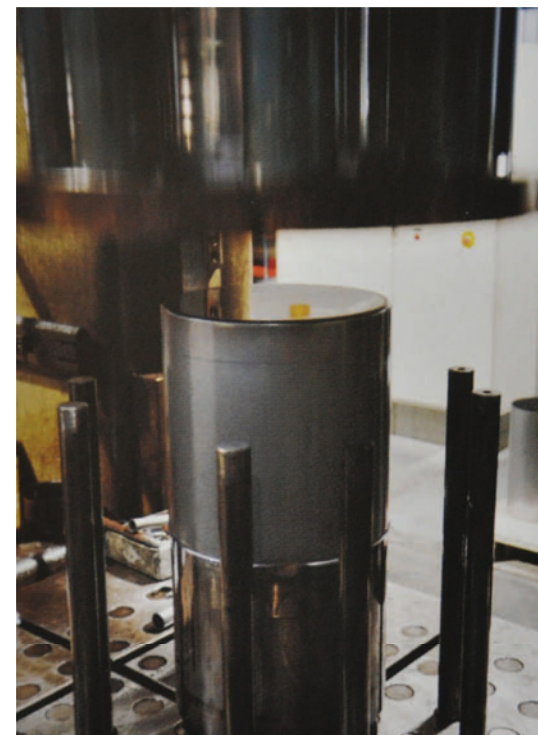
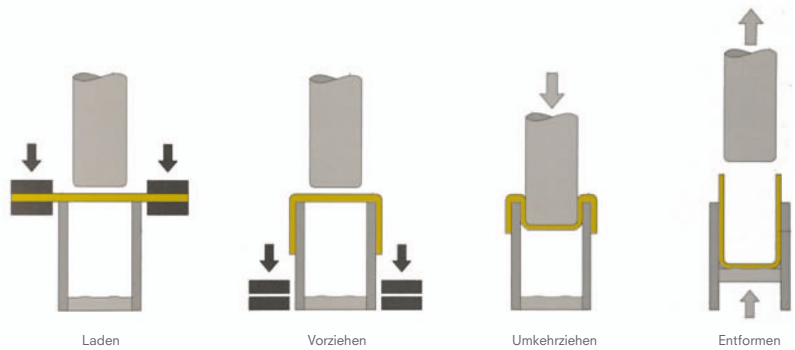
(Stempel) das Metall in die verkehrte Richtung in die untere Pressform.

Das Metall zieht sich somit über die oberen Kanten der unteren Form um die Form des Stempels anzunehmen. Dabei verdünnt sich auch die Wandstärke des Metalls.

## Mögliche Materialien:

- Stahl
- Zink
- Kupfer
- Leichtmetalle

Stempelziehen





# Superforming

---

Mit diesem relativ neue Warmumformungsprozess kann man Metallbleche ähnlich wie bei der Thermoverformung in dreidimensionale Formen verwandeln. Dabei wird ein Metallblech bis zu seinem Erweichungspunkt erwärmt und danach mit Druck in eine einseitige Form gepresst. Die Metalltemperatur ist hierbei abhängig vom Material und dessen Dicke, in folgenden Beispielen wurde es jeweils auf ca. 450° C - 500° C aufgewärmt.

Mögliche Materialien:

- "Superplastic Metals"
- Aluminium
- Magnesium
- Titanlegierungen

---

Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

---

Qualität:

Sehr gute Endoberfläche

---

Eignung:

Geringe bis mittlere Stückzahlproduktion

---

Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil  
Möbel

---

Verwandte Prozesse:

Stempelziehen  
Metallstanzen  
Thermoverformen

---

Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (5-20 Minuten)

---

Formen in Aushöhlung

---

Blasen-Formen

---

Gegendruck-Formen

---

Diaphragma-Formen

---

Hersteller:

Superforming Aluminium

[www.superform-aluminium.com](http://www.superform-aluminium.com)

# Superforming

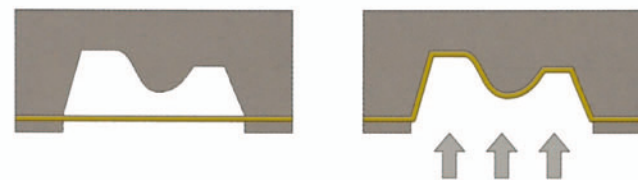
## Formen in Aushöhlung

Wie funktioniert's:

Bei dieser Methode wird das Metallblech mit Druck (ca. 1-30 bar) auf die Innenseite einer Form gedrückt.

Dieser Prozess eignet sich für große flache Werkstücke.

Formen in Aushöhlung



# Superforming

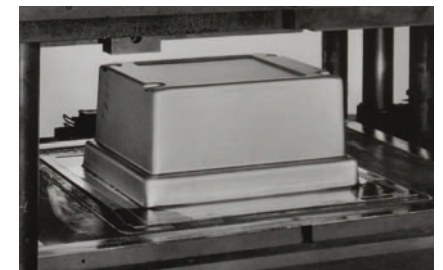
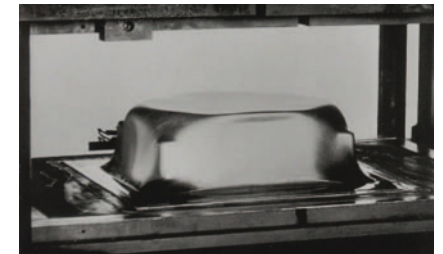
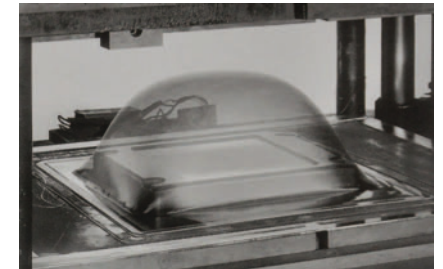
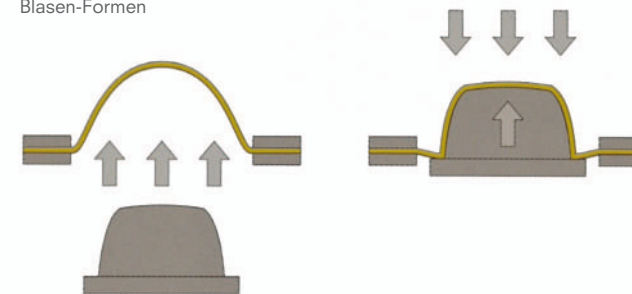
## Blasen-Formen

Wie funktioniert's:

Diese Methode ähnelt sich der des Tiefziehens. Das Metall wird erwärmt, zu einer Blase aufgeblasen und vorgedehnt. Danach wird der Druck umgedreht und das Metallblech formt sich an die Aussenseite der darunterliegenden Form. Durch die Vordehnung ist die Materialstärke überall gleich dick.

Dieser Prozess eignet sich für tiefe und komplexe Werkstücke.

Blasen-Formen

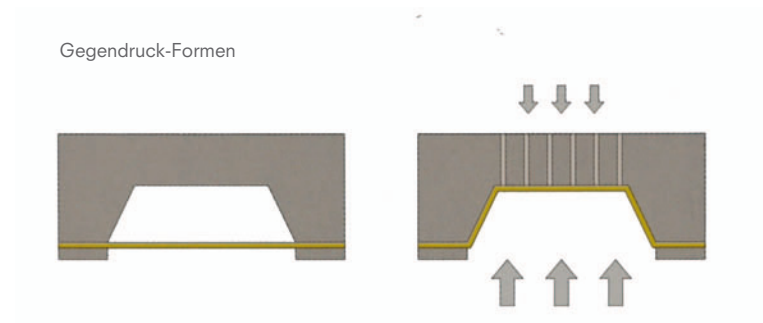


# Superforming

## Gegendruck-Formen

Wie funktioniert's:

Dieser Prozess ist dem Formen mit Aushöhlung sehr ähnlich. Der einzige Unterschied ist dass zu dem Druck von unten noch Druck von oben aufgebracht wird. Somit kann der Umformungsprozess besser kontrolliert werden und das Material wird nicht so beansprucht.

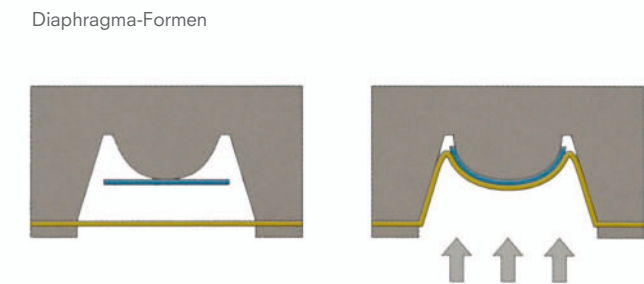


# Superforming

## Diaphragma-Formen

Wie funktioniert's:

Dieser Prozess wurde entwickelt um die sogenannten "Non-superplastic"-Legierungen dh. die nicht am besten für den Prozess geeigneten Legierungen zu bearbeiten. Dabei wird ein "Metaldiaphragma" mit in die Form eingelegt welches das heiße Metallblech dabei unterstützt in komplexe 3D-Formen zu fliesen, da sich das Bauteil so "zwangslos" in der Form ausbreiten kann.





# Rohrbiegen

---

Bei diesem Verfahren werden gerade Metallrohre gebogen. Dabei kann man mittels Dornbiegen eher kleinere Radien herstellen und mit dem Ringwalzen eher große Radien.

---

## Kosten:

keine Kosten für Standardwerkzeuge (wenn vorhanden)  
Moderate bis hohe Kosten für Spezialwerkzeuge  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Hoch

---

## Eignung:

Einzel bis Serienproduktion

---

## Typische Anwendung:

Konstruktion  
Möbel  
Transport und Automobil

---

## Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Gesenkbiegen  
Gesens Schmieden

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit  
Die Maschineneinrichtung kann lange dauern

---

Dornbiegen

---

Ringwalzen

---

# Rohrbiegen

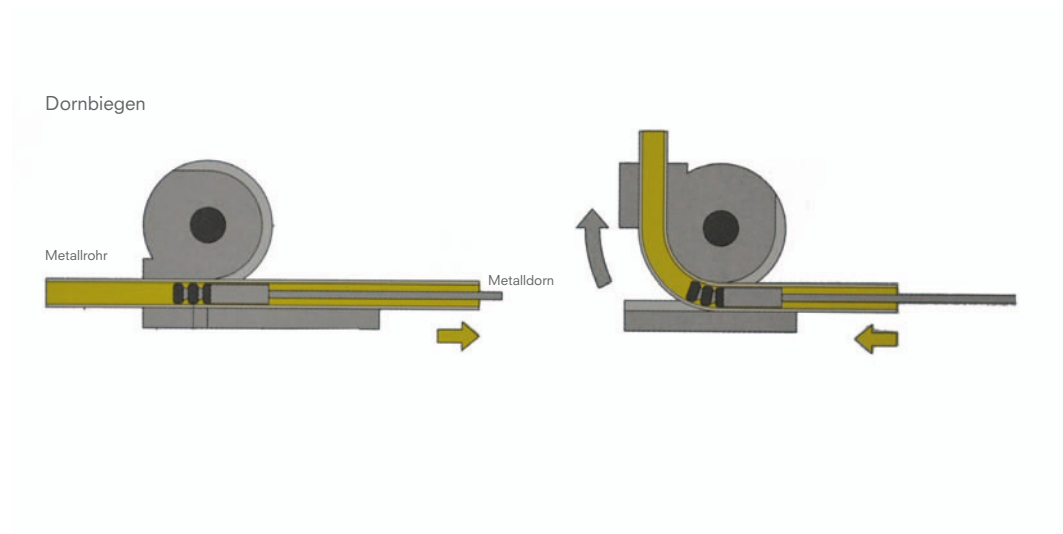
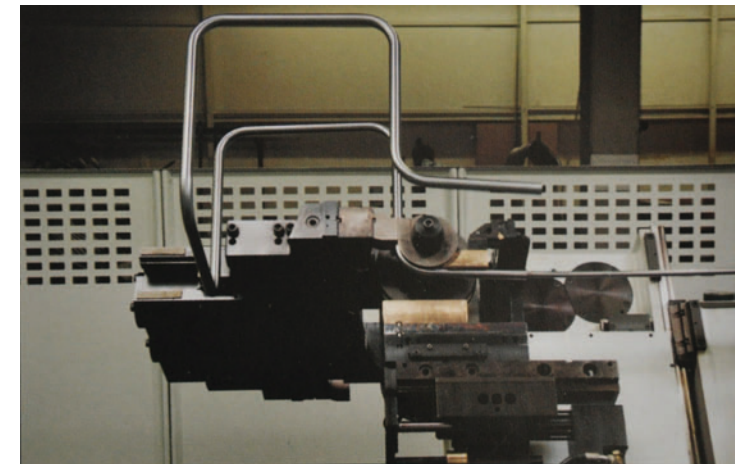
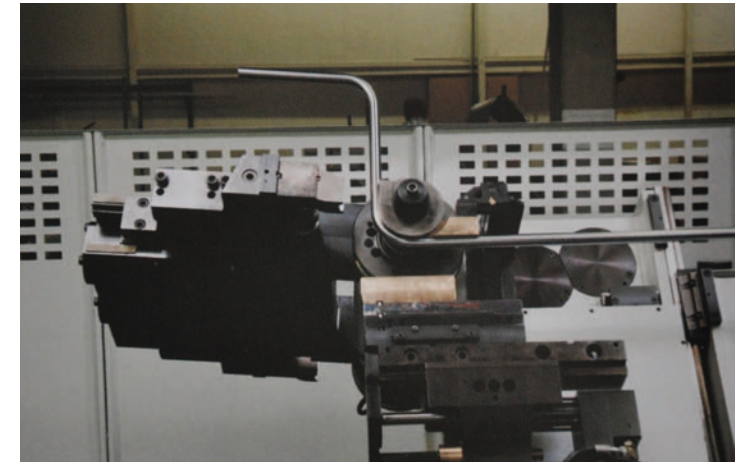
## Dornbiegen

### Wie funktioniert's:

Ein Metallrohr wird über eine Metallhorn gestülpt und zwischen Ausformrolle und seitlich angebrachte Backen geklemmt. Das vordere Stück wird um die rotierende Ausformrolle gebogen und der Dorn hindert das Einfallen der Wandstärken des Rohrs am Biegepunkt. Die Pressklemme wandert mit dem Rohr mit damit sich keine Falten oä. im Rohr bilden.

### Mögliche Materialien:

- Stahl
- Aluminium
- Kupfer
- Titan



Beispiel:  
Stuhlgestell Stuhl S43

Hersteller:  
Thonet  
[www.thonet.de](http://www.thonet.de)



# Rohrbiegen

## Ringwalzen

### Wie funktioniert's:

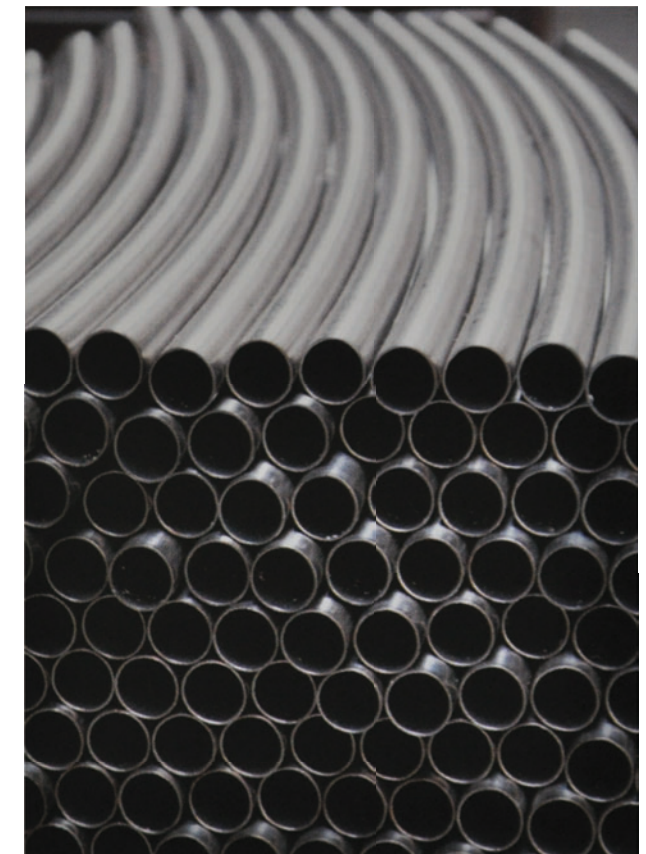
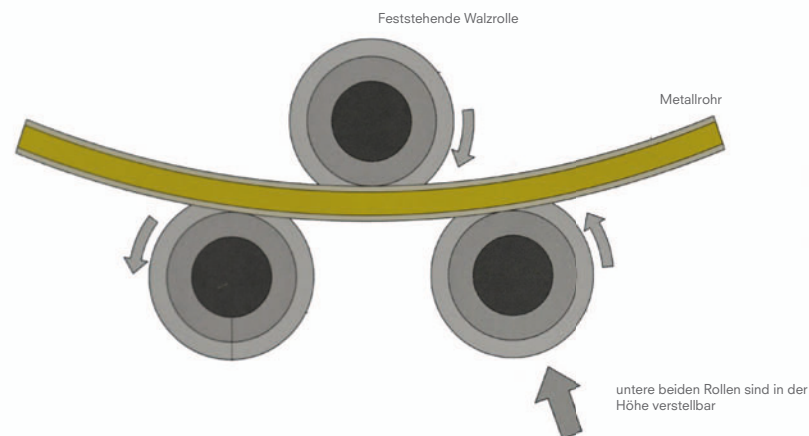
Ein sehr simpler Verformungsprozess:  
Ein Metallrohr wird zwischen 3 Rollen mit dem Metallrohrdurchmesser eingespannt. Dann lassen sich die Rollen (in diesem Fall die unteren beiden) nach oben verfahren. Dadurch wird der Abstand zwischen den Rollen verringert und das Rohr

biegt sich zu einem Radius. Umso geringer der Abstand der Rollen umso kleiner ist der Radius. Danach werden die Rollen in Rotation versetzt, so dass sich das Werkstück zwischendurchbewegt und dadurch verbiegt.

### Mögliche Materialien:

- Stahl
- Aluminium
- Kupfer
- Titan

Ringwalzen



Hersteller:  
Pipercraft  
[www.pipercraft.co.uk](http://www.pipercraft.co.uk)



# Rundkneten

---

Es gibt zwei Rundknetetechniken, Hämmern und Eindrücken. Diese Bearbeitungstechniken werden zum Aufweiten oder Verringern von Metallrohren benutzt. Dabei lassen sich Abschrägungen/ Kegel, Metallverbindungen oder dichte Enden herstellen.

---

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Hohe Präzision

---

## Eignung:

Einzel bis Serienproduktion

---

## Typische Anwendung:

Spikes  
Gerüstbau  
Teleskopstangen

---

## Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Rohrbiegen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit hängt aber von der Komplexität des Werkstücks ab

---

Formrundkneten

---

Hydraulisches Rundkneten

---

# Rundkneten

## Formrundkneten

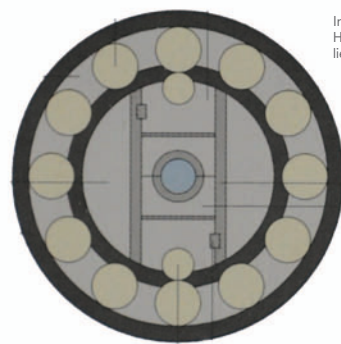
### Wie funktioniert's:

In einer schnell rotierenden Vorrichtung befindet sich ein Hammerwerkzeug mit innenliegender Formmatrize das auf und zu geht und somit rotierend auf das Werkstück einschlägt. Dadurch verformt sich das Werkstück in die forgegebene Form.

### Mögliche Materialien:

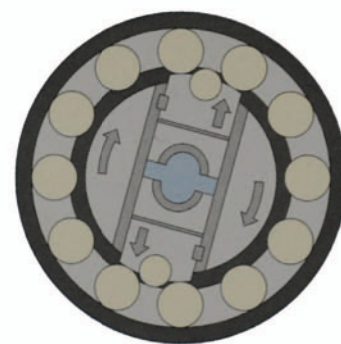
- Stahl
- Aluminium
- Kupfer
- Messing
- Titan

Formrundkneten



geschlossen

Innenliegender  
Hammerblock mit darin  
liegender Form



offen



innenliegende Form



Hersteller:  
Pipercraft  
[www.pipercraft.co.uk](http://www.pipercraft.co.uk)

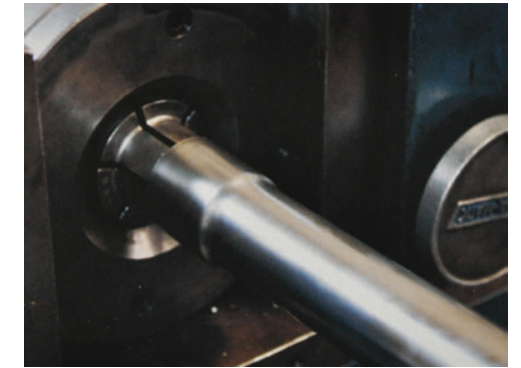
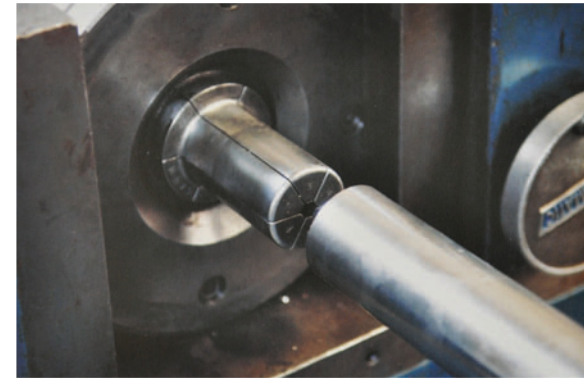


# Rundkneten

## Hydraulisches Rundkneten

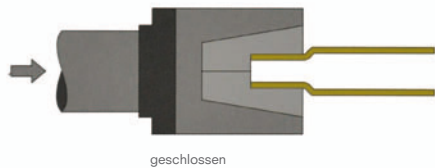
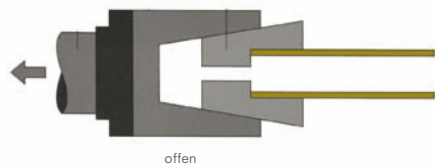
Wie funktioniert's:  
Beim hydraulischen Rundkneten wird der Druck von Innen oder außen auf das Rohr angebracht und somit der Querschnitt verjüngt oder erweitert.

Mögliche Materialien:  
· Stahl  
· Aluminium  
· Kupfer  
· Messing  
· Titan

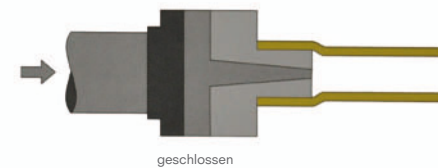
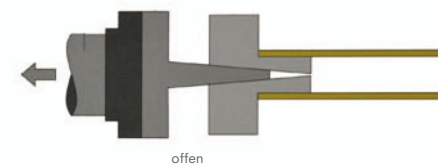


Hydraulisches Rundkneten

Verringern



Aufweiten



Hersteller:  
Pipercraft  
[www.pipercraft.co.uk](http://www.pipercraft.co.uk)





# Rollformen/ Walzprofilieren

---

Rollformen, auch Walzprofilieren genannt, ist ein mehrstufiges Umformungsverfahren mit drehender Werkzeugbewegung (geregelt in der DIN 8586) auf speziellen Maschinen, die gemäß der gewünschten Produktion modular kombinierbar sind.

---

## Kosten:

hohe spezial-Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Abstandspräzision (0,125-025 mm / 0,005-0,01 in.)

---

## Eignung:

Serienproduktion mit mindestens 1500 m (5000 ft.)

---

## Typische Anwendung:

Automobil und Transport  
Bau/ Konstruktion  
Gehäuse für weiße Ware

---

## Verwandte Prozesse:

Gesenkschmieden  
Metallstanzen  
Gesenkbiegen

---

## Geschwindigkeit:

Sehr schnelle Zykluszeit, hängt aber von der Komplexität des Werkstücks ab  
lange Umrüstungszeiten

# Rollformen/ Walzprofilieren

## Wie funktioniert's:

Bsp. Kaltwalzverfahren:  
Nach und nach wird das flache Metall durch eine immer enger werdende Walzstraße befördert und somit zu einem Profil gebogen.

Rollformanlagen können 100 und mehr Meter lang sein, entsprechend den Anforderungen, die das Produkt innerhalb eines Arbeitsprozesses erfüllen soll. Dabei wird ein ursprünglich ebenes ab 0,1 Millimetern starkes Blechband

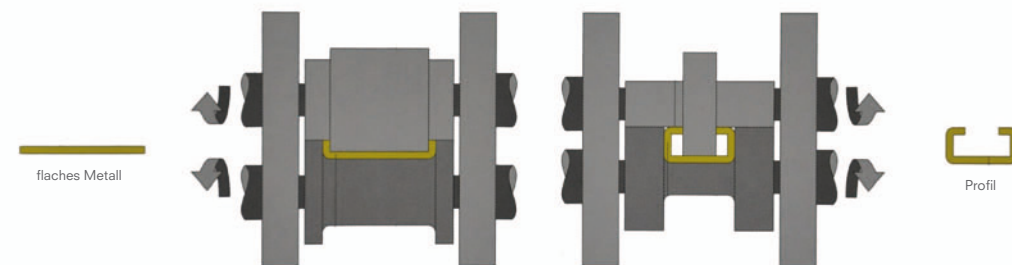
vom Coil herunter mit bis zu 120 Metern pro Minute durch die Anlage befördert. Die Bandeinlaufbreite des Blechs reicht üblicherweise von acht Millimetern bei Zierleisten bis zu 1,2 Metern Breite bei Trapezblechen für Dacheindeckungen. Trotz aller Umformungsschritte innerhalb eines Verfahrens bleibt die Blechstärke beim Rollformen immer konstant. Das Blech durchläuft bis zu 60 und mehr angetriebene Umformstationen bis die gewünschte Profilform gebogen ist.

## Mögliche Materialien:

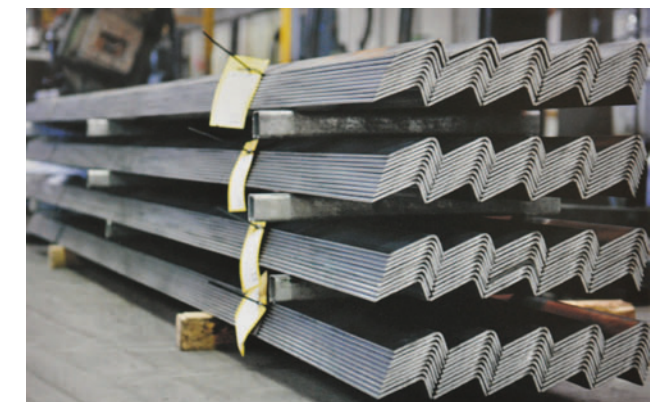
- Stahl
- Edelstahl
- Verzinkter Stahl
- Karbon



Rollformen



Hersteller:  
Blagg & Johnson  
[www.blaggs.co.uk](http://www.blaggs.co.uk)



# Schmieden

---

Schmieden ist das spanlose Druckumformen von Metallen zwischen zwei Werkzeugen durch Querschnittsveränderung. Vorteile sind geringer Materialverlust im Gegensatz zur spanenden Bearbeitung und die gezielte Änderung des Feingefüges, also der Kristallstruktur. Nachteilig ist die gegenüber spanenden Verfahren geringere Genauigkeit. Das manuelle Schmieden (Freiform-

schmieden) gehört zu den ältesten Handwerken der Menschheitsgeschichte. Hier muss der Schmied die Form seines Werkstückes am Amboss oder heute auch z. B. Lufthammer frei erarbeiten, was Einfühlungsvermögen und vor allem Erfahrung bedeutet. Der Schmied (auch Kunstschmied) arbeitet mit Schmiedehammer, Amboss und Kohlen- oder Gas-Esse.

---

## Kosten:

Moderate bis hohe Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Exzellente Metallstruktur

---

## Eignung:

Alle Arten der Produktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil und Luftfahrt  
Handwerkzeug und Metallwerkzeuge  
Schwerlastmaschinen

---

## Verwandte Prozesse:

Rohrbiegen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (normalerweise weniger wie 1 Minute) abhängig von Größe, Form und Metallart

---

Gesenkschmieden

---

Walzschmieden

---



# Schmieden

## Gesenkschmieden

### Wie funktioniert's:

Das Gesenkschmieden unterscheidet sich vom Freiformschmieden darin, dass das Schmiedestück nahezu völlig vom geschlossenen Werkzeug, dem Gesenk umschlossen wird. Die in das Gesenk vom Formenbauer eingebrachte Gravur bestimmt die Form des fertigen Schmiedestücks. Zuerst wird das Bauteil dabei erwärmt, bei komplexen Bauteilen in einem ersten Schmiedevorgang vorgestrichelt und dann in der Form (Gesenk)

geschmiedet.

Je nachdem wie schnell oder langsam der Abkühlprozess erfolgt (an statischer Umgebungsluft, unter einem Lüftergebläse oder in einem flüssigen Medium (Wasser, Öl, Salzbäder, wässrige Polymer-Lösung)) oder ob dieser in einem oder mehreren Schritten (gestuftes Abkühlen) stattfindet, können dadurch dem fertigen Bauteil zusätzliche Materialeigenschaften gegeben werden.

### Mögliche Materialien:

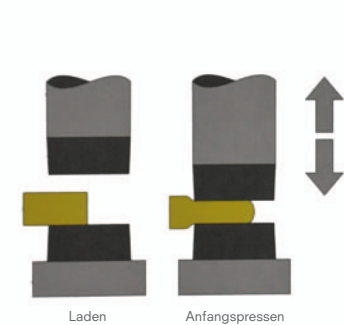
die meisten eisenhaltigen Metalle:

- Edelstahl
  - Karbon
  - Legierungen
- nichteisenhaltige Metalle wie:
- Titan
  - Kupfer
  - Aluminium

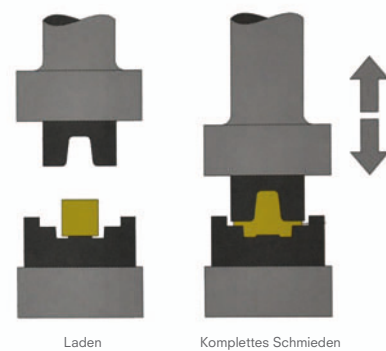


Gesenkschmieden

Schmieden in offener Form



Schmieden in Vollform



Hersteller:  
W.H. Tildesley  
[www.whoildesley.com](http://www.whoildesley.com)



# Schmieden

## Walzschmieden

Wie funktioniert's:

Ein Metallquerschnitt wird nach und nach in heißem Zustand flacher gewalzt/ vorgewalzt.

Danach wird dem vorgewalzten Metall ein Profilquerschnitt eingedrückt.

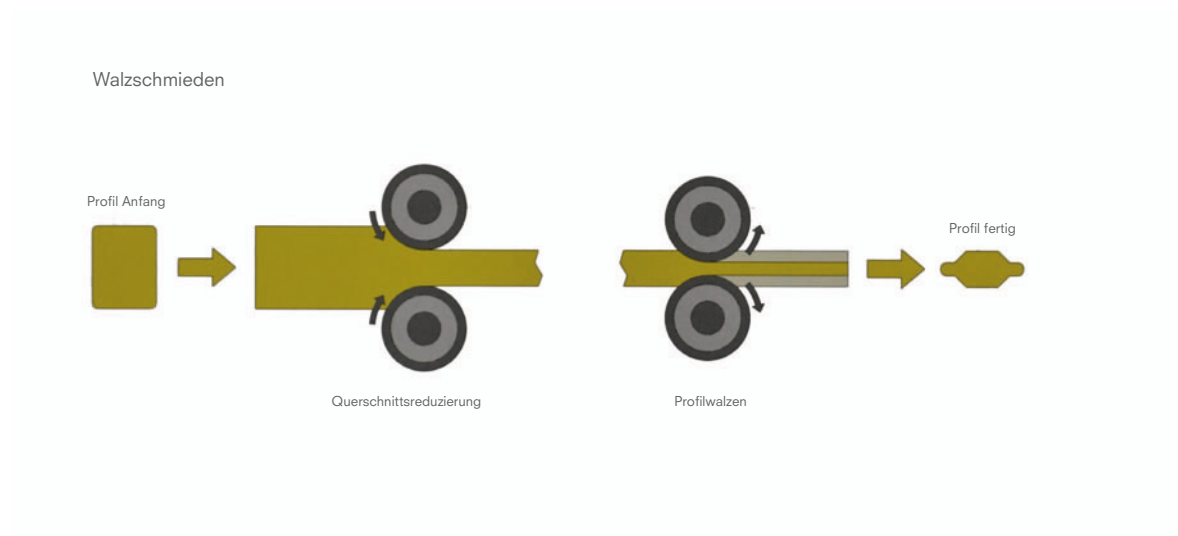
Mögliche Materialien:

die meisten eisenhaltigen Metalle:

- Edelstahl
- Karbon
- Legierungen

nichteisenhaltige Metalle wie:

- Titan
- Kupfer
- Aluminium



# Sandgießen

---

Eine Urform wird in einem Gusskasten befestigt und mit einem Sandgemisch aus Vinylester ausgeschüttet. Dieses Sandgemisch härtet aus und bildet somit eine Negativform zum Ausgießen. Danach wird diese Form mit flüssigem Metall (hier Aluminium) ausgegossen. Nach dem Erkalten des Metalls (ca. 15 Min.) kann das gegossene Objekt entformt werden. Die Sandform wird hierbei zerstört, dh. es ist eine verlorene Form.

---

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Schlechte Endoberfläche und hohe Porosität

---

## Eignung:

Einzel- bis geringe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Architekturleuchten  
Automobil  
Möbel und Leuchten

---

## Verwandte Prozesse:

Schleudergießen  
Druckgießen  
Schmieden

---

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (normalerweise 30 Minuten) abhängig von zusätzlichen Arbeitsprozessen



# Sandgießen

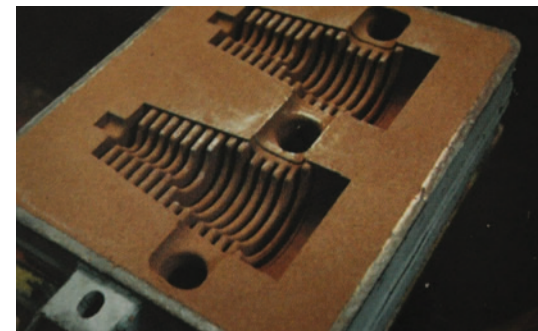
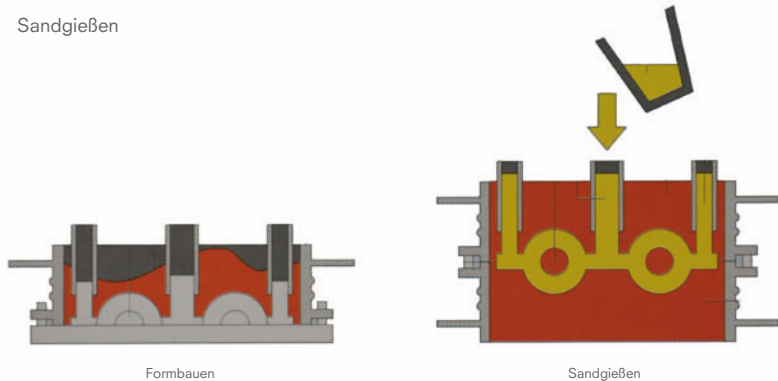
Wie funktioniert's:

Bsp. Guss eines Leuchtengehäuses.  
Die später verlorene Sandform wird  
mit flüssigem Aluminium ( über 900°  
C) ausgefüllt und später entformt.

Mögliche Materialien:

- Eisen
- Stahl
- Kupferlegierungen
- Messing
- Bronze
- Aluminiumlegierung
- Magnesium (Luftfahrt)

Sandgießen



Hersteller:  
Luthon Engineering Pattern Company  
[www.chilterncastingcompany.co.uk](http://www.chilterncastingcompany.co.uk)



# Druckgießen

---

Das Druckgießen ist dem Spritzgießen von Kunststoffen sehr ähnlich. Jedoch ist es für metallische Werkstoffe gedacht. Metallische Werkstoffe haben im Einzelfall Vorteile, die den Markt für Druckgussartikel sichern.

---

## Kosten:

Hohe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr hochwertige Endoberfläche  
Variable mechanische Möglichkeiten

---

## Eignung:

Hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil  
Möbel  
Küchenartikel

---

## Verwandte Prozesse:

Schmieden  
Feingießen  
Sandgießen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit abhängig von der Größe und Komplexität des Bauteils

---

(Hoch-)druckgießen

---

Niederdruckgießen

---

# Druckgießen

## (Hoch-)druckgießen

### Wie funktioniert's:

Beim Druckguss wird die flüssige Schmelze unter hohem Druck von ca. 10 bis 200 MPa und mit einer sehr hohen Formfüllgeschwindigkeit von bis zu 120 m/s in eine Druckgussform (Gussform, Kavität) gedrückt, wo sie dann erstarrt. Das Besondere am Druckgussverfahren ist, dass mit einer Dauerform, d. h. ohne Modell, gearbeitet wird. Dadurch fällt bei einer Serie gleicher Bauteile die Formherstellung nur einmal an,

allerdings bei wesentlich höherem Herstellungsaufwand. Damit wird eine hohe Mengenleistung erzielt, insbesondere bei einer Warmkammer-Druckgießmaschine, bei der sich der Gießbehälter und der Gießkolben ständig in der Schmelze befinden. Bei Legierungen, deren Schmelzpunkt höher ist, wird das Kaltkammer-Druckgussverfahren angewendet, die Gießgarnitur befindet sich hierbei außerhalb der metallischen Schmelze.

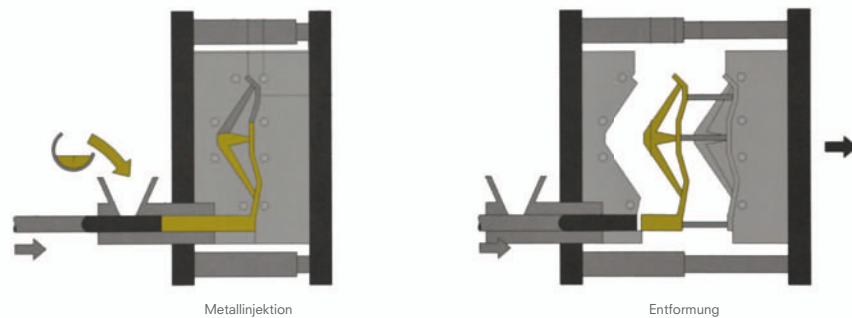
### Mögliche Materialien:

nur nichteisenhaltigen Metalle:

- Aluminium
- Magnesium
- Zink
- Kupfer
- Zinn



Hochdruckgießen



Beispiel:  
Chair One  
Konstantin Grcic

Hersteller:  
Magis  
[www.magisdesign.com](http://www.magisdesign.com)





# Druckgießen

## Niederdruckgießen

### Wie funktioniert's:

Unter Niederdruck-Gießverfahren (ND-Gießverfahren) versteht man Gießanordnungen, bei denen die Metallschmelze meist mittels eines Steigrohrs von unten her in den Formhohlraum der aufgesetzten Gießform, meist eine Kokille (Dauerform), aber auch eine Sandform oder eine Feingießform (Schalenform), gedrückt wird. Dabei wird die Aufwärtsbewegung des flüssigen Metalls entgegen der Schwerkraft vorzugsweise nach dem Gasdruckprinzip bewirkt. Der grundsätzliche Verfahrensablauf

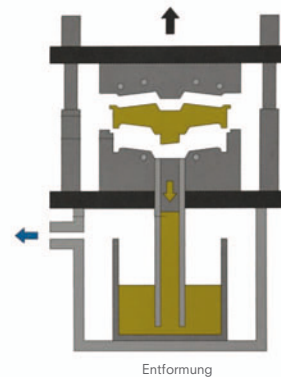
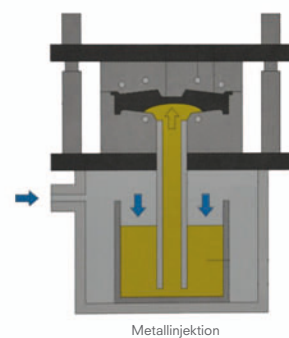
ist folgender. Durch Gasdruckbeaufschlagung gelangt das Metall steigend in den Formhohlraum. Nach der Formfüllung bleibt auch während der Erstarrung der Gasdruck aufrechterhalten, um die Nachspeisung zum Ausgleich des Volumendefizits (Lunker) beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand zu ermöglichen. Dies setzt naturgemäß eine möglichst gerichtete Erstarrung von oben nach unten voraus und bedingt eine möglichst günstige Gussstückgestaltung oder Querschnittsabstufungen.

### Mögliche Materialien:

nur nichteisenhaltigen Metalle:

- Aluminium
- Magnesium
- Zink
- Kupfer
- Zinn

Niederdruckgießen



# Feingießen

## Wie funktioniert's:

Unter Feinguss versteht man die Herstellung von kleinen bis kleinsten Gussteilen nach dem Wachsaustrichmelzverfahren. Die Gussstücke zeichnen sich durch Detailstärke, Maßgenauigkeit und Oberflächenqualität aus. Oftmals kann eine spanende Bearbeitung eingespart werden. Das Modell wird dabei aus speziell geeigneten Wachsen oder ähnlichen

Thermoplasten oder deren Gemischen zum Beispiel im Spritzgussverfahren hergestellt. Die Modelle werden zunächst in Einfach- oder Mehrfachwerkzeugen gespritzt. Diese Werkzeuge bestehen in der Regel aus Aluminium oder Stahl. Je nach Gesamtstückzahl, Gestalt des Gussstückes und Art des Modellwerkstoffes wird das entsprechende Spritzwerkzeug

gebaut. Um Hinterschneidungen in der Kontur mit einzubringen, können vorgeformte wasserlösliche oder keramische Kerne erforderlich sein, für welche dann ein Zusatzwerkzeug benötigt wird. Deswegen lohnt sich Feingießen nur bei größeren Stückzahl ab etwa 4000 Stück.

## Kosten:

Geringe bis moderate Kosten für Wachspritzguss  
Keine dauerhaften Formen  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Sehr hochwertige Qualität  
Komplexe Formen mit hoher Widerstandsfähigkeit

## Eignung:

Geringe bis hohe Stückzahlproduktion

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Bau/ Konstruktion  
Elektronikartikel

## Verwandte Prozesse:

Druckgießen  
MIM-Spritzgießen  
Sandgießen

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit (ca. 24 Stunden)

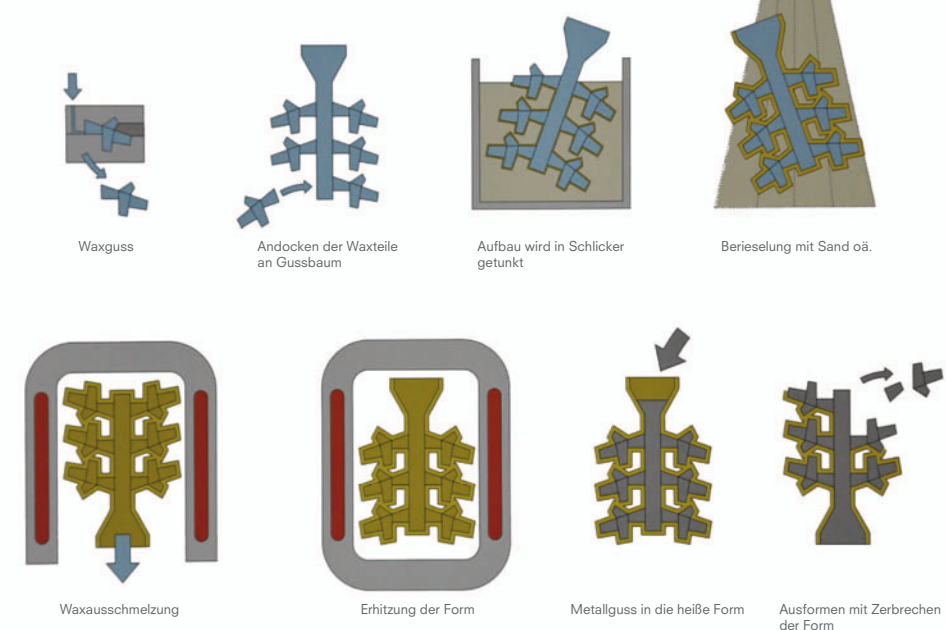
Im nächsten Schritt werden die Modelle mit dem Gießsystem zu sogenannten Modelltrauben zusammengefügt. Diese Modelltraube wird dann in einen sogenannten Schlicker getaucht. Der Schlicker ist eine keramische Masse zur Herstellung einer Formschale aus feinem feuerfesten Mehl als Formgrundstoff und zum Beispiel Ethylsilikat als Bindemittel. Die mit Schlicker benetzte Traube wird anschließend mit Sand berieselt oder die Traube wird in ein durch Druckluft fluidisiertes Sandbett getaucht. Das Tauchen und Besanden wird so oft wiederholt, bis die Formschale die notwendige Stabilität zum Abguss erreicht hat. Zum Ausschmelzen der Wachsmodele bei etwa 150 °C dienen spezielle Ausschmelzöfen (in der Regel sind dies Autoklaven), während das Brennen der Formen bei etwa 750 bis 1200 °C vorgenommen

wird. Die gebrannten Formen können nun direkt abgegossen werden. Ist der metallostatistische Druck und die Gießtemperatur der Schmelze hoch, können die Formen auch in einen Kasten gegeben, und mit trockenem Sand als Füllstoff hinterfüllt werden. Das Gießen geschieht meistens in heiße Formen, damit auch enge Querschnitte und feine Konturen sauber „auslaufen“, wie es der Gießer bezeichnet. Nach dem Abguss und der vollständigen Erstarrung der Schmelze wird das Gussstück entformt, und die Gussteile werden mittels Trennscheibe, Säge oder Vibration vom Gießsystem getrennt. Anschließend erfolgt die notwendige Nacharbeit durch Putzen, Schleifen, Strahlen sowie die Wärmebehandlung und Richten wie auch die erforderlichen Prüfungen der Gussteile.

Mögliche Materialien:  
fast alle eisenhaltigen und nichteisenhaltigen Metalllegierungen: (vorallem für Materialien die mit anderen Herstellungsprozessen nicht bearbeitet werden können)

- Karbon
- nicht legierter Stahl
- Edelstahl
- Aluminium
- Titan
- Zink
- Kupferlegierungen
- Edelmetall
- Nickel
- Kobalt
- magnetische Legierungen

Feingießen



# Feingießen



Beispiel:  
Teil für Fenster

Hersteller:  
Deangroup International  
[www.deangroup-int.co.uk](http://www.deangroup-int.co.uk)



# MIM-Spritzgießen

## Wie funktioniert's:

Das MIM-Spritzgießen (Metal Injection Molding) vereint Metallkunde mit der Technik des Spritzgießens. Es ist geeignet für die Produktion von kleinen Teilen aus diversen Metallen. Feiner Metallpulver wird mit einem thermoplastischen Waxbinder vermischt. Danach wird das Ganze im herkömmlichen Spritzgussverfahren

geformt, mit dem Unterschied dass die Gussteile ca. 20% in jede Dimension größer sind bevor sie erhitzt und gesintert werden. Dann werden die Gussteile erhitzt um Thermoplaste und Waxbinder zu entfernen. Danach werden die Teile im Vakuumofen gesintert. Dabei schrumpft das Gussteil um ca. 15-20%.

## Mögliche Materialien:

- meist eisenhaltigen Metalle:
- niedriglegierter Stahl
- Werkzeugstahl
- Edelstahl
- Magnetische Legierungen
- Bronze

## Kosten:

Hohe Werkzeugkosten  
Moderate bis geringe Stückkosten

## Qualität:

Sehr hochwertige Endoberfläche  
Hohe Dichte

## Eignung:

Hohe Stückzahlproduktion  
Kleine bis mittlere Stückzahlproduktionen für bestimmte Anwendungen

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil  
Elektroartikel

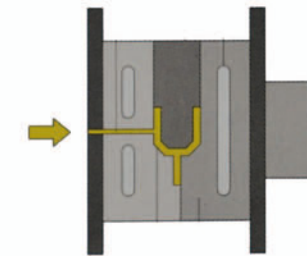
## Verwandte Prozesse:

Druckgießen  
Schmieden  
Feingießen

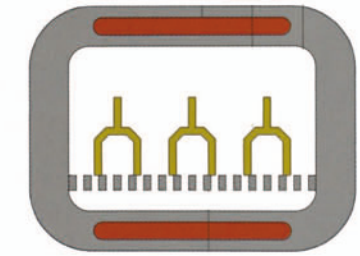
## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit ähnlich wie beim Spritzgießen (normalerweise ca. 30-60 Sekunden)  
Entbindern und Sintern (2-3 Tage)

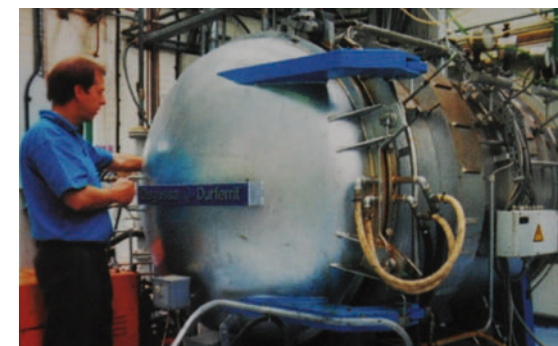
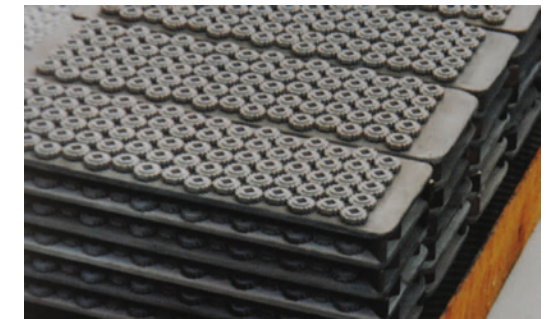
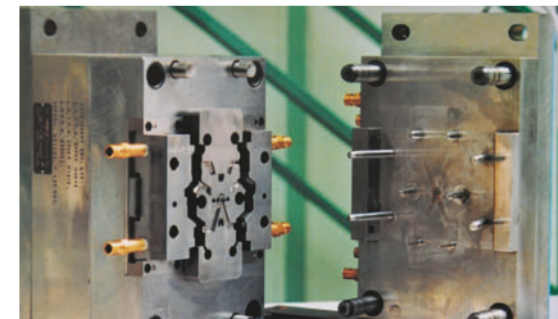
MIM-Spritzgießen



Spritzguss



Erhitzen und Sintern



Beispiel:  
Zahnrad für Fenster

Hersteller:  
Metal Injection Mouldings  
[www.metalinjection.co.uk](http://www.metalinjection.co.uk)



# Elektroformen

## Wie funktioniert's:

Mit dem Elektroformen lassen sich Abdrücke aus Metall formen. Dabei wird entweder eine Negativform die später entfernt wird verwendet, oder eine Positivform deren Oberfläche mit Metall beschichtet wird.

Als Negativform eignen sich jegliche Materialien wie Holz, Silikon.....

Die Silikonnegativform wird mit Silberpulver bedeckt um eine Basis für

das Ansetzen des Kupfers im Kupferbad zu gewährleisten. Danach wird die Form unter Spannung gelegt und in ein Kupferionenbad getaucht. Dann setzen sich die Kupferionen auf der Oberfläche der Form fest und bilden eine eigene Schicht mit Wandstärke abhängig von der Dauer des Bades. Bsp. hier ca. 48 Stunden.

## Mögliche Materialien:

- Holz
- Keramik
- Kunststoff
- Silikon

## Kosten:

normalerweise niedrige Werkzeugkosten  
Hohe Stückkosten, abhängig vom Elektroformmaterial

## Qualität:

Sehr gute Qualität für Replikat mit unterschiedlichen Wandstärken

## Eignung:

Einzel bis Beschränkte Produktionsmenge

## Typische Anwendung:

Architektur und Innenausbau  
Biomedizin  
Schmuck, Schmiedekunst und Skulpturen

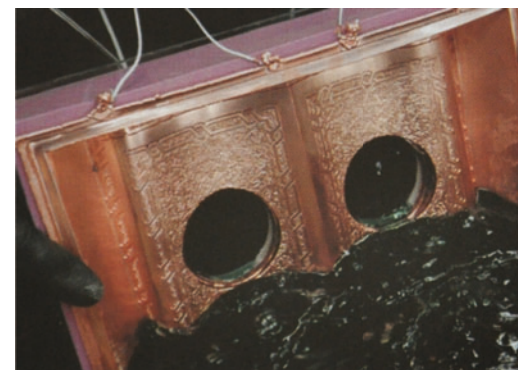
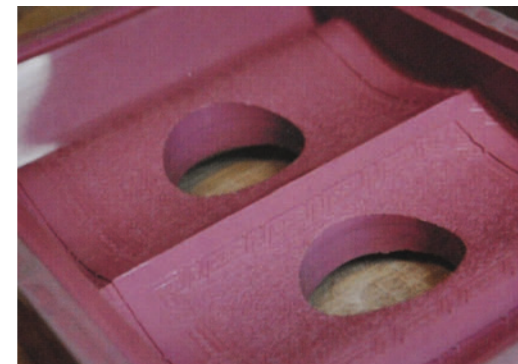
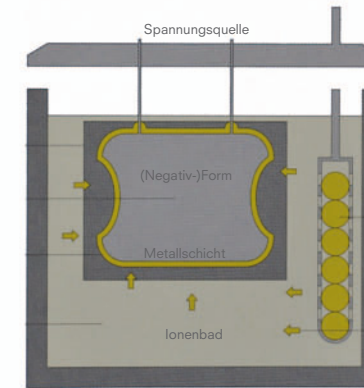
## Verwandte Prozesse:

CNC Bearbeitung  
Feingießen  
Laserschneiden und gravieren

## Geschwindigkeit:

Sehr lange Zykluszeit (einige Stunden bis zu mehreren Wochen) abhängig vom Material und der Wandstärke

Elektroformen



Beispiel:  
Replikat Buch

Hersteller:  
BJS Company  
www.bjsco.com

# Schleudergießen

## Wie funktioniert's:

Schleuderguss wird gewählt, wenn rotationssymmetrische Bauteile herzustellen sind. Hierzu wird flüssiges Metall (Schmelze) in eine um ihre Mittelachse rotierende Gussform (Kokille) gefüllt. Durch reibungsbedingte Schubkräfte wird die Schmelze ebenfalls in Rotation versetzt und durch die Zentrifugalkraft an die Kokillenwand gepresst.

## Horizontalgießen:

Beim Horizontalguss wird die Schmelze in eine liegende Kokille eingegossen, die von vorn und hinten mit Deckeln verschlossen ist.

## Vertikalgießen:

Beim Vertikalguss erfolgt der Abguss in einer Kokille, deren Achse vertikal rotiert. Vertikalguss wird hauptsächlich für konische oder kugelförmige Außenkonturen eingesetzt.

## Mögliche Materialien:

- Weißmetall
- Hartzinn
- Zink
- viele andere Metalle...

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten abhängig vom Material

## Qualität:

Sehr gute Reproduktion von feinen Details und Oberflächentextur  
Keine Einschlüsse etc. hohe Festigkeit

## Eignung:

Einzel- bis Serienproduktion

## Typische Anwendung:

Badezimmerartikel  
Schmuck  
Prototypenbau und Modellbau

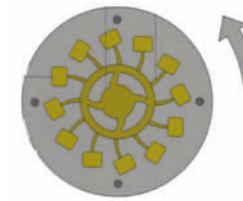
## Verwandte Prozesse:

Druckgießen  
Feingießen  
Sandgießen

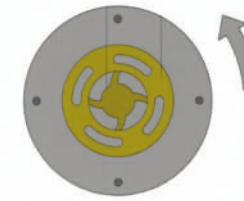
## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (normalerweise 0,5-5 Minuten)

Schleudergießen



Horizontalgießen mit Mehrfachwerkzeug



Horizontalgießen mit Einzelwerkzeug



Vertikalgießen mit offenem Werkzeug



Einfachform



Mehrfachform

Beispiel:  
Hartzinn-Modell

Hersteller:  
CMA Moldform  
[www.cmamoldform.co.uk](http://www.cmamoldform.co.uk)

# Metallbiegen

---

Das Biegen von Blechen, auch Abkanten oder Umbördeln genannt, wird im Prinzip durch das Umklappen eines Flächenteils gegenüber dem verbleibenden Flächenteil einer Blechtafel bewirkt. Je nach den zur Anwendung kommenden handwerklichen Werkzeugen oder industriellen Verfahren und Maschinen sind relevante Ausprägungen am Werkstück wie Biegekante, Biegewinkel oder

Biegeradius mehr oder weniger exakt definiert und reproduzierbar. Zur maßgenauen Bearbeitung ist dabei die Biegeverkürzung mit einzuberechnen und die Blechabwicklung vorzuplanen. Eine Blechbiegung mit einem Biegewinkel von 180° zur Herstellung eines Falzes wird als Umschlag bezeichnet.

---

## Kosten:

Keine extra Kosten für Standardwerkzeug  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Qualität und akkurate Biegungen

---

## Eignung:

Einzel bis kleine Einheiten

---

## Typische Anwendung:

Elektroartikel  
Verpackung  
Transport und Automobil

---

## Verwandte Prozesse:

Extrudieren  
Metallstanzen  
Rollformen

---

## Geschwindigkeit:

Zykluszeit bis zu 6 Biegungen pro Minute  
Maschineneinrichtung kann lange dauern

---

Gesenkbiegen

---

Schwenkbiegen

---



# Metallbiegen

## Gesenkbiegen

### Wie funktioniert's:

In einer Gesenkbiegepresse, Abkantpresse oder Kantbank werden Blechteile wie Verkleidungsteile, Gehäuse oder Maschinenkomponenten durch Biegen hergestellt. Die Presse besteht grundlegend aus dem Biegestempel und dem Biegegesenk. Kommen noch ein Werkzeugspeicher und Werkzeugwechseleinrichtung hinzu, spricht man von einem Gesenkbiegezentrum.

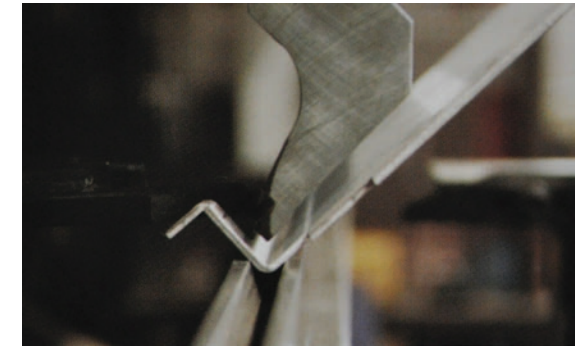
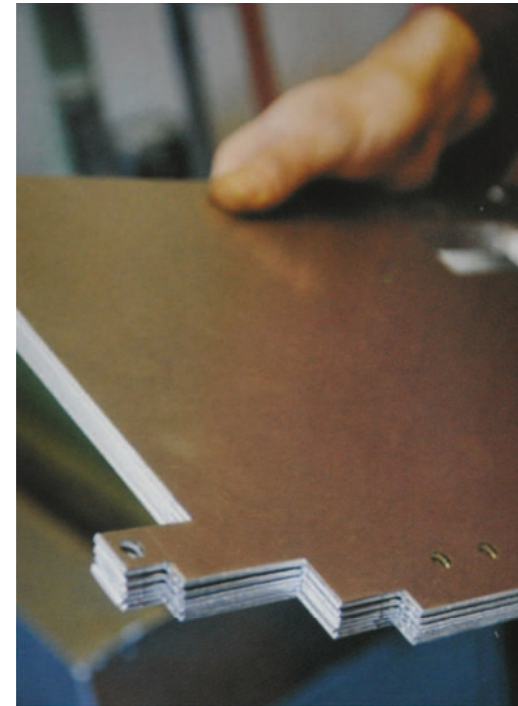
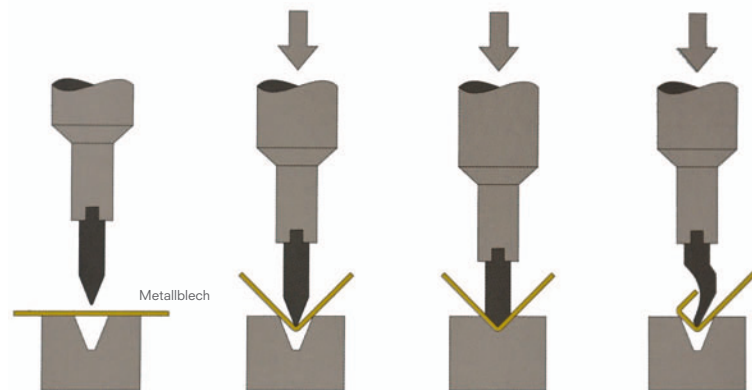
Beim Gesenkbiegen befindet sich ein Blech zwischen Stempel und Gesenk. Wird nun der Stempel gesenkt, wird

das Blech in das Gesenk gedrückt und nimmt die Form des Gesenkes an. Durch ein nicht vollständiges Absenken können auch beliebige kleinere Biegewinkel erzeugt werden. Bei komplizierteren Profilen sind auch mehrere Senkungen möglich, dabei wird nach der ersten Senkung das Blech anders positioniert und der Stempel nochmals gesenkt. Die Presse muss hierfür nicht neu eingerichtet werden, weshalb es sich um eine sehr wirtschaftliche Art der Formgebung handelt.

### Mögliche Materialien:

- fast alle Metalle:
- Stahl
  - Aluminium
  - Kupfer
  - Titan
  - etc....

Gesenkbiegen



Hersteller:  
Cove Industries  
[www.cove-industries.co.uk](http://www.cove-industries.co.uk)





# Metallbiegen

## Schwenkbiegen

### Wie funktioniert's:

Beim Schwenkbiegen wird das Blech durch eine Oberwange gespannt und durch eine Schwenkbewegung der Biegewange gebogen. Neben Stand-alone-Schwenkbiegemaschinen werden leistungsfähige Biegezentren zur flexiblen Fertigung großer Mengen an Biegeteilen, vor allem auch für komplexe Biegeformen, bis zu Einzelstücken verwendet. Typische Produkte sind: Elektroschränke, Gehäuse, Büromöbel, Türen, Kassetten, etc. Siehe hierzu auch: Kantteil. Das Rollbiegen ist eine patentierte Sonderform des Schwenkbiegens, bei

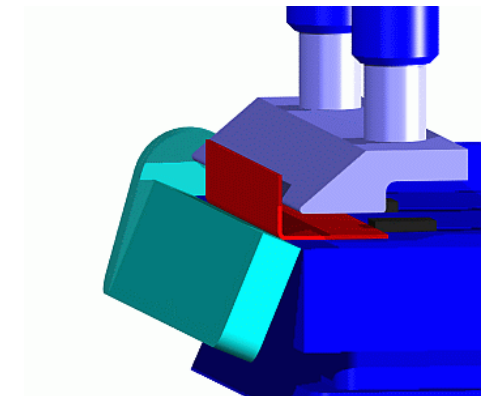
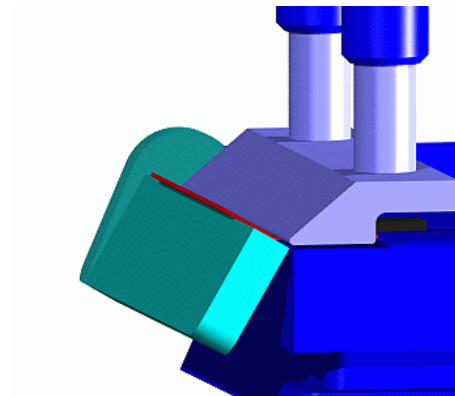
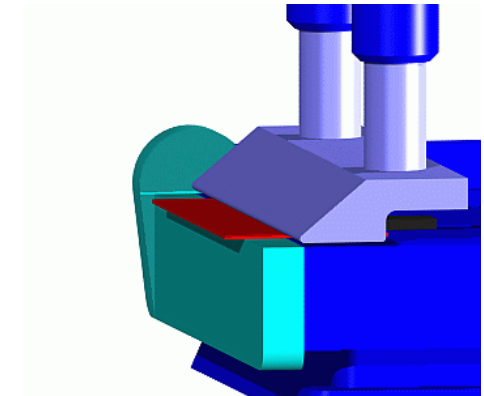
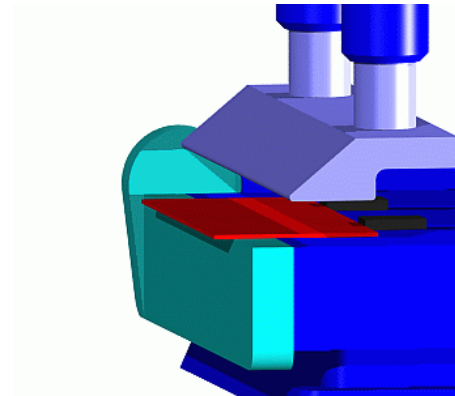
der sich die Biegewange während der Schwenkbewegung kontrolliert vom Blech weg bewegt. Damit unterbleibt jegliche Relativbewegung zwischen Werkzeug und Blech, wodurch keine Kratzspuren an der Blech-Oberfläche entstehen können. Dies ist etwa beim Biegen von Edelstahl und bei Blechen mit vorlackierter oder vorbeschichteter Oberfläche wichtig. Mit dem gesteuerten Wegfahren der Biegewange können zudem programmierbare Biegeradien erzeugt werden. Das Rollbiegen kommt bei manchen Biegezentren zum Einsatz.

### Mögliche Materialien:

fast alle Metalle:

- Stahl
- Aluminium
- Kupfer
- Titan
- etc....

Schwenkbiegen



# Glasblasen

---

Sowohl dekorative als auch funktionale, hohle und offene Gefäße können durch Glasblasen hergestellt werden. Dabei wird Luft in einen Klumpen von geschmolzenem Glas geblasen, um dieses aufzublasen und die Wandstärke nach und nach zu verringern.

---

## Kosten:

Hohe Werkzeugkosten für mechanisierte Produktionen, niedrige für Einzelproduktionen

---

## Qualität:

Gute Qualität und hoher Wahrnehmungswert

---

## Eignung:

Einzel bis Serienproduktion

---

## Typische Anwendung:

Essen und Getränkeverpackung  
Pharmazeutische Verpackungen  
Tisch- und Küchenzubehör

---

## Verwandte Prozesse:

Glaspressverfahren  
Kunststoffblasformen  
Wasserstrahlschneiden und Glasschneiden

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit bei mechanisiertem Ablauf  
Lange bis sehr lange Zykluszeiten für Einzelproduktionen

---

manuelles Glasblasen

---

mechanisiertes Blas-Blas-Verfahren

---

mechanisiertes Press-Blas-Verfahren

---

# Glasblasen

## manuelles Glasblasen

### Wie funktioniert's:

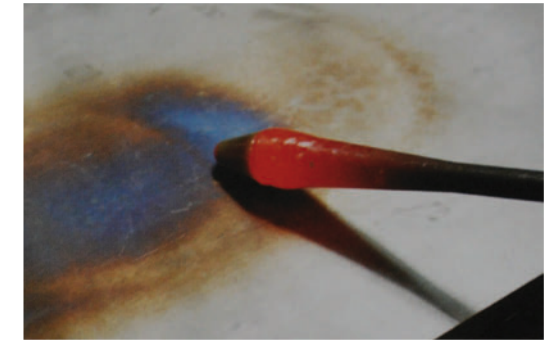
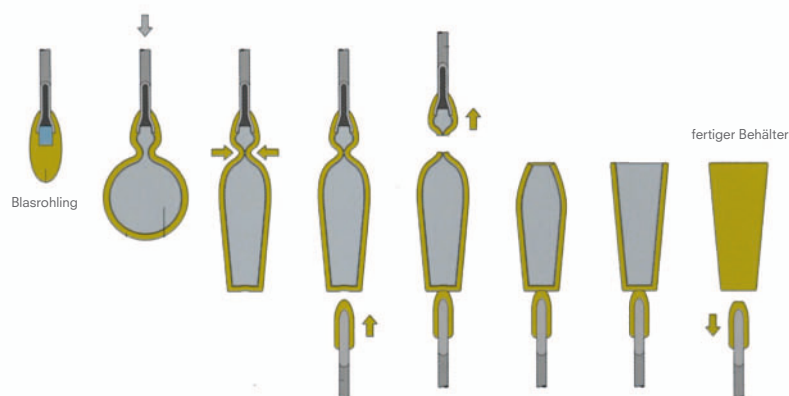
In einem dauernd erhitzten Schmelz-  
tegel befindet sich eine Glasschmelze  
(meist Kalknatronglas oder Kristall-  
glas) mit über 1120° C.  
Dann wird ein Eisenstab bei 600° C  
zum glühen gebracht und ein Stück  
farbiges Glas wird am Ende befestigt.  
Danach wird dieses in die Glass-  
schmelze getunkt und in glühendem  
Zustand nach und nach in eine Vor-  
form mittels drehen des Eisenstabes  
in dieser gebracht. Diese Vorgang

wird mehrmals wiederholt bis die  
erwünschte Vorform mit genug  
Material erreicht ist. Danach wird das  
ganze über das Blasrohr aufgeblasen,  
gedreht, erhitzt, usw. So lange bis die  
entgültige Form erreicht ist.  
Um genauer an die gewünschte  
Endform zu gelangen kann eine  
kalte Gegenform verwendet werden,  
durch die das Werkstück gedreht  
wird. Darin kühlt das heiße Glas dann  
schneller ab und verformt sich.

### Mögliche Materialien:

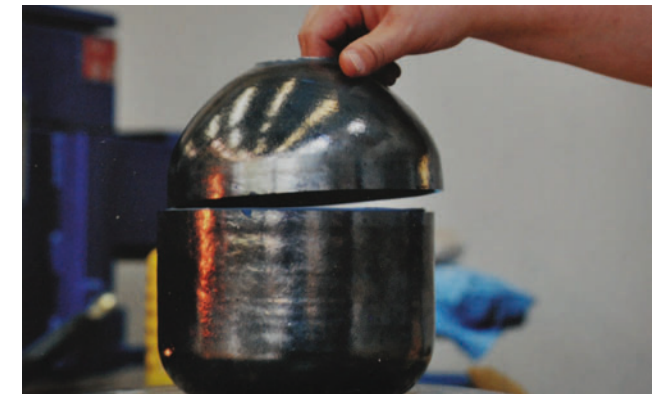
- Kalknatronglas
- Kristallglas

Manuelles Glasblasen



Beispiel:  
Gefäß

Hersteller:  
The National Glass Center  
[www.nationalglasscenter.com](http://www.nationalglasscenter.com)





# Glasblasen

## mechanisiertes Blas-Blas-Verfahren

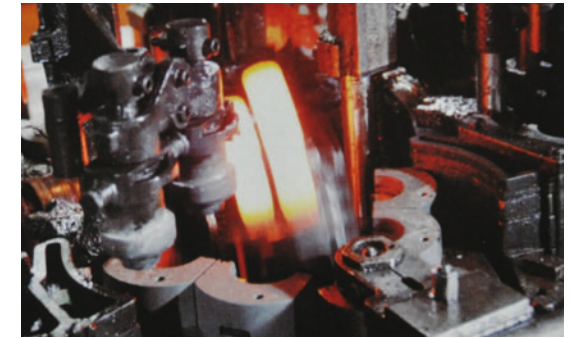
### Wie funktioniert's:

Beim Blas-Blas-Verfahren wird zuerst ein Klumpen heißes Glas in eine Vorform gedrückt und leicht ausgeblasen.

Danach kommt der Vorförmling in eine zweite Form wo er komplett in seine entgültige Form geblasen wird.

### Mögliche Materialien:

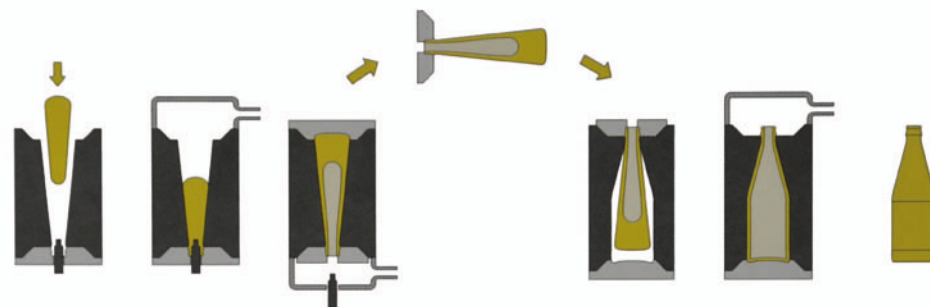
- Kalknatronglas
- Kristallglas



Beispiel:  
Flasche

Hersteller:  
Beatson Clark  
[www.beatsonclark.co.uk](http://www.beatsonclark.co.uk)

Mechanisiertes Blas-Blas-Verfahren



Aufblasen Vorförmling

In Form blasen

# Glasblasen

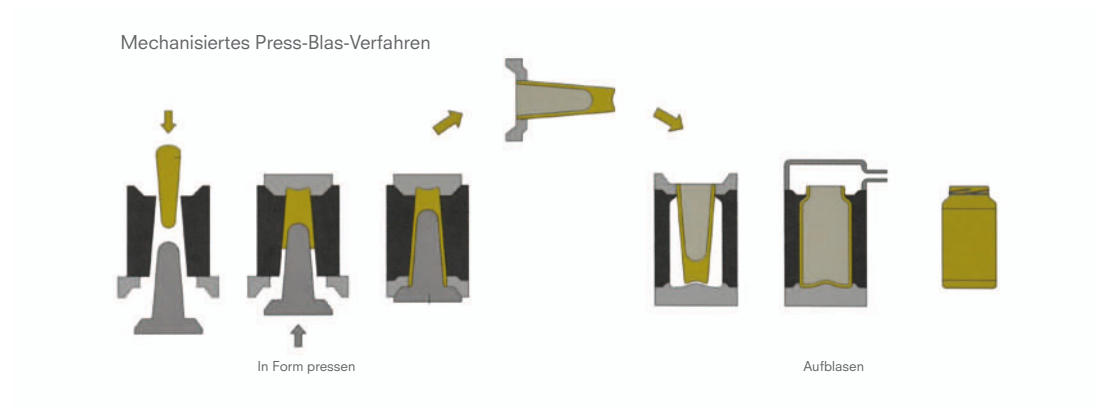
## mechanisiertes Press-Blas-Verfahren

### Wie funktioniert's:

Beim Press-Blas-Verfahren wird zuerst ein Klumpen heißes Glas in eine Vorform (mit Hohlraum) gepresst. Danach kommt der Vorförmling in eine zweite Form wo er komplett in seine entgültige Form geblasen wird.

### Mögliche Materialien:

- Kalknatronglas
- Kristallglas



# Kunstglasblasen

Beim Kunstglasblasen wird normalerweise eine Öllampe oder ein Brenner zum Erhitzen eines Glasrohres benutzt. Dieses wird dann durch Einblasen, und Drücken mit verschiedenen Werkzeugen in seine Form gebracht. Heute wird Kunstglasblasen hauptsächlich noch im Kunsthandwerk angewendet.

Mögliche Materialien:  
viele verschiedene Glasarten:  
· Borosilikate  
· Kalknatronglas

**Kosten:**  
normalerweise keine Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

**Qualität:**  
Sehr gute Qualität abhängig vom Können des Kunstglasbläfers

**Eignung:**  
Geringe bis mittlere Stückzahlproduktion

**Typische Anwendung:**  
Kunst  
Schmuck  
Laborequipment

**Verwandte Prozesse:**  
Glaspressformen  
Glasblasen

**Geschwindigkeit:**  
Moderate bis lange Zykluszeit abhängig von Größe und Komplexität des Werkstücks

Blasverfahren

Lochbohren

Biegen

Spindelformen



Beispiel:  
Chemiglasbehälter

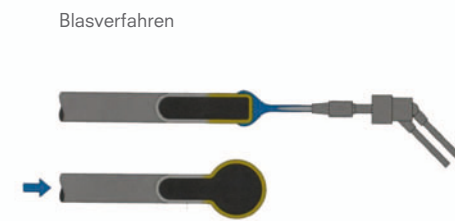
Hersteller:  
Dixon Glas  
[www.dixonglass.co.uk](http://www.dixonglass.co.uk)



# Kunstglasblasen

## Blasverfahren

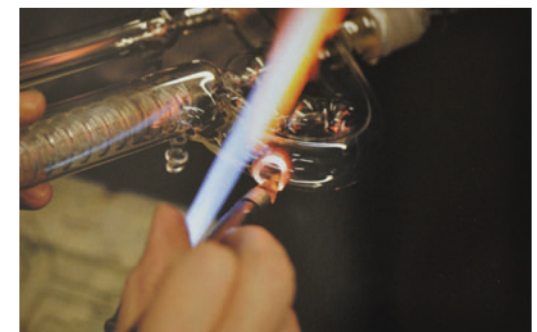
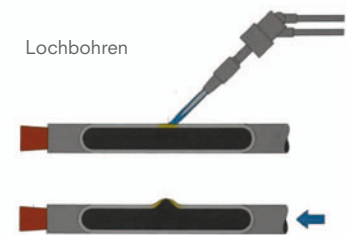
Wie funktioniert's:  
Formen einer Kugel am Ende des Rohres. Diese wird dann immer mehr aufgeblasen.



# Kunstglasblasen

## Lochbohren

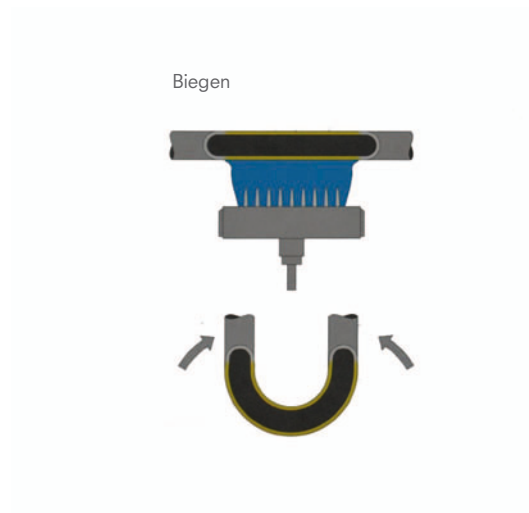
Wie funktioniert's:  
Einschneiden eines Loches mittels Werkzeug



# Kunstglasblasen

## Biegen

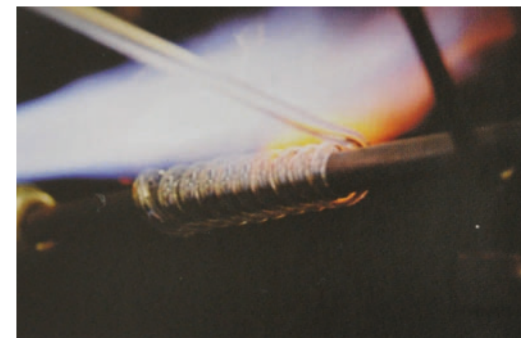
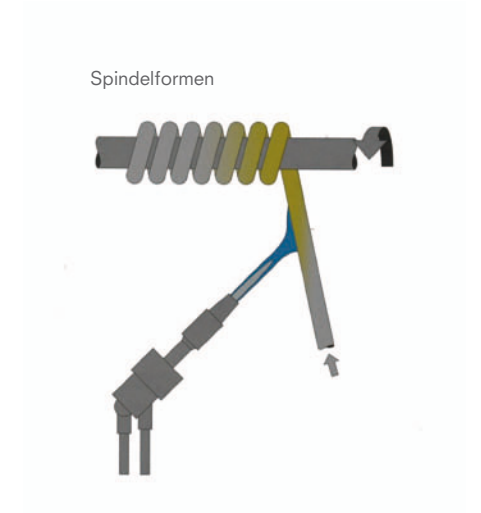
Wie funktioniert's:  
Flächige Erhitzung und Biegung des  
Glasrohrs



# Kunstglasblasen

## Spindelformen

Wie funktioniert's:  
Umwickeln einer Form mit dem  
heißen Glasrohr



# Töpfern

## Wie funktioniert's:

Keramische Produkte die axensymmetrisch sind können mit einer Töpferscheibe hergestellt werden. Form und Funktion des Objekts bestimmt der Töpfer. Dazu sind diese abhängig vom Können und den angewandten Techniken des Töpfers. Zuerst wird der Ton in eine Lehmühle gepackt, wo er sich gut durchmischt und Luftpneinschlüsse herausgeknetet werden. Danach wird

die gewünschte Menge an vorgeknetetem Ton auf die sich drehende Töpferscheibe gelegt. Danach drückt der Töpfer den Ton immer weiter nach oben um eine Wandstärke aufzubauen. Überstände werden abgeschnitten, mit verschiedenen Werkzeugen und Techniken können unterschiedliche Geometrien erreicht werden.

## Mögliche Materialien:

- Tonwaren
- Steinzeug
- Porzellan

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

## Qualität:

Variabel da es Handarbeit ist

## Eignung:

Einzel- bis Kleinserienproduktion

## Typische Anwendung:

Gartenartikel  
Küchenartikel  
Tischdeko

## Verwandte Prozesse:

Schlickergießen  
Keramikformpressen

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (15-45 Minuten) abhängig von der Größe und Komplexität des Objekts  
Langer Brennprozess (8-12 Stunden)

Töpfern



Lehmühle



Töpfern auf Töpferscheibe



Beispiel:  
Tontopf

Hersteller:  
S.&B. Evans & Sons  
[www.sandbevansandsons.com](http://www.sandbevansandsons.com)



# Schlickergießen

## Wie funktioniert's:

Der Schlickerguss ist ein spezielles Gipsform-Gussverfahren zum Gießen von Grünkörpern, Rohlingen oder Gusskörpern, die zum Brand keramischer Erzeugnisse geeignet sind. Der Schlickerguss kommt beispielsweise in der traditionellen Porzellanherstellung zur Anwendung.

Der Schlicker, ein Mineral-Wassergemisch definierter Viskosität,

wird in vorher sorgfältig getrocknete Gipsformen eingebracht. Der Gips entzieht dem Schlicker rasch Wasseranteile, wodurch sich die mineralischen Bestandteile an der Gipsform ablagern, verdichten und zunehmend verfestigen. Nach Erreichung eines bestimmten plastischen Festigkeitszustands werden die teilbaren Gipsformen vorsichtig entfernt.

## Mögliche Materialien:

- Teracotta
- Steingut
- Porzellan

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Endoberfläche hängt von der Form und vom Können des Bearbeiters ab

## Eignung:

Einzel- bis Kleinserienproduktion

## Typische Anwendung:

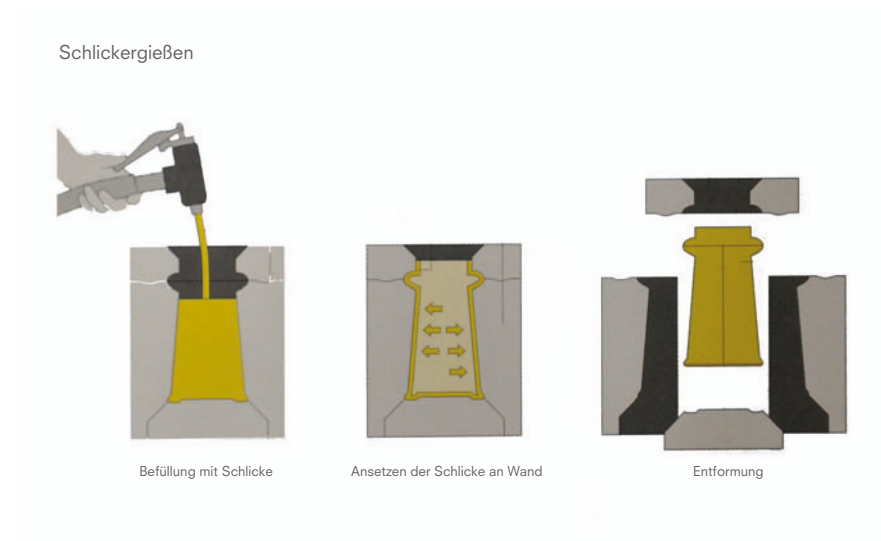
Badezimmerarmaturen  
Küchenartikel und Tischdeko  
Leuchten

## Verwandte Prozesse:

Töpfern  
Keramikformpressen

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (0,4 - 4 Stunden) abhängig von der Größe und Komplexität des Objekts  
Langer Brennprozess (bis zu 48



Beispiel:  
Tonkrug

Hersteller:  
Hartley Greens & Co. (Leeds Pottery)  
[www.hartleygreens.com](http://www.hartleygreens.com)

# Keramikformpressen

---

Keramikformpressen wird dann verwendet wenn mehrere/ viele Keramikwaren mit einer permanenten Form hergestellt werden sollen. Vorallem werden diese Prozesse für Küchenutensilien und Tischutensilien wie Schüsseln, Teller etc. verwendet.

---

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
geringe bis moderate Stückkosten, abhängig vom Grad der manuellen Bearbeitung

---

## Qualität:

gute Oberflächenqualität

---

## Eignung:

Geringe bis hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Küchen- und Tischutensilien  
Abgüsse und Becken  
Fliesen

---

## Verwandte Prozesse:

Schlickergießen  
Töpfern

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (1 - 6 pro Minute) abhängig vom Automatisierungsgrad  
Langer Brennprozess (bis zu 48 Stunden)

---

Überdrehen

---

Kolbenpressen

---

# Keramikformpressen

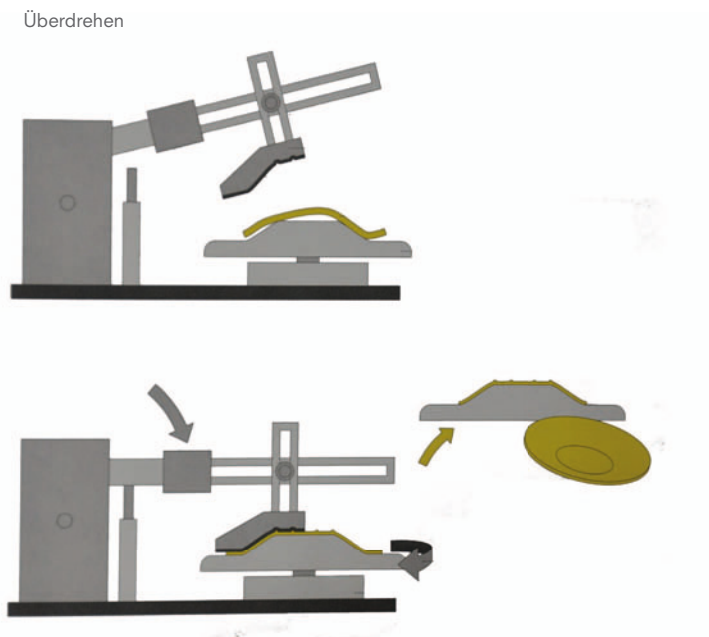
## Überdrehen

### Wie funktioniert's:

Ein Tonrohling wird auf eine rotierende Negativform gelegt. Danach wird eine partiell angebrachte Positivform daraufgedrückt. Durch das Rotieren der unteren Form wird so der Tonrohling nach und nach durch die Profilform gedrückt und verformt. Danach kann der Förmling verziert und bearbeitet werden.

### Mögliche Materialien:

- Steingut
- Porzellan



Beispiel:  
Tonteller

Hersteller:  
Hartley Greens & Co. (Leeds Pottery)  
[www.hartleygreens.com](http://www.hartleygreens.com)



# Keramikformpressen

## Kolbenpressen

### Wie funktioniert's:

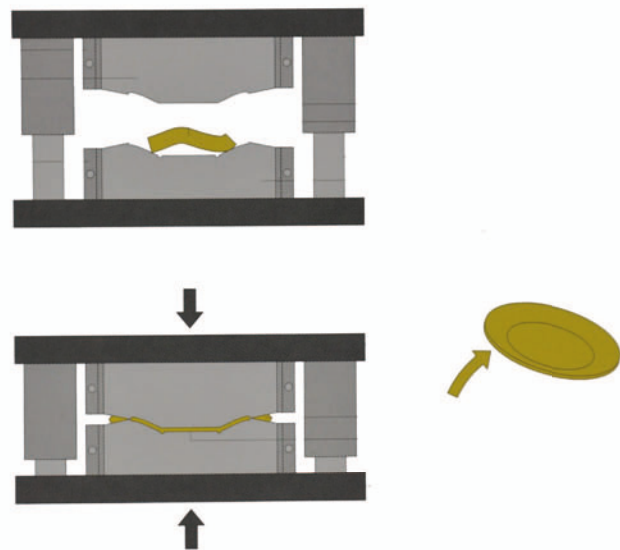
In eine Kolbenpresse wird eine Positiv- und Negativform eingebracht. (z.B. Form aus Gips) Dann wird in den Zwischeraum ein Stück Ton gelegt welches dann mit Druck zusammengepresst wird und durch die erwärmte Gipsform etwas aush-

ärtet. Die Form kann dabei aus einem großen Formteil oder auch mehreren kleinen Formteilen bestehen. Das Kolbenpressen ist um einiges schneller wie Überdrehen. Hier können bis zu 6 Pressvorgänge pro Minute vorgenommen werden.

### Mögliche Materialien:

- Steingut
- Porzellan

Kolbenpressen



Beispiel:  
Tonschüssel

Hersteller:  
Hartley Greens & Co.  
(Leeds Pottery)  
[www.hartleygreens.com](http://www.hartleygreens.com)

# CNC-Bearbeitung

---

Bei der CNC-Bearbeitung können CAD-Daten direkt auf ein Werkstück übertragen werden. Dabei gibt es immer ein Schneide-/Fräswerkzeug welches in bestimmte Richtungen verfahrbar ist und wodurch unterschiedliche Formen/ Schnitte und Fräsungen erreicht werden können.

---

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
geringe Stückkosten

---

## Qualität:

gute Oberflächenqualität welche durch Schleifen und Polieren verbessert werden kann.

---

## Eignung:

Einzel- bis hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil  
Möbel  
Werkzeugherstellung

---

## Verwandte Prozesse:

Erodieren  
Elektroformen  
Laserschneiden

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit, ist aber abhängig von der Größe und Komplexität des Werkstücks

---

Achs-Fräsen

---

Dreheln

---

# CNC-Bearbeitung

## Achs-Fräsen

### Wie funktioniert's:

Ein spanabhebendes Fräswerkzeug ist in eine Vorrichtung eingespannt. Diese Vorrichtung ist je nach Ausführung der Maschine in mehrere Achsen verfahrbar. Darunter ist jeweils eine Vorrichtung angebracht auf der ein zu bearbeitendes Werkstück befestigt werden kann. Z.B. ein Vakuumtisch welcher Holzplatten oä. am Boden vestsaugt. Nach und nach fährt dann das

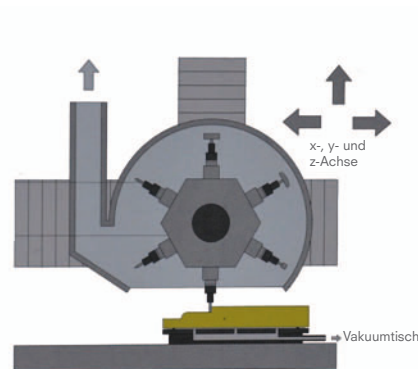
Fräswerkzeug den durch CAD-Programme vorgegebenen Weg ab und formt das Werkstück. Die 3-Achs-Fräse ist hierbei in x-y- und z-Richtung verfahrbar, wodurch flache Werkstücke/ Plattenware von oben bearbeitet werden können. Die 5-Achs-Fräse hat dazu noch einen Schwenkarm mit 2 Rotationsachsen wodurch 3D-Objekte geformt werden können.

### Mögliche Materialien:

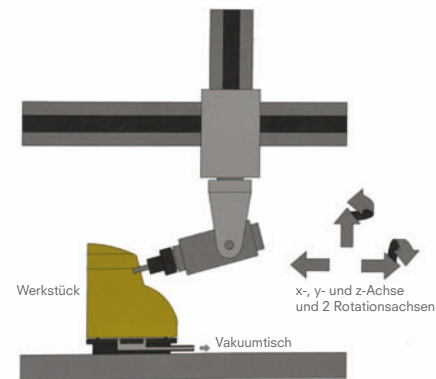
fast jegliche Materialien wie:

- Holz
- Kunststoff
- Metall
- Glas
- Keramik
- Verbundwerkstoffe

3-Achs-Fräse



5-Achs-Fräse



3-Achs-Fräse



5-Achs-Fräse

Beispiel:  
Sitzfläche Stuhl

Hersteller:  
Ercol Furniture  
[www.ercol.com](http://www.ercol.com)



# CNC-Bearbeitung

## Drechseln

### Wie funktioniert's:

Beim Drechseln wird ein länglich vorgefertigtes Werkstück in eine Vorrichtung eingespannt. Danach wird die Vorrichtung in eine schnelle Rotation versetzt. Wenn man nun ein scharfes Werkzeug daran hält werden

nach und nach Späne abgetragen und das Werkstück verformt sich in runden Dimensionen. Dabei gibt es zum einen die händische Drechselbearbeitung und auch eine CNC-gesteuerte.

### Mögliche Materialien:

- Holz
- Kunststoffe
- Metall (drehen)
- etc.



Beispiel:  
Stuhlbeine

Hersteller:  
Ercol Furniture  
[www.ercol.com](http://www.ercol.com)

# Formverleimen

---

Beim Formverleimen werden mehrere Holzschichten übereinander geleimt wodurch runde Holzformen hergestellt werden können.

---

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Qualität

---

## Eignung:

Geringe bis mittlere Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Architektur  
Ingenieurshölzer  
Möbel

---

## Verwandte Prozesse:

CNC-Bearbeitung  
Bugholz

---

## Geschwindigkeit:

Mittlere bis lange Zykluszeit (bis zu 24 Stunden)

---

Furnierverleimen

---

Verkerben

---

Vollholzverleimen

---

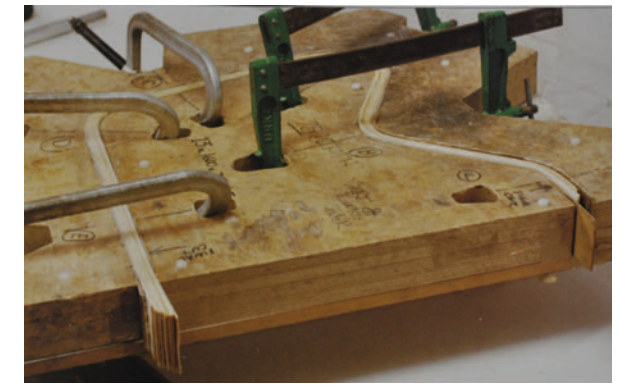
# Formverleimen

## Furnierverleimen

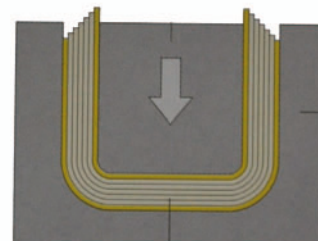
### Wie funktioniert's:

Beim Furnierverleimen werden mehrere Furnierschichten eingeleimt und in einer Positiv-/Negativform verpresst. Dadurch kann man unterschiedliche Radien aus Holz erreichen oder auch fast fertig geformte Möbelstücke. Um die Stabilität an bestimmten Stellen zu

erhöhen werden dort einfach mehr Schichten an Furnier eingearbeitet. Da sich normales Furnier nur bis zu einem gewissen Grad dreidimensional verbiegen lässt gibt es ein spezielles 3D-Furnier welches aus einzelnen dünnen Holzstäbchen zu einem Furnier zusammengesetzt wird.



Furnierverleimen



Beispiel:  
Beistelltisch

Hersteller:  
Isokon Plus  
[www.isokonplus.com](http://www.isokonplus.com)



# Formverleimen

---

## Verkerben

---

Wie funktioniert's:

Holzplatten o.ä. werden in eine Richtung schlitzartig eingesägt (Kerben). Dadurch lässt sich diese bis zu einem gewissen Grad biegen. (Abhängig vom Abstand der Schlitze und Art des Holzes). Danach kann man zwei oder mehrere dieser Platten aufeinanderleimen um so eine zwei-dimensionale Biegung zu erreichen.

Verkerben



# Formverleimen

---

## Vollholzverleimen

---

Wie funktioniert's:

Ähnlich wie beim Furnierverleimen werden hier mehrere Vollholzsichten miteinander verleimt. Da diese Schichten jedoch dicker sind lassen diese sich nicht so stark biegen und der Radius der möglichen Rundungen ist größer. Da das Material so auch eine gewisse Steifigkeit besitzt kann man Vollholz auch meist nur mit einer einseitigen Form verleimen.

Vollholzverleimen



# Bugholz

---

Beim Bugholz werden vorgefertigte Holzstäbe so lange in Wasserdampf erhitzt und befeuchtet bis sich die einzelnen Fasern leicht voneinander lösen lassen. Danach werden die Stäbe verbogen, wobei sich die Fasern gegeneinander verschieben, jedoch die äußere Form des Holzstabes nicht zusammenfällt. Nach Erkaltung des Stabes hat man gebogenes Holz.

---

#### Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

---

#### Qualität:

Gute Qualität

---

#### Eignung:

Geringe bis große Stückzahlproduktion

---

#### Typische Anwendung:

Bootsbau  
Möbel  
Musikinstrumente

---

#### Verwandte Prozesse:

CNC-Bearbeitung  
Formverleimen

---

#### Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit (bis zu 3 Tagen)

---

Kreisbiegen

---

Offenes Biegen

---



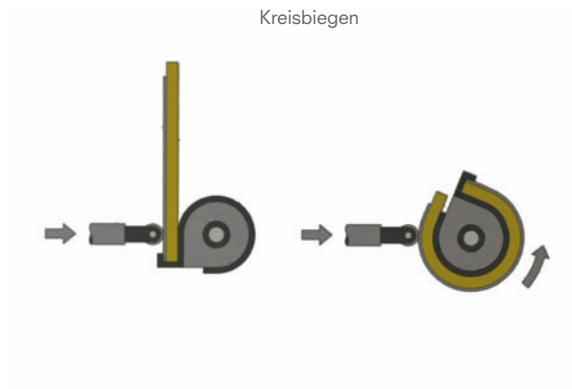
Beispiel:  
Bugholzstuhl

Hersteller:  
Thonet  
[www.thonet.de](http://www.thonet.de)

# Bugholz

## Kreisbiegen

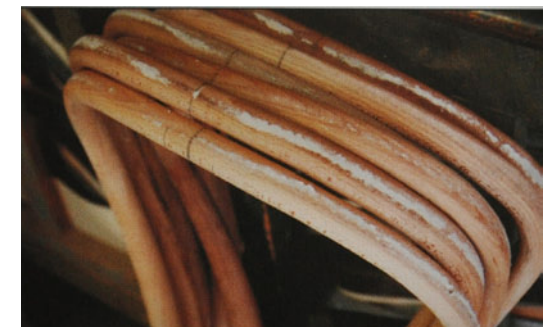
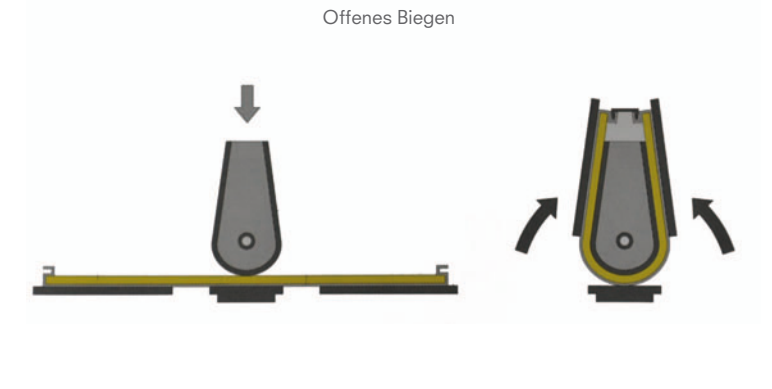
Wie funktioniert's:  
Biegen zu Kreisformen mit einer kreisförmigen Einspannvorrichtung.



# Bugholz

## Offenes Biegen

Wie funktioniert's:  
Händisches Biegen in eine Form wobei 2 Personen zum Bearbeiten benötigt werden.





# Papierfasergießen

## Wie funktioniert's:

Geformte Papierverpackungen werden fast komplett aus Abfallmaterial der Papierindustrie hergestellt. Der Prozess ist sehr umweltfreundlich da das recycelte Material nur noch die Zuführung von Wasser benötigt. Papierfasern werden mit Wasser vermischt und in einen Tank gegeben. In diesem Tank befindet sich eine Negativform die mit kleinen Löchern

bestückt ist. Dadurch kann man an die Form ein Vakuum anlegen, Papierfasern legen sich auf die Oberfläche der Form und das Wasser wird durchgespült. Danach werden die Faserförmlinge in eine Gegenform gesteckt die durch Vakuum weiteres Wasser herauszieht. Zum Schluss werden die Objekte für ca. 15 Minuten im Ofen getrocknet.

## Mögliche Materialien:

· Papierabfall

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

## Qualität:

Variabel

## Eignung:

Kleinserien- und Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Biologisch abbaubare Blumentöpfe  
Verpackung

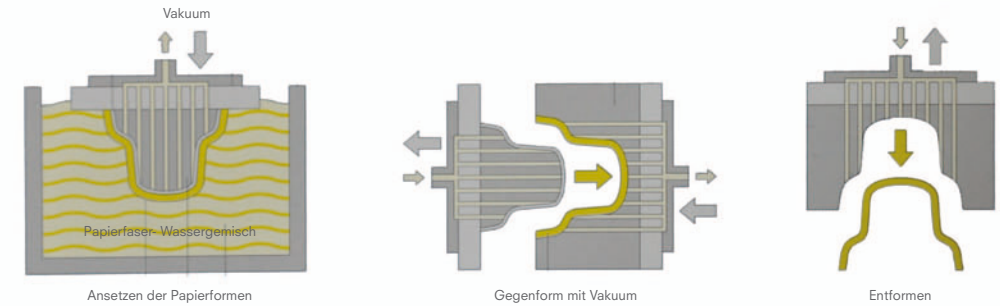
## Verwandte Prozesse:

Formstanzen  
Aufgeschäumtes Polystyrol  
Thermoverformung

## Geschwindigkeit:

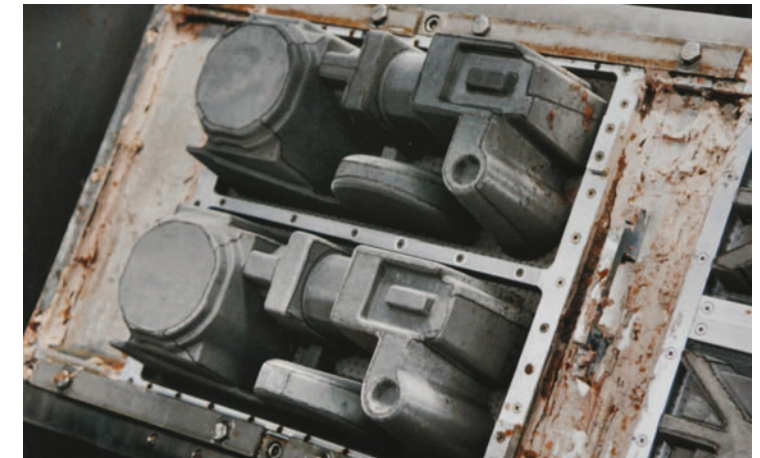
Schnelle Zykluszeit (5-10 Zyklen pro Minute)  
Trocknungszeit 15 Minuten

Papierfasergießen



Beispiel:  
Papierverpackung

Hersteller:  
Cullen Packaging  
[www.cullen.co.uk](http://www.cullen.co.uk)



# Laminieren

---

Die Lamination bezeichnet das Verbinden einer dünnen, oftmals folienartigen Schicht mit einem Trägermaterial mittels eines Klebers. Der Begriff findet sich auch beispielsweise im Laminat wieder.

---

## Kosten:

Moderate bis hohe Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten abhängig von der Oberfläche, Komplexität und Bauart

---

## Qualität:

Gute Qualität für leichte Produkte

---

## Eignung:

Geringe bis mittlere Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Möbel  
Rennautos

---

## Verwandte Prozesse:

DMC und SMC Formen  
Spritzgießen  
Thermoverformung

---

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit (1-150 Stunden) abhängig von Größe und Komplexität des Bauteils

---

Nasslaminierverfahren

---

Prepreg-Technologie

---

Harzinjektionsverfahren

---

# Laminieren

## Nasslaminierverfahren

### Wie funktioniert's:

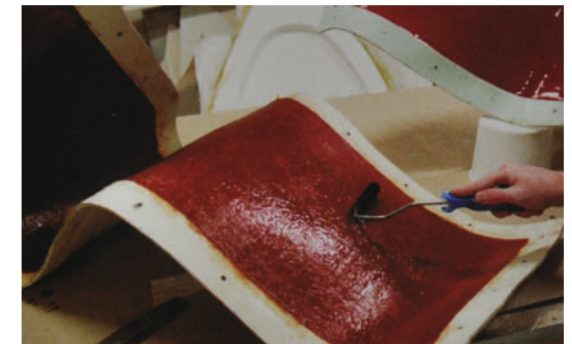
Alle Arten von Gewebe können mit dem Nasslaminierverfahren bearbeitet werden. Dieses ist zugleich auch das am wenigsten präzise Laminierverfahren. Man benötigt dafür eine Negativform die zum einen stabil und zum anderen flexibel für die Entformung ist. Dann wird ein Gel-Coat als untere Trennschicht zur besseren

Entformung aufgetragen. Danach wird schichtweise ein Fasergewebe (Glasfasern für GFK, Karbonfasern, Aramidfasern) und eine Harzschicht aufgetragen. Je nach Faserart und Aufbaustärke kann dabei eine unterschiedliche Härteeigenschaft und ein unterschiedliches Gewicht erreicht werden.

### Mögliche Materialien:

- Glasfasern
- Karbonfasern
- Aramidfasern

Nasslaminierverfahren



Beispiel:  
Stuhl

Hersteller:  
Radcor  
[www.radcor.co.uk](http://www.radcor.co.uk)



# Laminieren

## Prepreg-Technologie

### Wie funktioniert's:

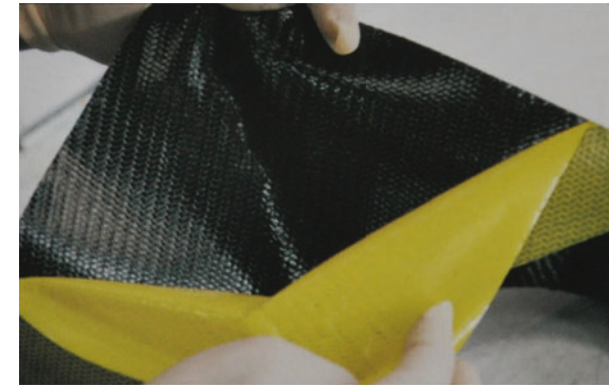
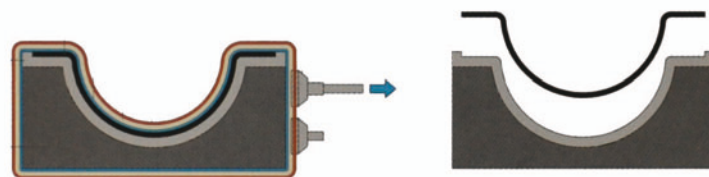
Mit Matrixwerkstoff vorimprägnierte (also bereits getränkte) Fasermatten werden auf die Form aufgelegt. Das Harz ist dabei nicht mehr flüssig, sondern hat eine leicht klebrige feste Konsistenz. Der Verbund wird anschließend mittels Vakuumsack entlüftet und danach, häufig im Autoklaven, unter Druck und Hitze ausgehärtet. Das Prepregverfahren ist aufgrund der notwendigen Betrieb-

sausrüstung (Kühlanlagen, Autoklav) und der anspruchsvollen Prozessführung (Temperaturmanagement) eines der teuersten Herstellungsverfahren. Es ermöglicht neben dem Faserwickeln und den Injektions- und Infusionsverfahren jedoch die höchsten Bauteilqualitäten. Das Verfahren findet vor allem in der Luft- und Raumfahrt, im Motorsport, sowie für Leistungssportgeräte Anwendung.

### Mögliche Materialien:

- Karbonfasern

Prepreg-Technologie



Beispiel:  
Teil Rennauto

Hersteller:  
Lola Cars International  
[www.lolacars.com](http://www.lolacars.com)

# Laminieren

## Harzinjektionsverfahren

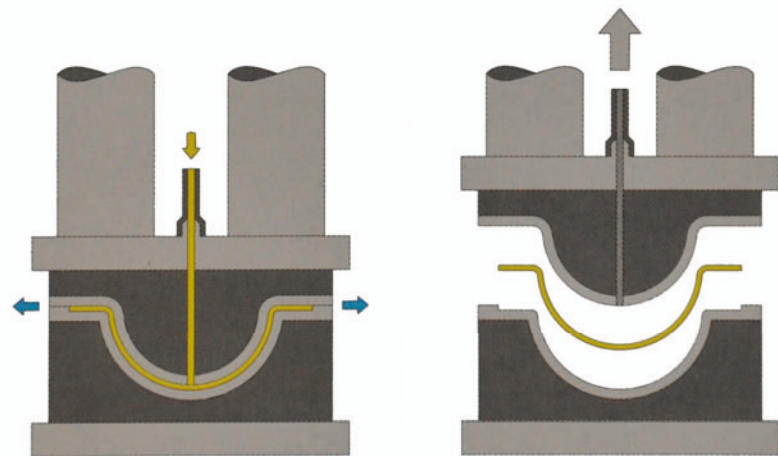
### Wie funktioniert's:

Beim Harzinjektionsverfahren (RTM Resin Transfer Molding) werden Fasern in eine vorgewärmte Positiv-/Negativform gelegt und unter Druck oder Vakuum mit Harz durchdränkt. Hierdurch entstehen sehr präzise und reproduzierbare Bauteile.

### Mögliche Materialien:

- Glasfasern
- Karbonfasern
- Aramidfasern

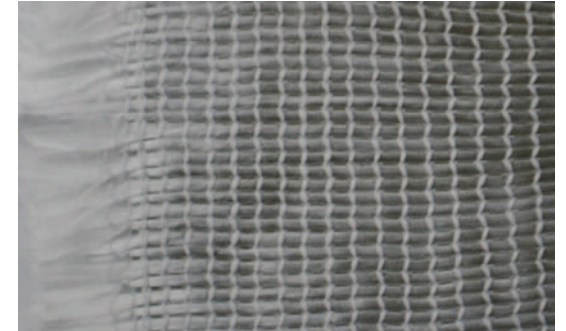
Harzinjektionsverfahren



Beispiele Fasern:



wirre Glasfaser



gewobene Glasfaser



Karbonfaser



Kevlar Aramid



PP und Glasfaser verwoben



PP und Glasfaser laminiert



# DMC und SMC Formen

## Wie funktioniert's:

DMC und SMC Formen wird verwendet um strukturelle leichtgewichtige Teile herzustellen. Der Prozess ist dabei dem Laminieren und dem Spritzgießen sehr nahe.

SMC wird dabei für dünne Bauteile benutzt.

Das Material besteht aus einer Faserverstärkung und thermisch

aushärtendem Harz. DMC besteht aus kurzen Fasern während SMC gewebte Fasermatten enthält. Diese Materialien werden dann in eine Metallform gegeben, erhitzt und somit ausgehärtet und später entformt. Um das ganze später besser entformen zu können werden kleine Vorrichtungen dafür miteingearbeitet.

## Mögliche Materialien:

- DMC (dough molding compound)
- SMC (sheet molding compound)

## Kosten:

Moderate Werkzeugkosten

Geringe Stückkosten (3 bis 4 mal Materialkosten)

## Qualität:

Sehr stabile Teile mit langer Faserlänge

## Eignung:

Serien- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Automobil

Gebäude und Konstruktion

Elektronik und Kommunikation

## Verwandte Prozesse:

Laminieren

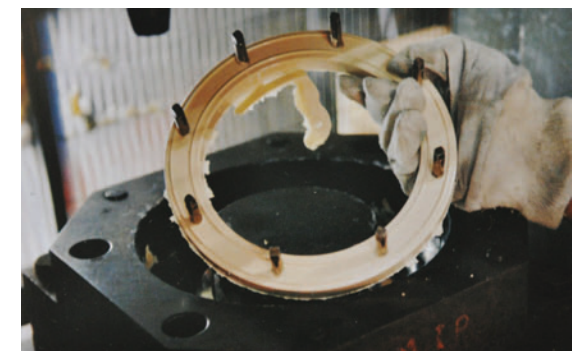
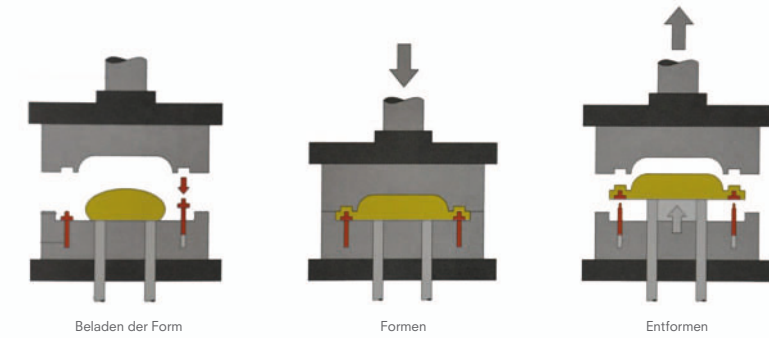
Formpressen

Spritzgießen

## Geschwindigkeit:

Zykluszeit zwischen 2 und 5 Minuten

DMC und SMC Formen



Beispiel:  
Fassungsring

Hersteller:  
Cromwell Plastics  
[www.cromwell-plastics.co.uk](http://www.cromwell-plastics.co.uk)





# Präzisionswickeln

## Wie funktioniert's:

Karbonfaserschnüre die in Harz getränkt werden werden auf eine rotierende Form aufgewickelt. Dabei kann zum einen ein verlorene Form, als auch eine Mehrfachform verwendet werden.

Die Karbonfaserschnur läuft über ein Rad und wird mit Harz getränkt.

Danach wird sie in einem bestimmten Raster über den bewegbaren Steuerkopf auf die rotierende Form aufgewickelt. Je nach Anforderungen an Stabilität etc. können somit mehrere Schichten/ Materialstärken gebaut werden.

## Mögliche Materialien:

- Glasfaser
- Karbonfaser
- Aramidfaser

## Kosten:

Geringe bis moderate Werkzeugkosten abhängig von der Größe

Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Hochglanzoberfläche

Qualitative leichtgewichtige Produkte

## Eignung:

Einzel bis Kleinserienproduktion

## Typische Anwendung:

Luftfahrt

Automobil

Tiefseeutensilien

## Verwandte Prozesse:

Thermisches 3D-Laminieren

Laminieren

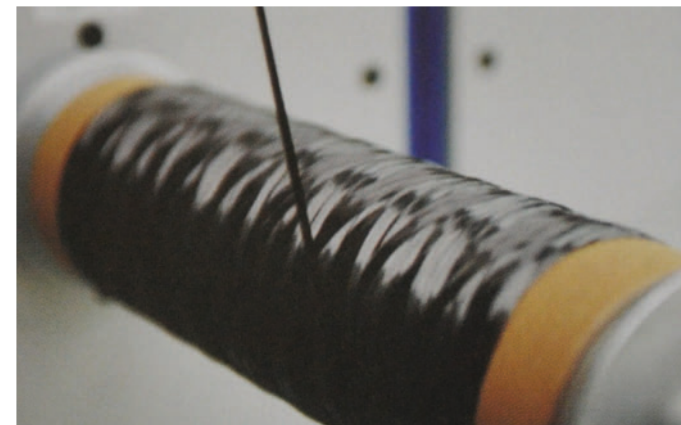
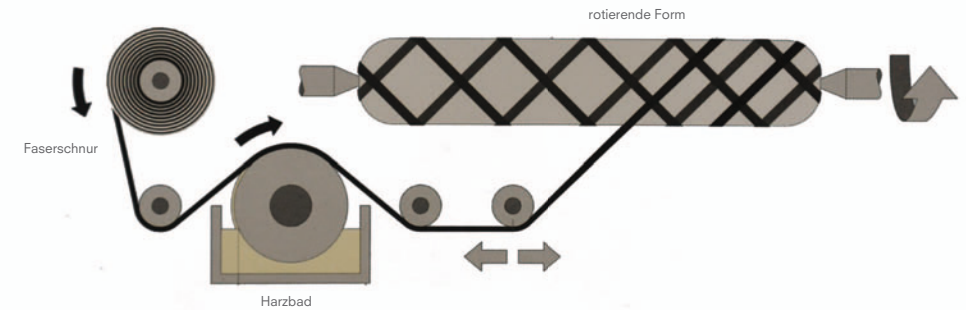
DMC und SMC Formen

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit für kleine Teile (20-120 Minuten)

Große Teile benötigen bis zu mehreren Wochen

Präzisionswickeln



Beispiel:  
Teil für Rennauto

Hersteller:  
Crompton Technology Group  
[www.ctg ltd.com](http://www.ctg ltd.com)

# Thermisches 3D-Laminieren

---

Dieser Prozess wurde von North Sails entwickelt um ultraleichte dreidimensionale Segel zu bauen. Die Faserverstärkung ist hier durchgängig über die ganze Größe des Segels um die traditionellen Methoden von Schneiden und Zusammensetzen zu verbessern und zu ersetzen.

---

#### Kosten:

Sehr hohe Werkzeugkosten  
Sehr hohe Stückkosten

---

#### Qualität:

Sehr gute Festigkeit im Vergleich zum Gewicht

---

#### Eignung:

Geringe bis kleine Stückzahlproduktion

---

#### Typische Anwendung:

Segeln

---

#### Verwandte Prozesse:

Laminieren  
Präzisionswickeln  
Heften

---

#### Geschwindigkeit:

Zykluszeit bis zu 5 Tage

---

3D-Laminieren

---

3D-Rotations-Laminieren

---



# Thermisches 3D-Laminieren

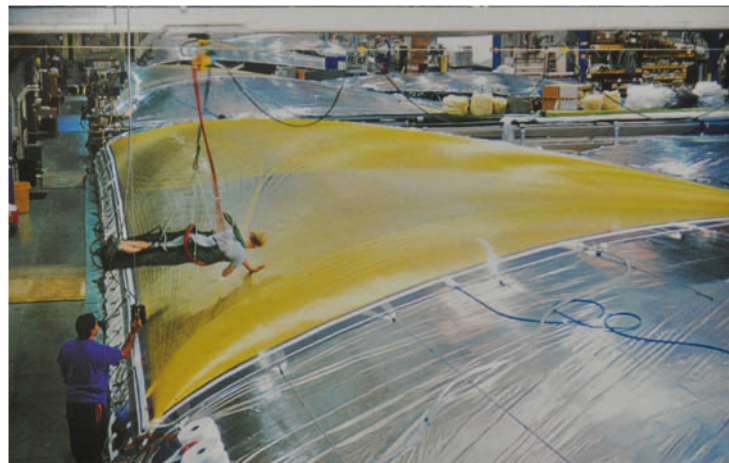
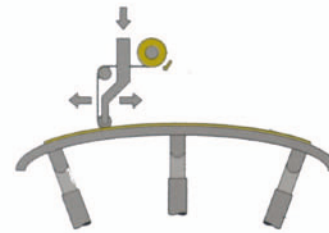
## 3D-Laminieren

### Wie funktioniert's:

Jedes Segel hat eine unterschiedliche Form welche im CAD konstruiert und durch pneumatische Elemente dargestellt wird. Dann wird ein PET-Film auf die Form gelegt und dieses wiederum unter Spannung gesetzt. Dieses ist mit einer Beschichtung speziell für North Sails versehen.

Dann wird eine Fasermatte daraufgelegt und das ganze mittels CNC-gesteuertem 6-Axen-System verfestigt. Die Fasern folgen den Belastungslinien des Segels. Dann wird ein zweiter Layer aufgebracht und unter Vakuum verfestigt. Nach 5 Tagen wird das Segel entformt.

3D-Laminieren (3DL)



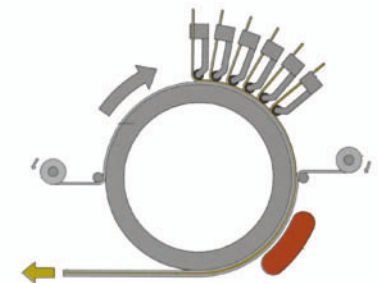
# Thermisches 3D-Laminieren

## 3D-Rotations-Laminieren

### Wie funktioniert's:

Beim 3D-Laminieren wird das Segel über einer Rolle produziert, wodurch das Segel später schneller zusammengebaut werden kann.

3D-Rotations-Laminieren (3Dr)





# Rapid Prototyping

---

Rapid Prototyping wird verwendet um Einzelteile bis kleine Serien herzustellen. Dabei werden 3D-Modelle durch verschiedene Verfahren Schichtweise aufgebaut und verfestigt. Als Voraussetzung benötigt man eine funktionierende CAD-Datei die dann auf den Drucker übertragen und gedruckt wird.

---

#### Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

---

#### Qualität:

Abhängig vom Verfahren, von hochwertig bis simpel

---

#### Eignung:

Einzelproduktionen, Prototypen und geringe Stückzahlproduktion

---

#### Typische Anwendung:

Automobil, F1 und Luftfahrt  
Produktentwicklung und Produkttests  
Werkzeug

---

#### Verwandte Prozesse:

CNC-Bearbeitung  
Erodieren  
Feingießen

---

#### Geschwindigkeit:

Langer Prozess abhängig vom Verfahren und der CAD-Datei

---

Fused Deposition Modeling (FDM)

---

Gipsdrucker

---

Multi-Jet-Modeling (Poly-Jet-Modeling PJM)

---

Selektives Lasersintern (SLS)

---

Direct Metal Laser Sintern (DMLS)

---

Stereolithographie (SLA)

---

Laminated Object Modeling (LOM)

---

Papierlayer

---

# Rapid Prototyping

## Fused Deposition Modeling (FDM)

### Wie funktioniert's:

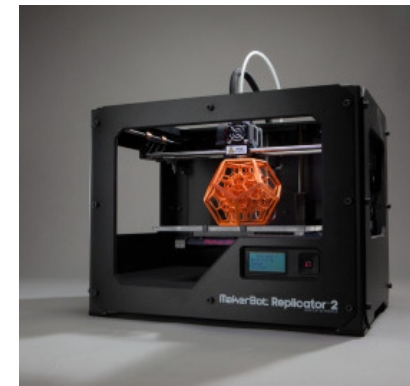
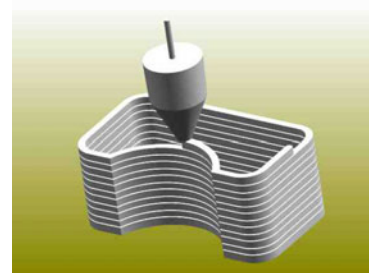
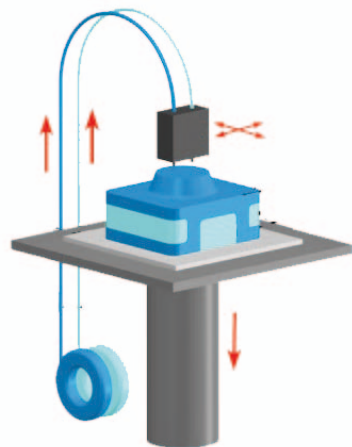
Schichtweiser Aufbau des 3D-Modells aus einem schmelzfähigen Kunststoff. Dabei wird ein Kunststoffdraht/ eine Kunststoffschnur durch eine verfahrbare Heizdüse geleitet und auf der Fertigungsebene aufgebaut.

Die Kunststofffäden kühlen dann ab, verkleben miteinander und werden zu einem 3D-Modell. Dabei können Schichtdicken zwischen 0,025-1,25mm erreicht werden.

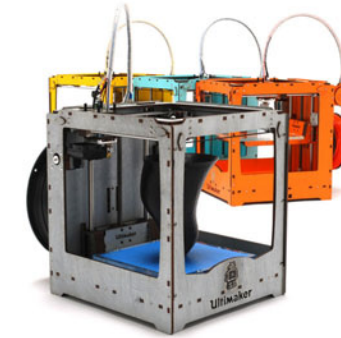
Der Aufbau erfolgt außen schichtförmig und innen mittels Kreuzstruktur. Vorteil: Eher günstige Herstellungsmethode (besonders bei kleinen 1-Materialdruckern wie Replicator/ Ultimaker).

Nachteil: Teilweise etwas ungenau, viel Stützstruktur ist teuer und muss mit Chemikalien ausgewaschen werden.

Fused Deposition Modelling (FDM)



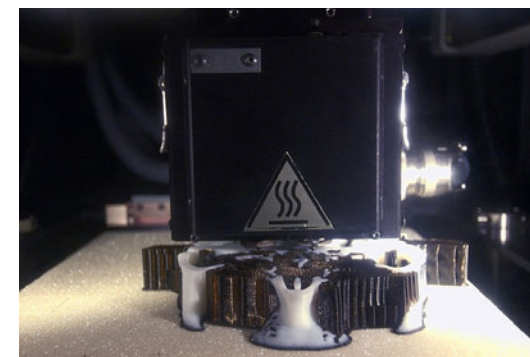
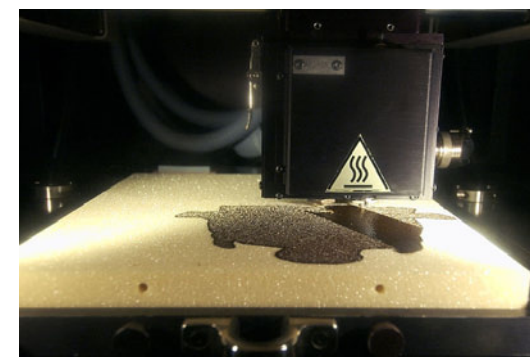
kostengünstige 1-Materialdrucker



Modell mit Stützstruktur

Hersteller:  
Replicator (Makerbot)  
Ultimaker  
Dimension

Aufbau eines Wirbelsäulenmodells mit Stützstruktur



# Rapid Prototyping

## Gipsdrucker

### Wie funktioniert's:

Ein Modell wird schichtweise in einem Gipsbett aufgebaut, bzw. aus Gipsschichten geklebt.

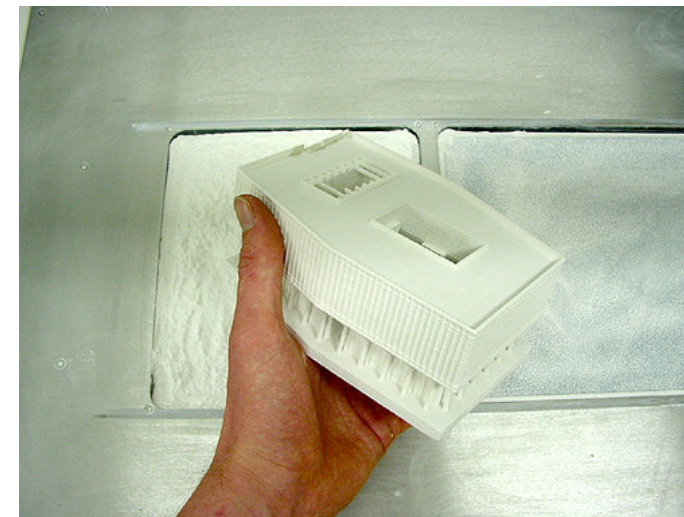
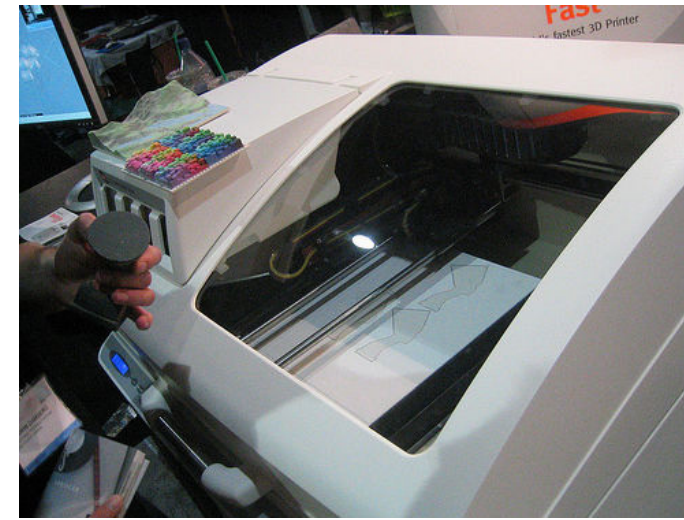
Vorteil: Eher günstige 3D-Modelle

Nachteil: Es ist eine Nachbearbeitung mit Härter zur Festigung des Modells notwendig, wodurch sie die Farbe

verändert.

Beim 3D-Modell muss man eine Mindestwandstärken von 2-3mm beachten.

Bei neueren Druckern kann man die Modelle auch mit Farbe bedrucken.



Hersteller:  
Z Corporation



# Rapid Prototyping

## Multi-Jet-Modeling (Poly-Jet-Modeling PJM)

### Wie funktioniert's:

Aus einem Druckkopf werden schmelzfähige Kunststoffe schichtweise auf eine Trägerplatte aufgetragen.

Damit sind Modelle mit einer relativ glatten Oberfläche möglich.

Mittlerweile gibt es auch mehrere Druckköpfe mit unterschiedlichen Druckmaterialien, dh. es können Modelle mit unterschiedlichen Materialeigenschaften gedruckt werden. (von Gummi zu fest)



Modell mit verschiedenen Härtegraden

Hersteller:  
Objet  
Voxeljet

# Rapid Prototyping

## Selektives Lasersintern (SLS)

Wie funktioniert's:

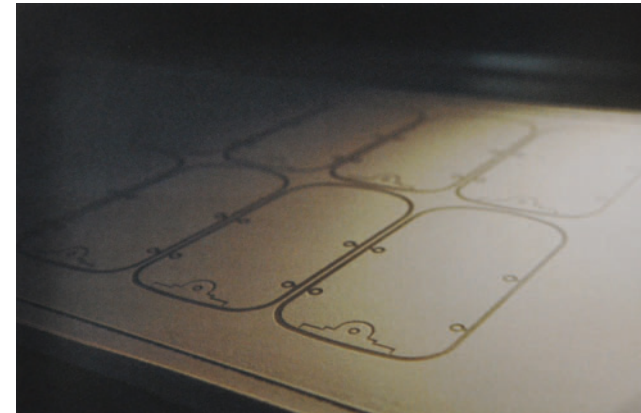
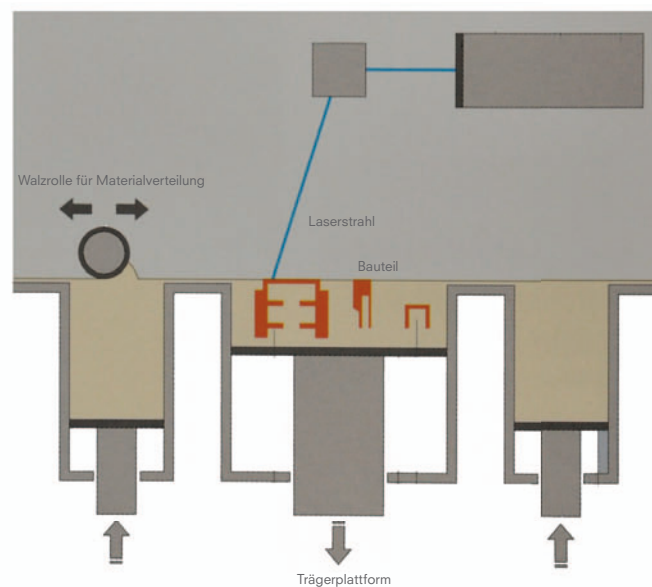
Schichtweiser Aufbau eines Modells.  
Erst wird eine dünne Schicht Gips mit einer Walze aufgetragen.

Diese wird dann mit einem Laserstrahl an den jeweiligen Stellen verhärtet und die Trägerplattform

wandert um die Auftragsschichtdicke nach unten.

Mit dieser Methode sind sehr präzise und stabile Modelle möglich jedoch auch sehr teure Modelle

Selektives Lasersintern (SLS)



Hersteller:  
EOS  
Concept Laser

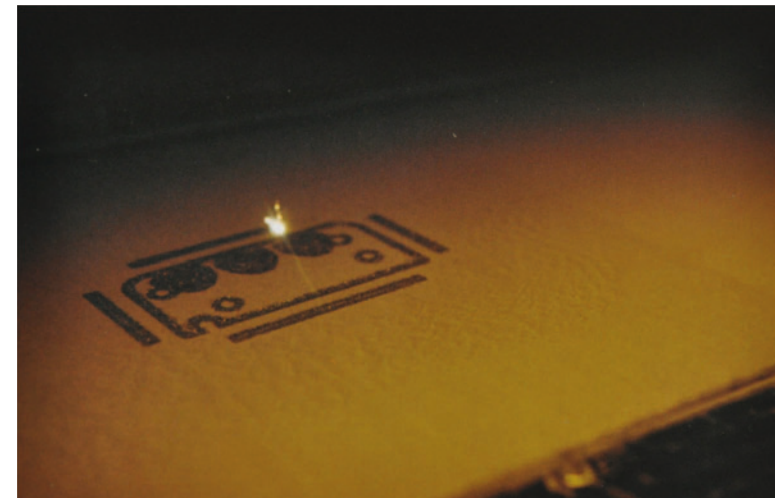
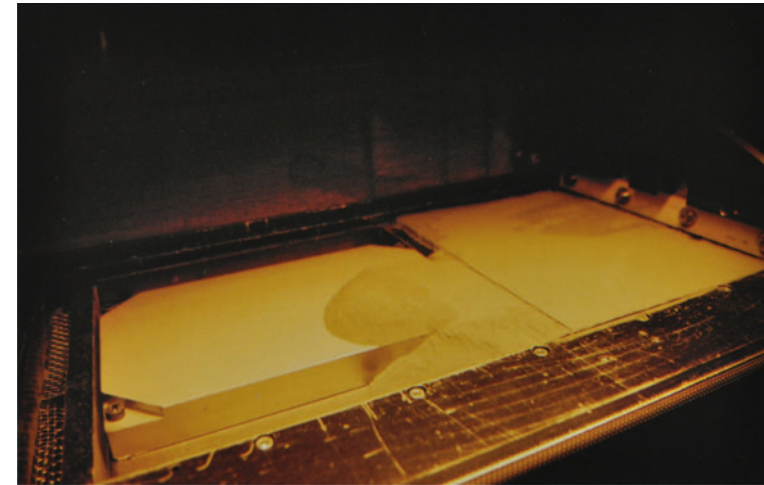
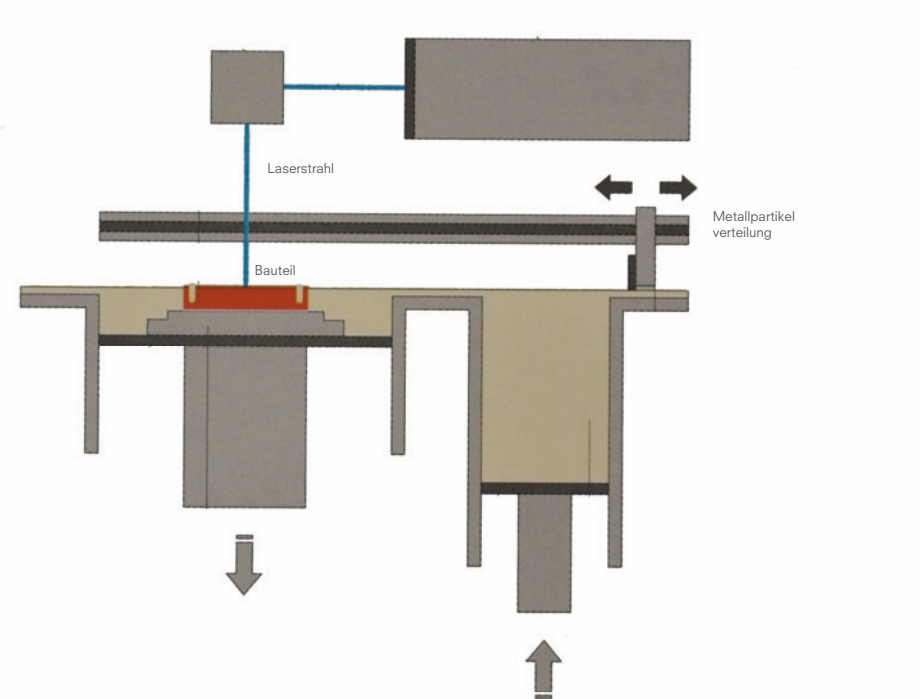
# Rapid Prototyping

## Direct Metal Laser Sintern (DMLS)

Wie funktioniert's:  
ähnliches Verfahren wie SLS nur mit  
Metallpartikeln.

Bsp. aus Titanium

Direct Metal Laser Sintern (DMLS)





# Rapid Prototyping

## Stereolithographie (SLA)

### Wie funktioniert's:

In einem flüssigen Bad befinden sich Basismonomere eines lichtaushärtenden Kunststoffes. Dieser Kunststoff wird an der Oberfläche schichtweise mit einem Laser ausgehärtet.

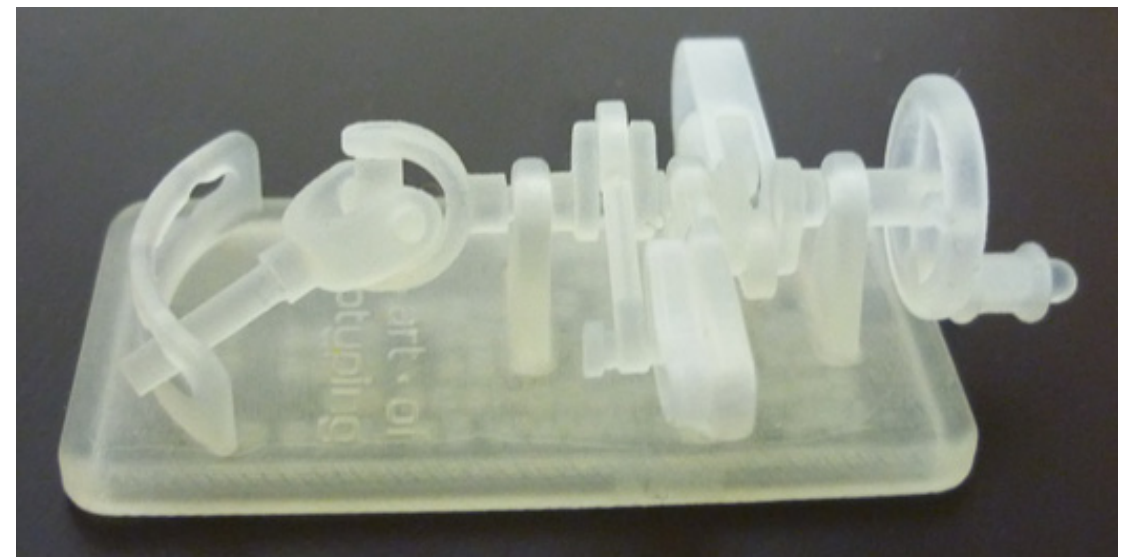
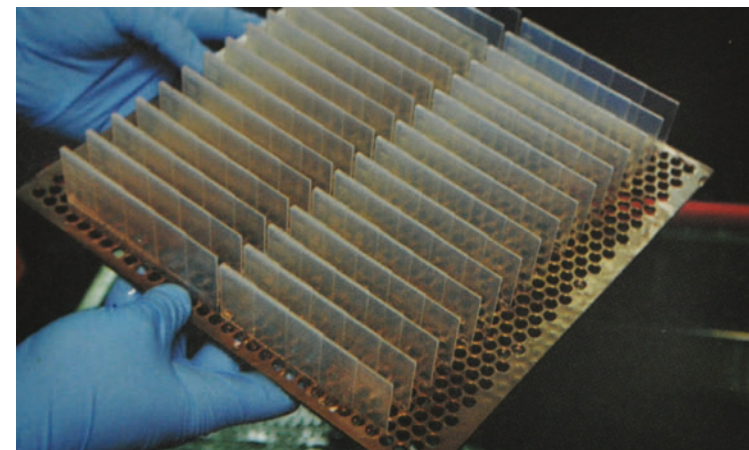
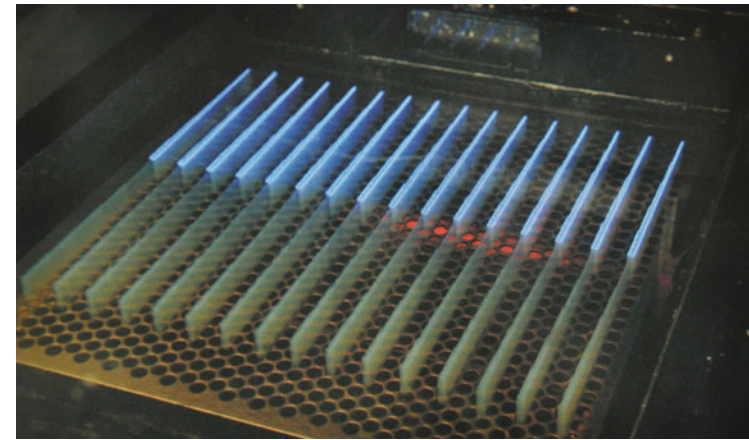
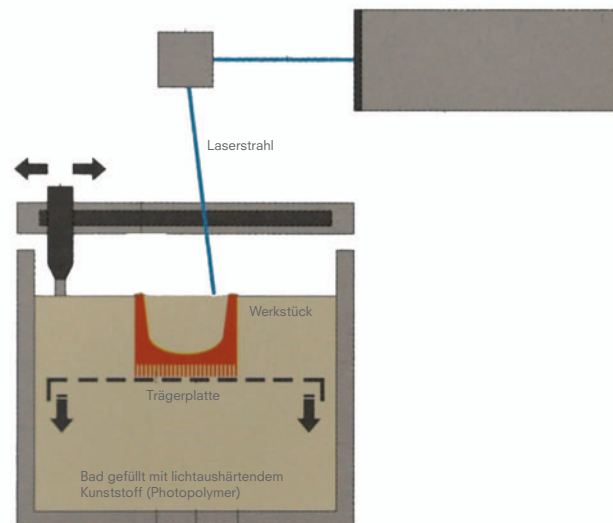
Das Werkstück bewegt sich dann schichtweise mit der Trägerplatte nach unten in das Bad.

Somit erreicht man eine extrem hohe Präzision der Werkstücke:

Es gibt sehr filigrane Teile mit glatter Oberfläche jedoch auch sehr teuer.

Diese Methode findet viel Anwendungen im medizinischen Bereich.

Stereolithographie (SLA)



# Rapid Prototyping

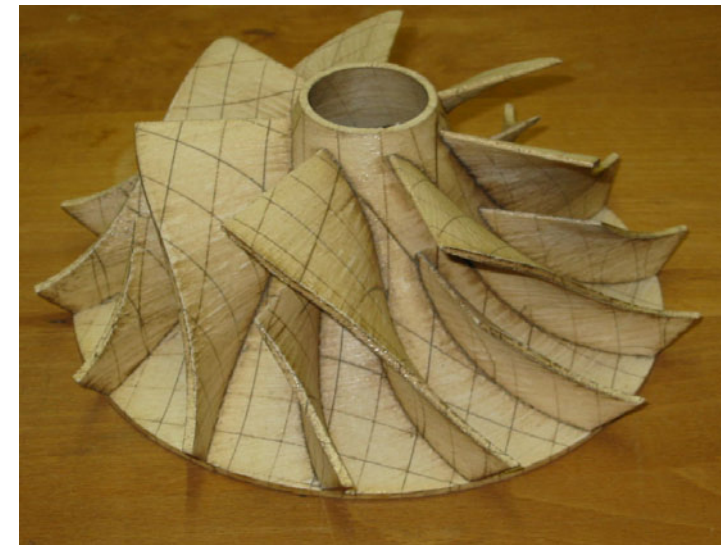
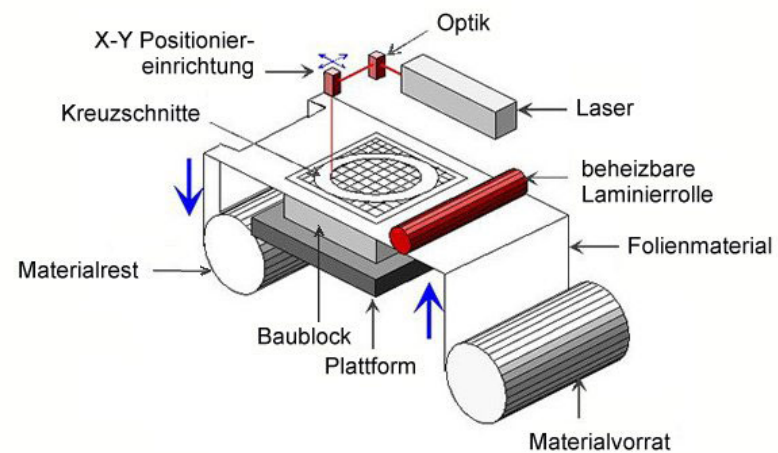
## Laminated Object Modeling (LOM)

### Wie funktioniert's:

Das LOM-System besteht aus einer Folienträger- und Transporteinheit, einer Laminierungseinheit und dem Laser einschließlich Positionierungseinheit. Eine Folie wird über die Arbeitsfläche (Bauplatzform) gespannt. Eine Walze (Laminierroller) ist über der Bildebene angeordnet. Sie wird elektrisch beheizt und hat die Aufgabe, während des Überstreichens der Folie, den trockenen, festen Heißkleber auf der Rückseite

der Folie zu erwärmen und in einen pastösen Zustand zu überführen. Die Walze übt gleichzeitig einen gleichmäßigen Druck auf die Folienschicht aus, dadurch werden die einzelnen Schichten fest miteinander verbunden.

Der Laser schneidet rechnergesteuert die Kontur des Bauteils, entsprechend der Slices-Daten, die der Steuerrechner der Anlage liefert.



Hersteller:  
RTC

# Rapid Prototyping

## Papierlayer

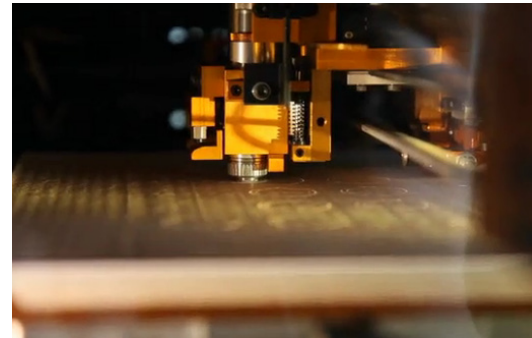
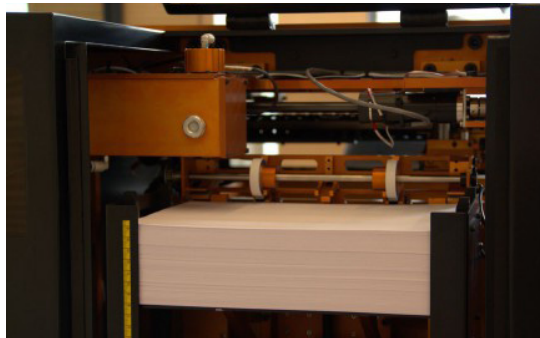
### Wie funktioniert's:

Schichtweise wird A4-Papier aufeinandergelegt, verklebt und dann mit einem Messer an geschnitten.

Der "nichtbrauchbare" Papierbauraum wird in kleine Stücke zerschitten so dass er später entfernt werden kann. Dies ist eine extrem günstige

Produktion da man herkömmliches A4-Papier verwenden kann.

Die Modelle können nach dem Drucken wie ein Holzwerkstück bearbeitet, oder auch während des Druckens mittels Farbdruckverfahren farblich bedruckt werden.



Weißes A4-Papier



Buntes A4-Papier



Hersteller:  
MCor

Farbig bedruckt





ZUSCHNEIDEN

# Photochemisches Ätzen

## Wie funktioniert's:

Ätzen bezeichnet die Abtragung von Material in Form von Vertiefungen auf der Oberfläche organischer oder anorganischer Materialien durch Anwendung ätzender Stoffe. Erst wird die Metallplatte mit einem lichtempfindlichen Film überzogen. Das Negativmuster wird auf Metallplatte aufgelegt und durch UV-Belichtung wird dessen positiv "eingraviert"

(Dh. dort wo das Licht auftrifft, reagiert die Beschichtung und bleibt am Material haften.) Danach wird die unbelichtete Beschichtung mit Wasser entfernt. Wo das Licht wirken konnte, bleibt die ätzresistente Beschichtung auf dem Material. Das Säurebad entfernt alle Stellen an denen keine resistente Beschichtung ist.

Ätzen ist ein sehr genauer und präziser Bearbeitungsprozess.

Bsp. rechts:  
2 unterschiedliche Muster auf 2 Seiten, da wo sich die Ätzstellen überschneiden werden Löcher eingeätzt.

## Kosten:

sehr geringe Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Sehr hochwertig: Genauigkeit bis zu 10% der Materialstärke

## Eignung:

Prototypen bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

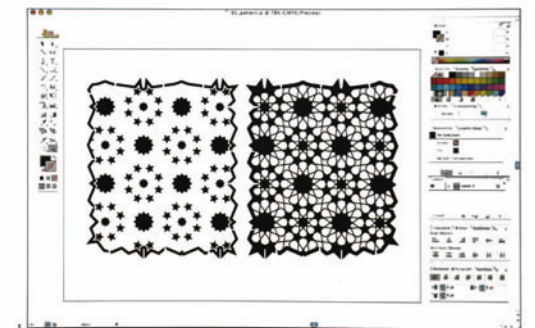
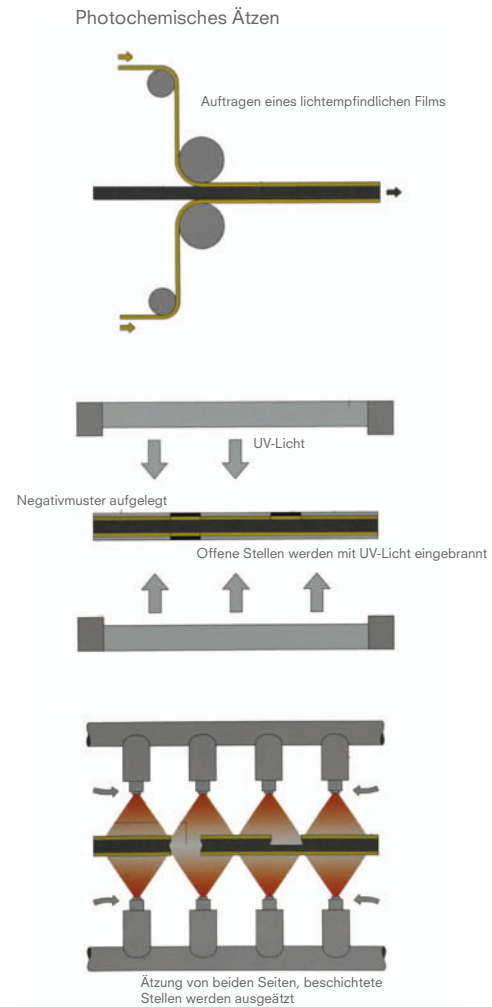
Luftfahrt  
Automobil  
Elektronik

## Verwandte Prozesse:

Strahlen  
CNC Bearbeitung und Gravierung  
Laserschneiden

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit



# Laserschneiden

Schneiden von flachen Materialien wie Holz, Metall, Kunststoff mit einem Laserstrahl. Das Material wird "durchbrannt" und nach angefertigten CAD-Daten zugeschnitten.

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Hohe Fertigungsqualität  
Präzisionsprozess

## Eignung:

Einzelproduktionen bis hohe Stückzahlen

## Typische Anwendung:

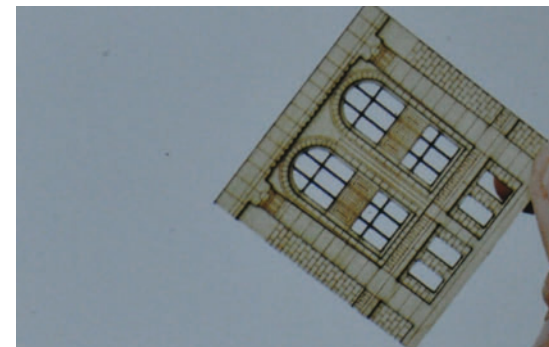
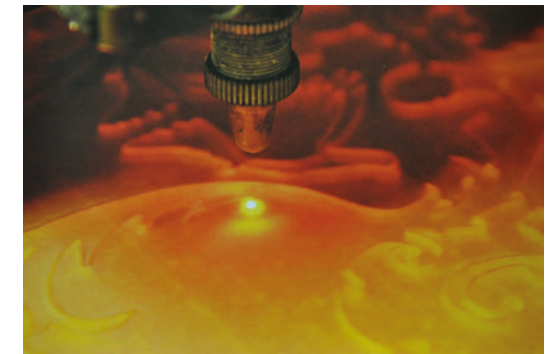
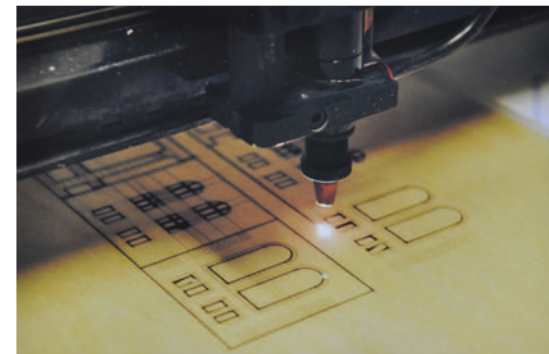
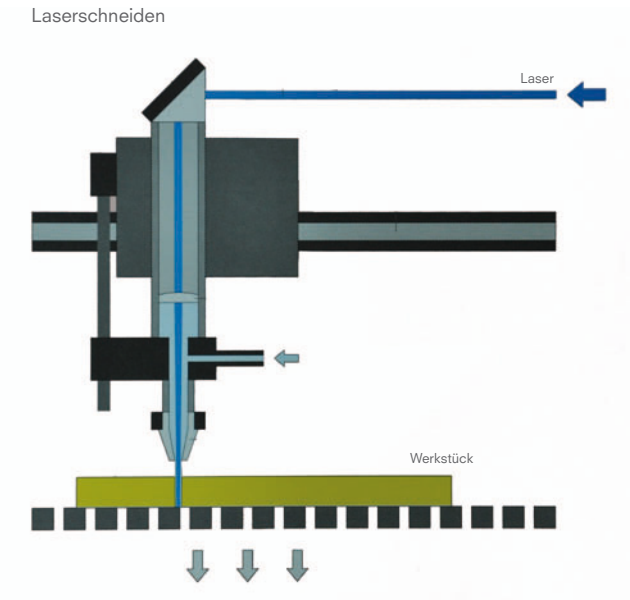
Konsumelektronik  
Möbel  
Modelbau

## Verwandte Prozesse:

CNC-Bearbeitung  
Lochen und Stanzen  
Wasserstrahlschneiden

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit





# Funkerodieren

---

Das Funkenerodieren (kurz EDM von engl. electrical discharge machining; auch funkenerosives Bearbeiten oder elektroerosives Bearbeiten), ist ein thermisches, abtragendes Fertigungsverfahren für leitfähige Materialien, das auf elektrischen Entladevorgängen (Funken) zwischen einer Elektrode (Werkzeug) und einem leitenden Werkstück beruht.

---

## Kosten:

geringe bis keine Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr gute Qualität der Endoberfläche

---

## Eignung:

Einzelproduktionen bis Kleinserien

---

## Typische Anwendung:

Präzisionsmetallarbeiten in Luftfahrt und  
Elektroindustrie  
Werkzeugherstellung

---

## Verwandte Prozesse:

CNC-Bearbeitung  
Laserschneiden  
Wasserstrahlschneiden

---

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit

---

Senkerodieren

---

Drahterodieren

---

# Funkerodieren

## Senkerodieren

### Wie funktioniert's:

Senkerodiermaschinen werden überwiegend als Badmaschine gebaut. Das Werkstück befindet sich also in einem Bad aus Dielektrikum. Als Dielektrikum wird ein nicht leitendes Öl oder deionisiertes Wasser verwendet. Der Maschinenkopf ist beweglich und führt die Bewegung in der Z-Achse aus. Der Tisch führt die Bewegungen in der X- und Y-Achse aus.

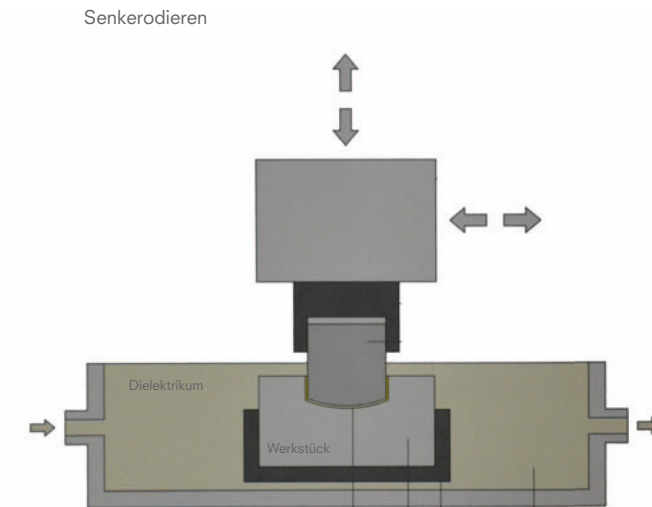
Die Elektrode (Kathode) hat ungefähr die negative Form des zu bearbeitenden Werkstücks (Anode) und besteht häufig aus Kupfer oder Graphit. Da der Materialabtrag

nicht erst beim direkten Kontakt zwischen Werkstück und Elektrode stattfindet, sondern bei einer gewissen Annäherung der Funke durch das Dielektrikum springt, muss die Elektrode etwas kleiner dimensioniert sein. Dieser sogenannte Funkenspalt hat normalerweise eine Größe von einigen Hundertstel- bis Zehntelmillimetern.

Der Abtrag entsteht durch thermische Mechanismen, namentlich durch Schmelzen oder Verdampfen des Materials. Das abgetragene Material wird durch die im Dielektrikum entstandene Gasblase und das

Dielektrikum selbst wegtransportiert. Das Dielektrikum wird permanent in einem Kreislauf gefiltert.

Nicht nur das Werkstück, sondern auch die Elektrode unterliegt einem Materialabtrag. Durch geschickte Wahl der Entladungstechnologie versucht man das Verhältnis von Werkstück- und Elektrodenabtrag zu optimieren. Für die Endbearbeitung (Schichten) wird häufig eine neue Elektrode benötigt und eine feinere Technologie gewählt.

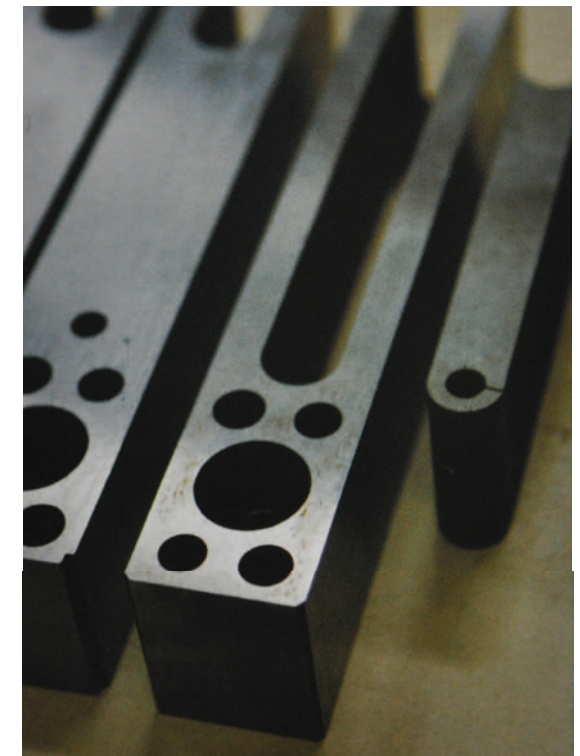
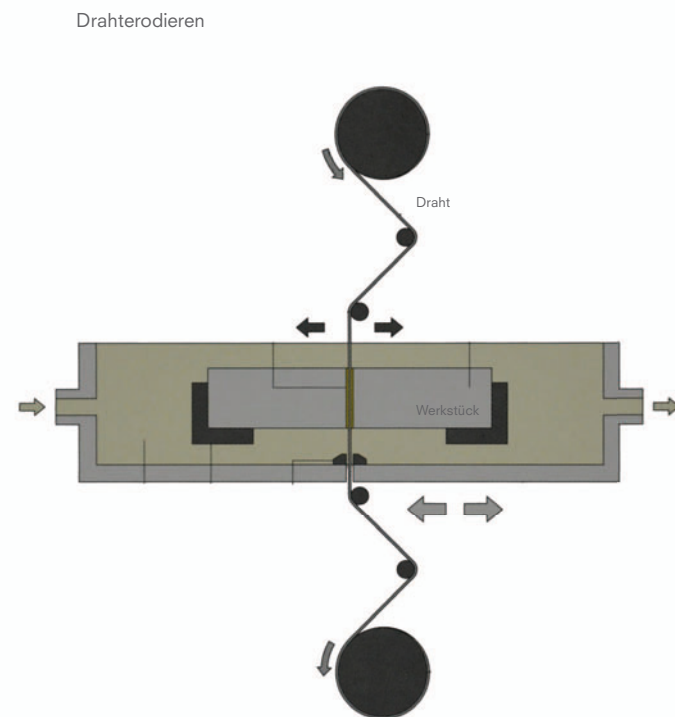


# Funkerodieren

## Drahterodieren

Wie funktioniert's:

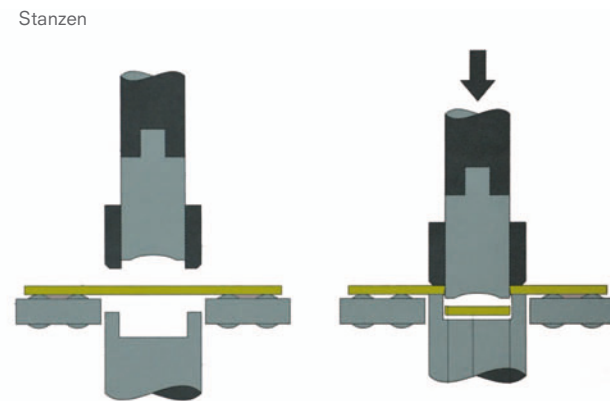
Hier wird Metall mittels eines mit Strom durchflossenen Drahts geschnitten. Die Werkstücke werden in einem Bad mit deionisiertem Wasser geschnitten. Der Draht ist meist positiv gepolt und das Werkstück negativ. Nach Anlegung von Spannung wird Material vom zu schneidenden Werkstück auf den durchlaufenden Draht übertragen. (Elektromigration: Metallionen sind positiv geladen)





# Lochen und Stanzen

Beim Stanzen werden Flachteile aus verschiedenen Werkstoffen (Bleche, Pappe, Textilien usw.) mit einer Presse oder auf Schlag und einem Schneidwerkzeug gefertigt. Das dabei verwendete Trennverfahren ist das Scherschneiden.



## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

## Qualität:

Hohe präzise Qualität, Ecken oä. müssen nachbearbeitet werden

## Eignung:

Einzel bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Automobil und Transport  
Konsum- und Geräteelektronik  
Küchenwaren

## Verwandte Prozesse:

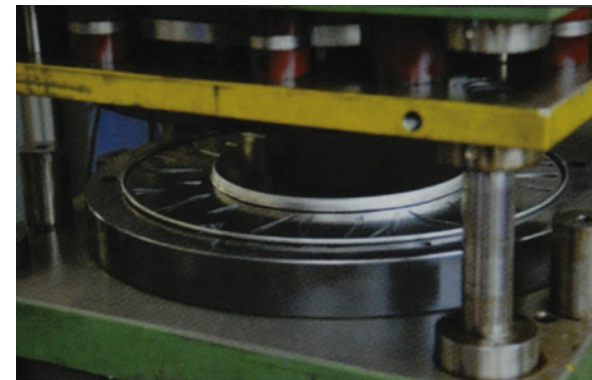
CNC-Bearbeitung  
Laserschneiden  
Wasserstrahlschneiden

## Geschwindigkeit:

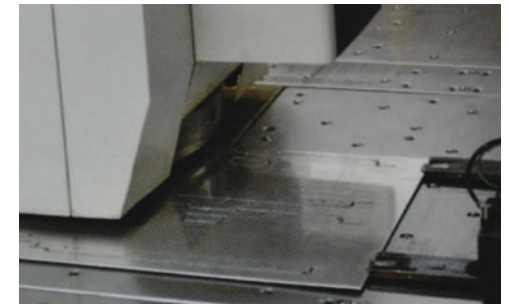
Schnelle Zykluszeit (1-100 pro Minute)  
Werkzeugwechsel braucht viel Zeit



Lochen



Stanzstempel



mit CNC -gesteuertem Stanzenwerkzeug

# Formstanzen

## Wie funktioniert's:

Ähnlich wie beim Stanzen werden hier Umrisse aus dünnen Materialien ausgestanzt. Dabei sind Schneidformen, Perforationen und Durchdrücke möglich.

Der Prozess wird vorallem in der Verpackungsindustrie für Kartons und für Bürobedarf verwendet.

Ein Layer mit Material wird in eine

Stanzpresse gelegt. In dieser Presse ist bereits ein Stanzmesser/Werkzeug eingespannt, welches die Teile mittels Schlag ausstanzt.

Dabei kann bei den Werkzeugen zwischen Perforationswerkzeug, Schneidwerkzeug, Anritzwerkzeug und Eindrückwerkzeug (Schema von links nach rechts) entschieden werden.

## Kosten:

geringe Werkzeugkosten  
gering Stückkosten

## Qualität:

Gute Kantenqualität

## Eignung:

Geringe bis hohe Stückzahlproduktionen

## Typische Anwendung:

Verpackung  
Werbeartikel  
Bürobedarf und Label

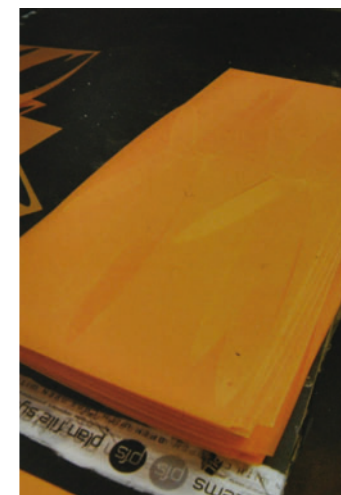
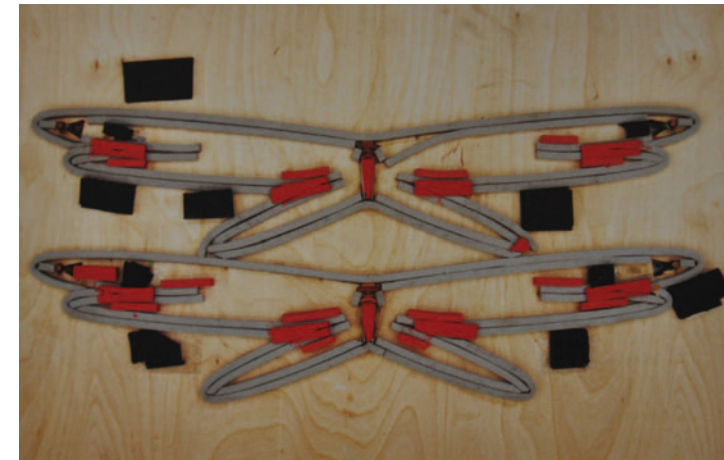
## Verwandte Prozesse:

Laserschneiden  
Stanzen  
Wasserstrahlschneiden

## Geschwindigkeit:

Sehr schnelle Zykluszeit (bis zu 4000 pro Stunde)

Formstanzen



# Wasserstrahlschneiden

Beim Wasserstrahlschneiden wird das zu bearbeitende Material durch einen Hochdruckwasserstrahl getrennt. Dieser Strahl hat einen Druck von bis zu 6000 bar und erreicht Austrittsgeschwindigkeiten von bis zu 1000 m/s. Das Schneidgut erwärmt sich dabei kaum. Daher eignet sich das Verfahren, im Gegensatz zum Laserschneiden, auch um gehärteten Stahl zu schneiden. Zur Erhöhung der Sch-

neidleistung wird dem Wasser häufig ein Schneidmittel, ein sogenanntes Abrasiv, zugesetzt. Erst durch die Beimengung eines solchen Abrasivs (wie z. B. Granat oder Korund) ist es möglich, härtere Materialien zu schneiden, die mit reinem Wasserstrahl nicht trennbar sind, oder deren Bearbeitung mit Purwasser nicht wirtschaftlich ist, bzw. wo eine höhere Schnittqualität verlangt wird.

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität

## Eignung:

Einzelproduktionen bis Kleinserien

## Typische Anwendung:

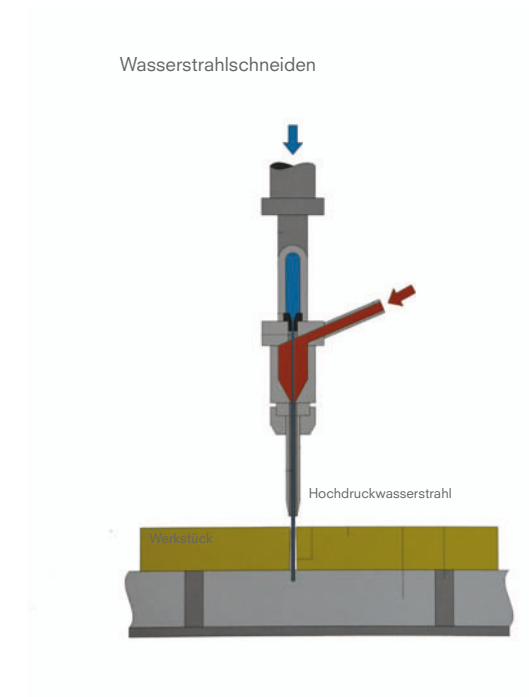
Luftfahrt  
Automobil  
Wissenschaftliche Werkzeuge

## Verwandte Prozesse:

Formstanzen  
Laserschneiden  
Lochen und Stanzen

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit abhängig von Art und Dicke des Materials





# Glasschneiden

Beim Glasschneiden wird Glas mit einem maschinell betriebenen Schneidwerkzeug angeritzt.

Die durch Anritzen entstandene Fissur führt zu einer Spannungskonzentration (Kerbwirkung) und entlang dieser bricht das Glas auf kontrollierte Druck, Zug oder Biegebelastung.

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität mit Kanten, aber auch partielle kleine Risse

## Eignung:

Einzelproduktionen bis hohe Stückzahlproduktion

## Typische Anwendung:

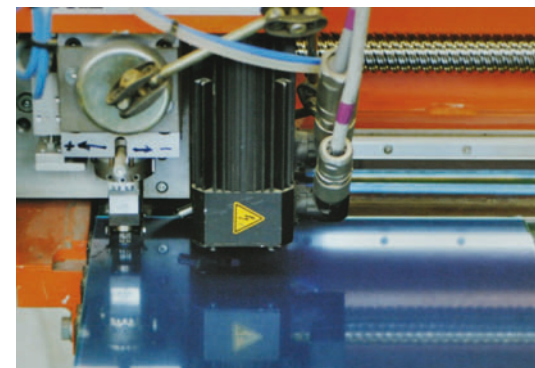
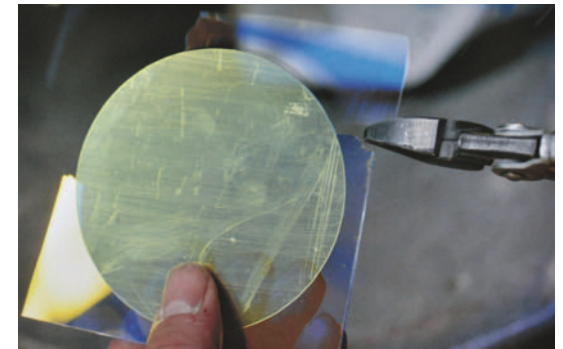
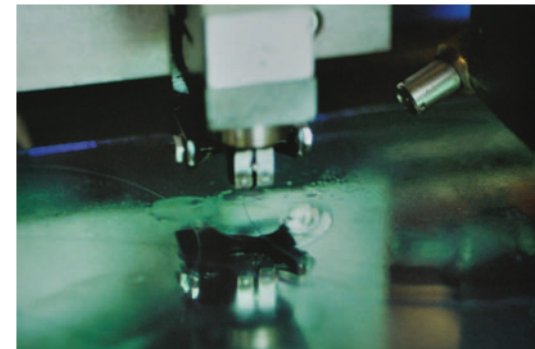
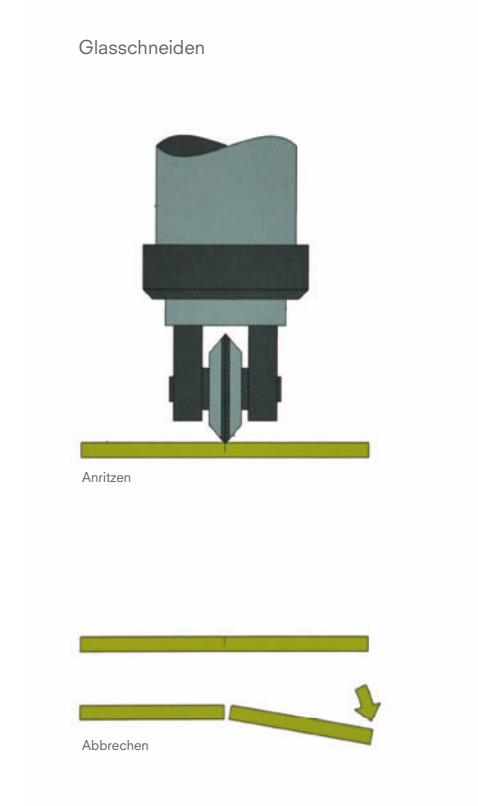
Möbel  
Glasfliesen etc.  
Buntglas

## Verwandte Prozesse:

Laserschneiden  
Wasserstrahlschneiden

## Geschwindigkeit:

Lange Zykluszeit (ca. 100m pro Minute)



FÜGEN

# Lichtbogenschweißen

---

Lichtbogenschweißen beinhaltet eine Summe von Schmelz-Schweißverfahren. Diese Prozesse können nur zur Verbindung von Metall genutzt werden, da dabei ein elektrischer Lichtbogen zwischen Werkstück und Elektrode erzeugt werden muss.

---

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Qualität

---

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Kontainer  
Fabrikationen  
Strukturen

---

## Verwandte Prozesse:

Reibschweißen  
Strahlschweißen  
Widerstandspressschweißen

---

## Geschwindigkeit:

Langsame bis schnelle Zykluszeit

---

Lichtbogenhandschweißen (MMA)

---

Schutzgasschweißen (MIG)

---

Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

---

Plasmaschweißen

---

Unterpulverschweißen

---



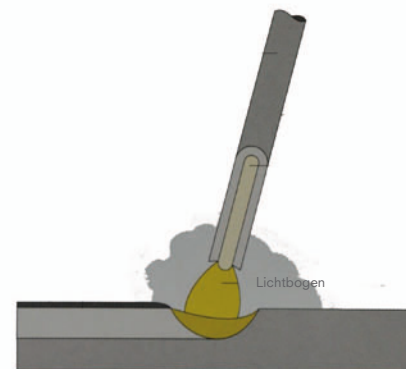
# Lichtbogenschweißen

## Lichtbogenhandschweißen (MMA)

### Wie funktioniert's:

Ein elektrischer Lichtbogen zwischen einer als Zusatzwerkstoff abschmelzenden Elektrode und dem Werkstück wird als Wärmequelle zum Schweißen genutzt. Durch die hohe Temperatur des Lichtbogens wird der Werkstoff an der Schweißstelle aufgeschmolzen. Als Schweißstromquellen dienen Schweißtransformatoren (Streueldtransformatoren) mit oder ohne Schweißgleichrichter, Schweißumformer oder Schweißinverter.

Lichtbogenhandschweißen (MMA)



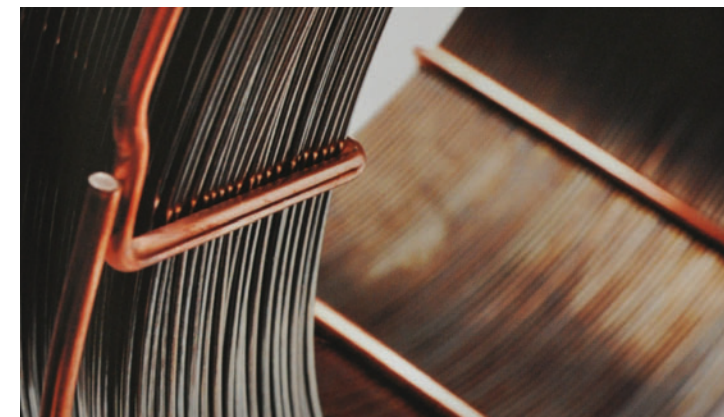
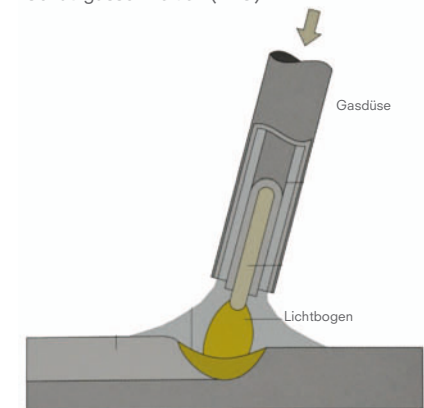
# Lichtbogenschweißen

## Schutzgasschweißen (MIG)

### Wie funktioniert's:

Das MIG-Schweißen ist ein Lichtbogenschweißverfahren, bei dem der abschmelzende Schweißdraht von einem Motor mit veränderbarer Geschwindigkeit kontinuierlich nachgeführt wird. Die gebräuchlichen Schweißdrahtdurchmesser liegen zwischen 0,8 und 1,2 mm (seltener 1,6 mm). Gleichzeitig mit dem Drahtvorschub wird der Schweißstelle über eine Düse das Schutz- oder Mischgas zugeführt. Dieses Gas schützt das flüssige Metall unter dem Lichtbogen vor Oxidation, welche die Schweißnaht schwächen würde.

Schutzgasschweißen (MIG)

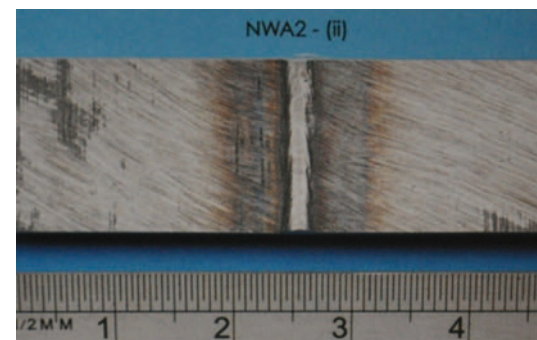
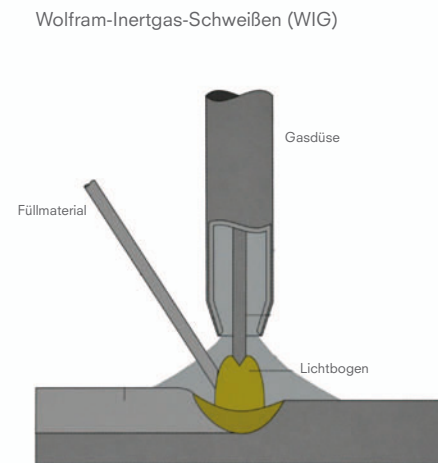


# Lichtbogenschweißen

## Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

Wie funktioniert's:

Beim WIG-Schweißen wird nicht mit einer abschmelzenden Elektrode sondern mit der manuellen Zugabe von Schweißzusatz gearbeitet. Durch den verhältnismäßig geringen und kleinräumigen Wärmeeintrag ist der Schweißverzug der Werkstücke geringer als bei anderen Verfahren. Wegen der hohen Schweißnahtgüten wird das WIG-Verfahren bevorzugt dort eingesetzt, wo die Schweißgeschwindigkeiten gegenüber den Qualitätsanforderungen zurücktreten.

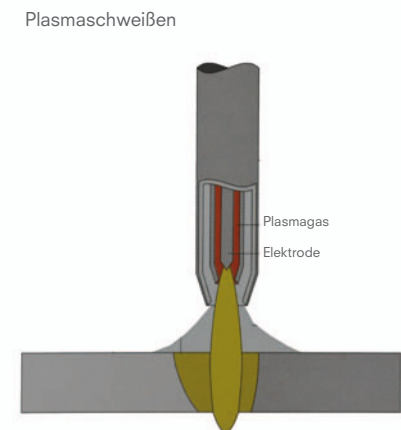


# Lichtbogenschweißen

## Plasmaschweißen

Wie funktioniert's:

Beim Plasmaschweißen (Plasma-Metall-Inertgasschweißen) dient ein Plasmastrahl als Wärmequelle. Plasma ist ein durch einen Lichtbogen hochoberflächiges, elektrisch leitendes Gas. Im Plasmaabrenner wird durch Hochfrequenzimpulse das durchströmende Plasmagas (Argon) ionisiert und ein Hilfslichtbogen (Pilotlichtbogen) gezündet. Dieser brennt zwischen der negativ gepolten Wolframelektrode und der als Düse ausgebildeten Anode und ionisiert die Gassäule zwischen Düse und plusgepoltem Werkstück. Ein berührungsloses Zünden des Lichtbogens ist dadurch möglich. Als Plasmagas sind Gasgemische aus Argon und Wasserstoff bzw. Argon und Helium gebräuchlich, die die Schmelze vor Oxidation schützen und den Lichtbogen stabilisieren. Die geringfügigen Beimischungen von Helium oder Wasserstoff verstärken den Einbrand und erhöhen dadurch die Schweißgeschwindigkeit.

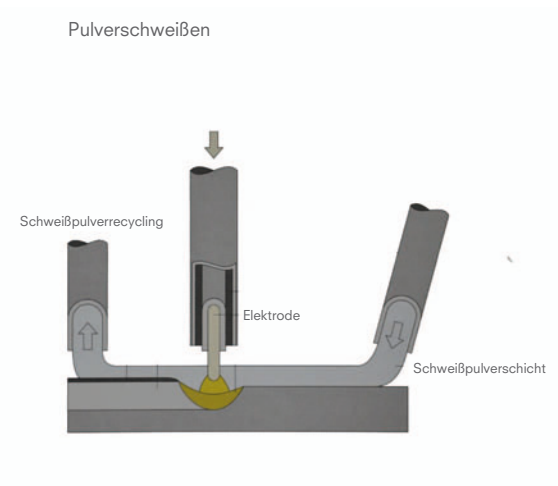


# Lichtbogenschweißen

## Unterpulverschweißen

### Wie funktioniert's:

Das Unterpulverschweißen ist ein Lichtbogenschweißverfahren, mit dem hohe Abschmelzleistungen erzielt werden können. Es wird industriell vor allem zum Schweißen langer Nähte eingesetzt und eignet sich nicht zur manuellen Ausführung. Beim Unterpulverschweißen wird der Schweißprozess von einer Schicht aus grobkörnigem, mineralischen Schweißpulver bedeckt. Dieses schmilzt durch die vom Lichtbogen emittierte Wärme und bildet eine flüssige Schlacke, die aufgrund ihrer geringeren Dichte auf dem metallischen Schmelzbad schwimmt. Durch die Schlackeschicht wird das flüssige Metall vor Zutritt der Atmosphäre geschützt. Der Lichtbogen brennt in einer gasgefüllten Kaveme unter Schlacke und Pulver. Nach dem Schweißvorgang löst sich die Schlackeschicht oft von selbst ab, das nicht aufgeschmolzene Pulver kann wiederverwendet werden.





# Strahlschweißen

---

Strahlschweißen ist ein sehr leistungstarker Schweißprozess. Beim Elektronenstrahlschweißen kann Stahl mit bis zu 150mm und Aluminium bis zu 450mm Dicke verschweißt werden.

Laserstrahlschweißen wird meistens für Materialien verwendet die dünner sind wie 15mm.

---

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
sehr hohe Ausstattungskosten  
Hohe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr feste Verbindungen

---

## Eignung:

Spezial- bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil  
Konstruktion

---

## Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Ultraschallschweißen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit

---

Laserstrahlschweißen

---

Elektronenstrahlschweißen

---

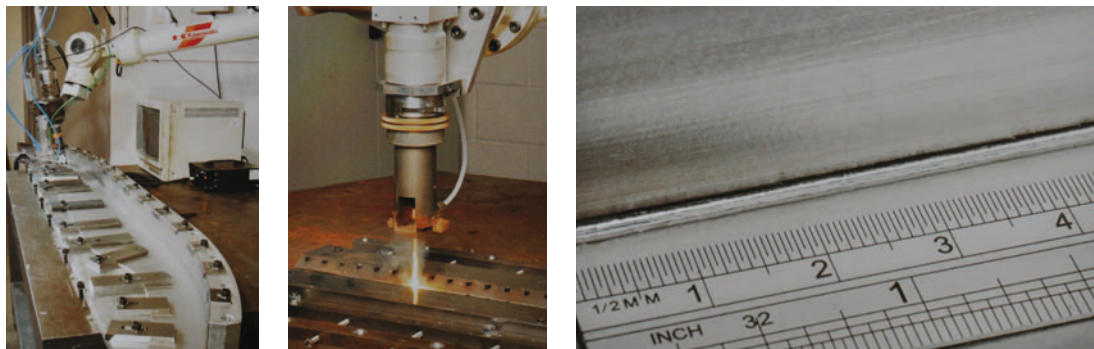
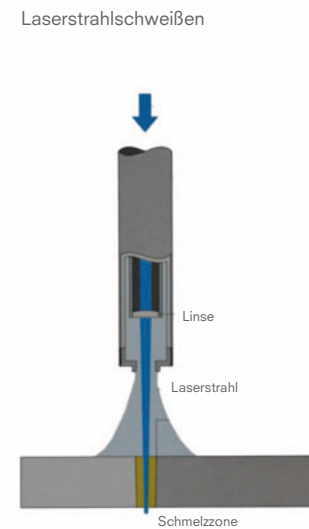
# Strahlschweißen

## Laserstrahlschweißen

### Wie funktioniert's:

Das Laserstrahlschweißen wird vor allem zum Verschweißen von Bauteilen eingesetzt, die mit hoher Schweißgeschwindigkeit, schmaler und schlanker Schweißnahtform und mit geringem thermischem Verzug gefügt werden müssen. Das Laserstrahlschweißen oder Laserschweißen wird in der Regel ohne Zuführung eines Zusatzwerkstoffes ausgeführt. Die Laserstrahlung wird mittels einer Optik fokussiert. Die Werkstückoberfläche der Stoßkante, also der

Fügestoß der zu verschweißenden Bauteile befindet sich in der unmittelbaren Nähe des Fokus der Optik (im Brennfleck). Durch Absorption der Laserleistung erfolgt auf der Werkstückoberfläche ein extrem schneller Anstieg der Temperatur über die Schmelztemperatur von Metall hinaus, so dass sich eine Schmelze bildet. Durch die hohe Abkühlgeschwindigkeit der Schweißnaht wird diese je nach Werkstoff sehr hart und verliert in der Regel an Zähigkeit.



# Strahlschweißen

## Elektronenstrahlschweißen

### Wie funktioniert's:

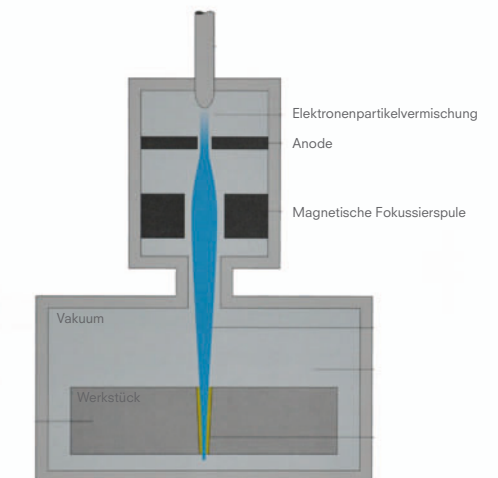
Beim Elektronenstrahlschweißen wird die benötigte Energie von durch Hochspannung (60–150 kV) beschleunigten Elektronen in die Prozesszone eingebracht. Die Strahlbildung sowie der Schweißvorgang erfolgen meist im Vakuum.

Beim Aufprall der Elektronen auf das Werkstück setzen diese einen Großteil ihrer kinetischen Energie in Wärme um. Ferner entsteht Röntgenstrahlung, weshalb die Arbeitskammer abgeschirmt sein muss.

Das Elektronenstrahlschweißen erlaubt hohe Schweißgeschwindigkeiten mit extrem tiefen, schmalen und parallelen Nähten. Durch die geringen Nahtbreiten und die hohe Parallelität kann der Verzug extrem klein gehalten werden.

Die hohe Energiedichte erlaubt das Verschweißen aller, auch höchstschmelzender Metalle sowie die Herstellung von Mischverbindungen durch das Verschweißen verschiedener Materialien, beispielsweise Stahl und Bronze oder auch unterschiedlicher Stahllegierungen, z. B. Vergütungsstahl.

### Elektronenstrahlschweißen



# Reibschweißen

---

Beim Reibschweißen (EN ISO 4063: Prozess 42) werden zwei Teile unter Druck relativ zueinander bewegt, wobei sich die Teile an den Kontaktflächen berühren. Durch die entstehende Reibung kommt es zur Erwärmung und Plastifizierung des Materials. Am Ende des Reibvorganges ist es von entscheidender Bedeutung, die Teile richtig zueinander zu positionieren und einen hohen Druck auszuüben. Die Vorteile dieses Ver-

fahrens sind, dass die so genannte Wärmeeinflusszone deutlich kleiner ist als bei anderen Schweißverfahren und dass es nicht zur Bildung von Schmelze in der Fügezone kommt. Es können eine Vielzahl von Werkstoffen, wie beispielsweise Aluminium mit Stahl, miteinander verschweißt werden. Auch die Verbindung von metallischen Werkstoffen, die keine Legierungen miteinander eingehen, ist vielfach möglich.

---

#### Kosten:

RFW, LFW und OFW keine Werkzeugkosten  
FSW geringe Werkzeugkosten  
Geringe bis moderate Stückkosten

---

#### Qualität:

Gute Qualität bei hermetischer Versiegelung  
Sehr gute Verbindung die ähnliche Eigenschaften wie das Basismaterial hat

---

#### Eignung:

Große Stückzahlproduktionen

---

#### Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil und Transport  
Schifffahrt

---

#### Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Strahlschweißen  
Widerstandspressschweißen

---

#### Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit abhängig von der Verbindung

---

Rotationsreibschweißen (RFW)

---

Lineares Reibschweißen (LFW)

---

Orbitalreibschweißen (OFW)

---

Rührreibschweißen (FSW)

---



# Reibschweißen

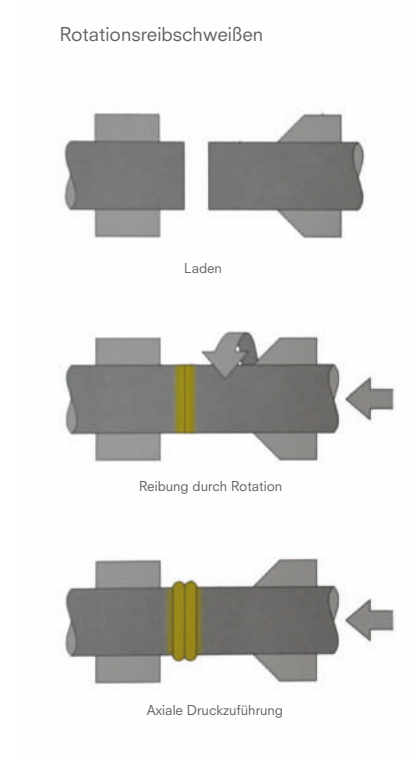
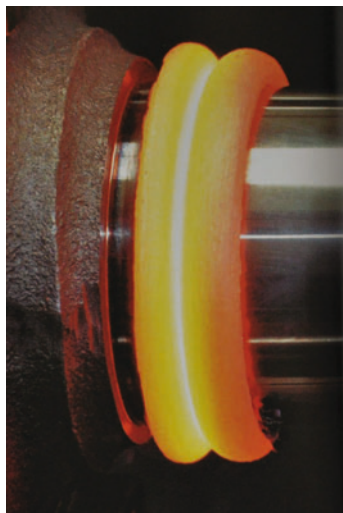
## Rotationsreibschweißen (RFW)

Wie funktioniert's:

Das Rotationsreibschweißen ist ein Pressschweißverfahren. Dabei muss mindestens ein Fügeteil in der Fügezone eine rotationssymmetrische Gestalt aufweisen. Die Energiezufuhr wird ausschließlich durch eine Relativbewegung der Fügeteile zueinander unter Druck eingebracht. Dabei steht ein Fügeteil still und das zweite Teil wird in Rotation versetzt. Weit verbreitet ist die Anwendung, um

an Rohre (Bohrstäben) Verbinder unterschiedlicher Materialgüte anzuschweißen.

Die verwendeten Maschinen ähneln Drehmaschinen. Sie enthalten eine rotierende Spindel und ein nicht rotierendes Gegenstück, das auf einen axial zustellbaren Schlitten gespannt und auf das rotierende Teil gedrückt wird.

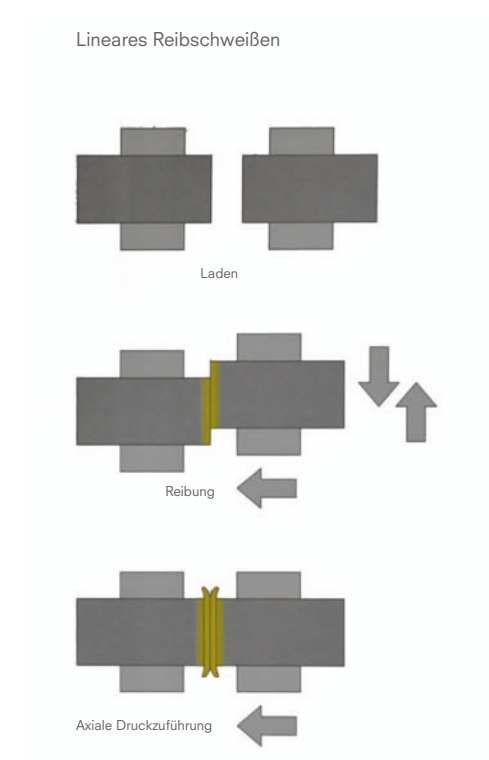


# Reibschweißen

## Lineares Reibschweißen (LFW)

Wie funktioniert's:

Das Lineare Reibschweißen funktioniert ähnlich wie das Rotationsreibschweißen, mit dem Unterschied dass das zweite Teil nicht in Rotation versetzt wird, sondern durch eine Reibe-Auf-und-Ab-Bewegung verschmolzen wird.



# Reibschweißen

## Orbitalreibschweißen (OFW)

Wie funktioniert's:

Orbitalreibschweißen ist ein Reibschweißverfahren. Im Unterschied zum verwandten Rotationsreibschweißen müssen die Teile hier nicht rotations-symmetrisch sein. Die Energiezufuhr wird mittels einer zirkularen Kreisschwingbewegung der Fügeteile - ähnlich wie bei einem Schwing-schleifer - unter Druck eingebracht. Hierbei bleibt die Ausrichtung der Achsen gleich. Beim Multiorbitalreibschweißen schwingen beide Bauteile, im Unterschied zum Orbitalreibschweißen, welches deshalb „Single Orbitalreibschweißen“ genannt wird.

# Reibschweißen

## Rührreibschweißen (FSW)

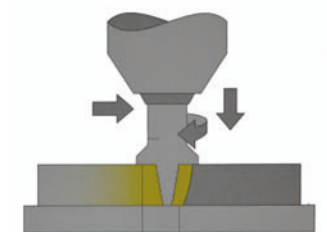
Wie funktioniert's:

Beim Rührreibschweißen wird die Reibenergie nicht durch die Relativbewegung der beiden Fügepartner erzeugt, sondern durch ein verschleißfestes, rotierendes Werkzeug. Der Prozessablauf gliedert sich im Wesentlichen in sechs Schritte. Im ersten Schritt wird ein rotierendes Werkzeug mit hoher Kraft solange in den Fügespalt gedrückt, bis die Werkzeugschulter auf der Bauteiloberfläche zur Anlage kommt. Während des zweiten Schritts verweilt das sich drehende Werkzeug für einige Sekunden an der Eintauchstelle. Durch die Reibung zwischen Werkzeugschulter und Fügepartnern erwärmt sich der Werkstoff unter der Schulter bis kurz unter den Schmelzpunkt. Dieser Temperaturanstieg hat einen Festigkeitsabfall zur Folge, wodurch der Werkstoff plastifiziert wird und eine Vermischung der Fügezone möglich wird. Mit dem Einsetzen der Vorschubbewegung

beginnt der dritte Schritt, bei dem das rotierende Werkzeug mit hoher Anpresskraft entlang der Füge-linie bewegt wird. Der durch die Vorschubbewegung entstehende Druckgradient zwischen Vorder- und Rückseite des Werkzeugs und dessen Rotationsbewegung bewirken den Transport von plastifiziertem Werkstoff um das Werkzeug herum, der sich dort vermischt und die Naht bildet. Im vierten Schritt wird die Verfahrbewegung am Ende der Naht gestoppt. Im fünften Schritt wird das sich drehende Werkzeug wieder aus der Fügezone herausgezogen. Im sechsten Schritt wird die fertige Schweißnaht visuell begutachtet bzw. mit zerstörungsfreien Prüfmetho-den untersucht.

Aufgrund des charakteristischen Prozessablaufs des Rührreißschweißens ist das Verfahren besonders für Aluminiumlegierungen geeignet.

Rührreibschweißen



# Vibrationsschweißen

Vibrationsschweißen wird vor allem für das Verbinden von thermoplastischen Polymerwerkstoffen verwendet. Vibrationsschweißmaschinen übertragen eine vom Antriebssystem erzeugte Schwingbewegung konstanter oder veränderlicher Frequenz und Amplitude auf eines (oder beide) der zu schweißenden Fügeteile. Dh. diese werden aneinander gerieben und verschmelzen unter dem dann angelegten Druck.

## Kosten:

geringe bis moderate Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Stärke und homogene Verbindung  
Hermetische Abdichtungen sind möglich

## Eignung:

Mäßige bis große Stückzahlproduktionen

## Typische Anwendung:

Automobil  
Konsumelektronik  
Verpackung

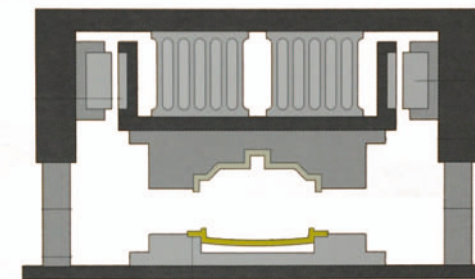
## Verwandte Prozesse:

Reibschweißen  
Heizelementschweißen  
Ultraschallschweißen

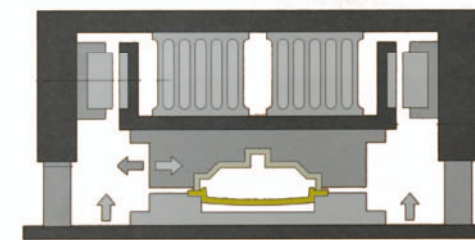
## Geschwindigkeit:

Sehr schnelle Zykluszeit (bis zu 30 Sekunden)

Vibrationsschweißen



Ladevorgang mit Ober- und Unterteil



Versetzung in Vibration und Verpressung

Beispiel:  
Autolicht

Hersteller:  
Branson Ultrasonics  
[www.branson-plasticsjoin.com](http://www.branson-plasticsjoin.com)





# Ultraschallschweißen

Für Kunststoff und Metall.  
Ein Generator erzeugt elektrische Ultraschallschwingungen welche von einem Converter in mechanische Schwingungen umgewandelt werden. Der sogenannte Booster paßt die vom Converter abgegebene konstante Amplitude dem Anwendungsfall an. Die Sonotrode schließlich überträgt die hochfrequente Schwingungsenergie auf die Fügefläche. Durch Grenzflächenreibung und Schallabsorption setzen sich die eingeleiteten Schwingungen bei

gleichzeitig aufgebrachter Kraft in Schmelzwärme um: Das Material fließt innerhalb der Schweißzone der beiden Teile ineinander und bildet nach dem Erkalten eine fast homogene Verbindung. Die Technik ist schnell, effizient und - da auf Hilfsmittel verzichtet werden kann - umweltgerecht. Über das flächige Verschweißen hinaus kann mit dem Ultraschallprozess genietet, gebördelt, punktgeschweißt oder Metallbuchsen in das Material versenkt werden.

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität bei konstanten Verbindungen  
Hermetische Abdichtungen sind möglich

## Eignung:

Große Stückzahlproduktionen

## Typische Anwendung:

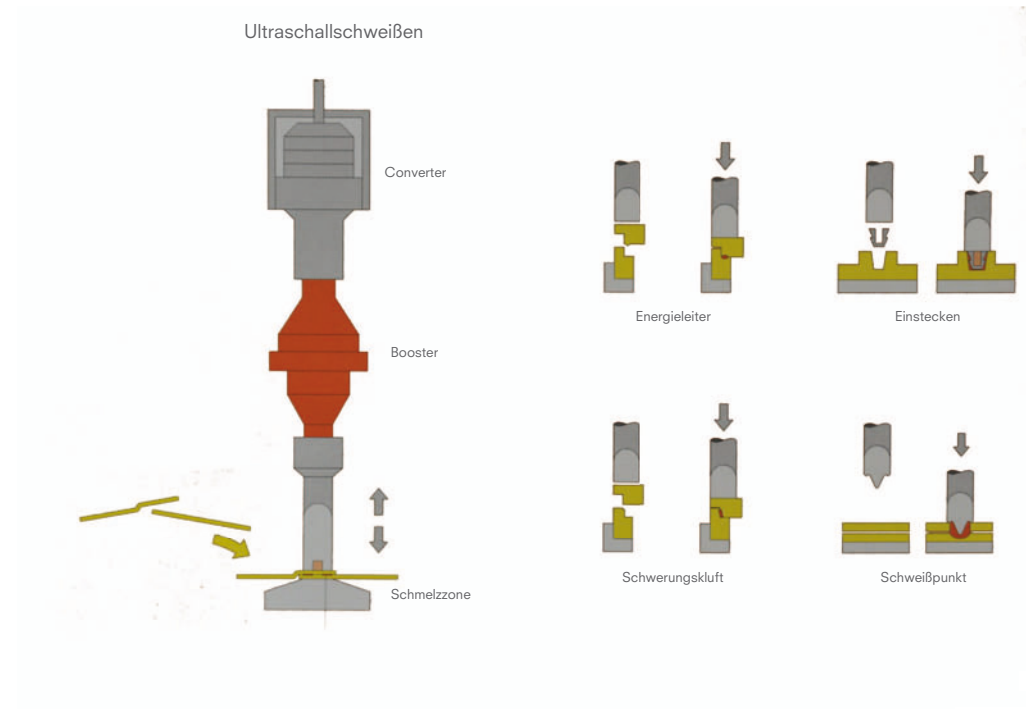
Kosumelektronik  
Medizin  
Verpackung

## Verwandte Prozesse:

Heizelementschweißen  
Strahlschweißen  
Vibrationsschweißen

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (weniger als 1 Sekunde)



Hersteller:

BRANSON ULTRASONICS  
[www.branson-plasticsjoin.com](http://www.branson-plasticsjoin.com)



# Widerstandsschweißen

---

Dies sind schnelle Technologien um eine Verbindung von zwei Metallteilen zu schaffen. Buckelschweißen und Widerstandspunktschweißen werden für Montagevorgänge benutzt, während hingegen Rollennahtschweißen dafür verwendet wird sich überlappende Schweißkerne zu bilden die für eine hermetische Abdichtung sorgen.

---

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Hohe Schwerfestigkeit, geringes Haftvermögen  
Hermetische Abdichtungen sind mit Rollennahtschweißen möglich

---

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil  
Möbel  
Prototypen

---

## Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Reibschweißen  
Nieten

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit

---

Rollennahtschweißen

---

Widerstandspunktschweißen

---

Buckelschweißen

---

# Widerstandsschweißen

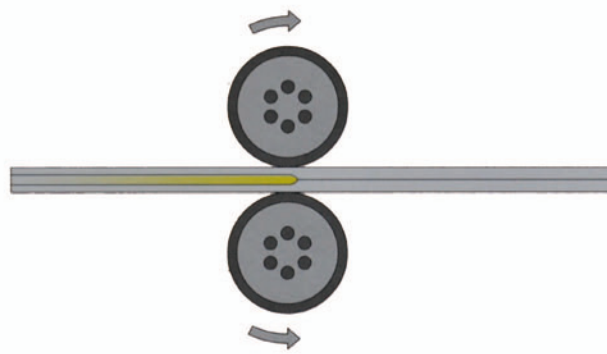
## Rollennahtschweißen

### Wie funktioniert's:

Beim Rollennahtschweißen sind die Elektroden im Vergleich zum Punktschweißgerät scheibenförmig ausgeführt und rollen auf den, zwischen den Scheiben hindurchgeführten Fügepartnern, ab. Somit lassen sich, anders als beim Punktschweißen, quasi-kontinuierliche Nähte erzeugen,

die aus der Überlagerung einzelner Schweißpunkte bestehen. Ein Rollennahtschweißgerät funktioniert nach dem gleichen Schweißprinzip wie das Punktschweißen. Ein Anwendungsbeispiel des Verfahrens ist die Herstellung des zylindrischen Teiles von Weißblech-Konservendosen.

Rollennahtschweißen



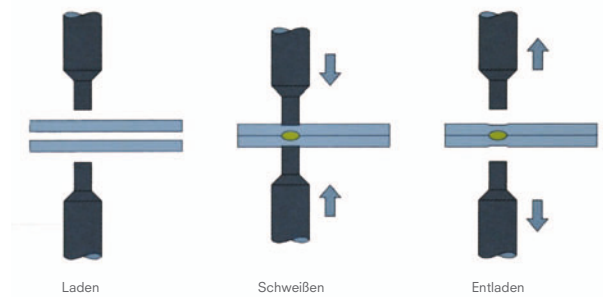
# Widerstandsschweißen

## Widerstandspunktschweißen

### Wie funktioniert's:

Punktschweißen (Widerstandspunktschweißen) ist ein Widerstandsschweißverfahren zum Verschweißen von Blechen. Die Bleche werden dabei durch zwei gegenüberliegende Elektroden an einem Punkt zusammengepresst. Durch die Elektroden wird ein Schweißstrom in das Blech eingeleitet. Das Aufschmelzen des Grundwerkstoffes erfolgt an der Stelle des größten elektrischen Widerstandes, in der Regel am Übergang zwischen den Blechen. Dieser Übergangswiderstand ist etwa 30mal höher als der Widerstand des Materials selbst. Die Elektroden sitzen meistens am Ende einer Punktschweißzange oder an Zylindern. Um ein Überhitzen der Elektroden zu vermeiden, wird häufig auf der Innenseite Kühlwasser hindurchgeleitet. Punktschweißen ist ein wichtiges Verfahren zur Verbindung der Karosserieteile im Automobilbau und bei der Fertigung elektrotechnischer Artikel, wie zum Beispiel Elektronenröhren.

Widerstandspunktschweißen





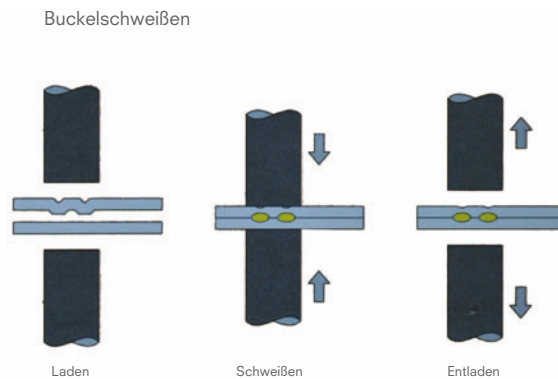
# Widerstandsschweißen

## Buckelschweißen

### Wie funktioniert's:

Buckelschweißen entspricht im Prinzip dem Punktschweißen, wobei aber in einem der zu verbindenden Bauteile eine oder mehrere Erhöhungen (Schweißbuckel) eingebracht werden. Nur diese Buckel liegen nun auf dem anderen zu verschweißenden Bauteil auf. Durch die Geometrie des Buckels ist der Bereich des Stromüberganges genau definiert, als Elektroden werden (im Unterschied zum Punktschweißen) flächenhafte Kupferelektroden verwendet. Während des Stromflusses schmilzt

der Buckel teilweise auf, drückt das Material des Buckels teilweise in das andere Bauteil und geht mit diesem eine Verbindung ein. Eine weitere Variante des Buckelschweißens ist das Ausnutzen natürlicher Buckel, beispielsweise beim Schweißen von Gittern (sogenanntes Kreuzdrahtschweißen). Dabei fließt Strom über die Kontaktstellen der einander kreuzenden Metallstäbe, wodurch es an diesen Stellen zur Erwärmung und Verschweißung kommt.



# Lötverfahren

---

Löten ist ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen von Werkstoffen, wobei eine flüssige Phase durch Schmelzen eines Lotes (Schmelzlöten) oder durch Diffusion an den Grenzflächen (Diffusionslöten) entsteht. Die Liquidustemperatur der Grundwerkstoffe wird nicht erreicht. Im Gegensatz dazu wird beim Schweißen diese Temperatur überschritten. Nach dem Erstarren des Lotes ist eine stoffschlüssige Verbindung hergestellt.

---

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten außer evtl. Schablonen  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr feste Verbindungen

---

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Elektronik  
Schmuck  
Küchenartikel

---

## Verwandte Prozesse:

Lichtbogenschweißen  
Widerstandsschweißen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (1-10 Minuten abhängig von der Technik und Größe)

---

Weichlöten

---

Hartlöten

---

Heizofenmethode

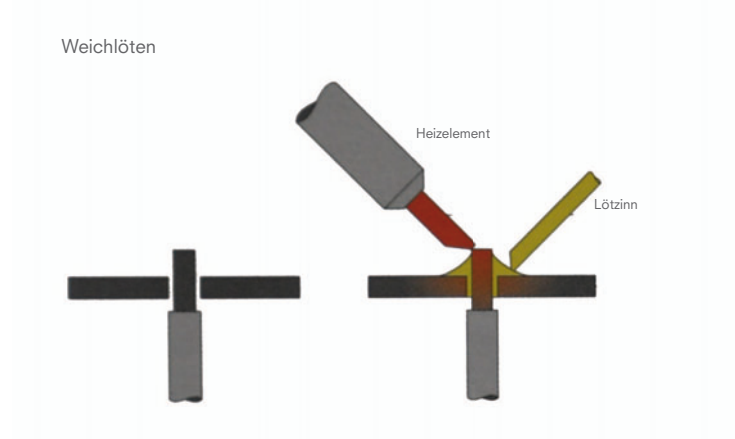
---

# Widerstandsschweißen

## Weichlöten

Wie funktioniert's:

Bei Weichlöten werden die zu lötenden Bauteile mit einem LötKolben oä. erhitzt (bis 450°C). Dann wird ein ebenfalls durch den LötKolben erweichtes Lötzinn in die Fügestelle gegeben. Ist alles gut erhitzt, so fließt das Lötzinn in die Öffnungen, erkaltet und erstarrt dann.

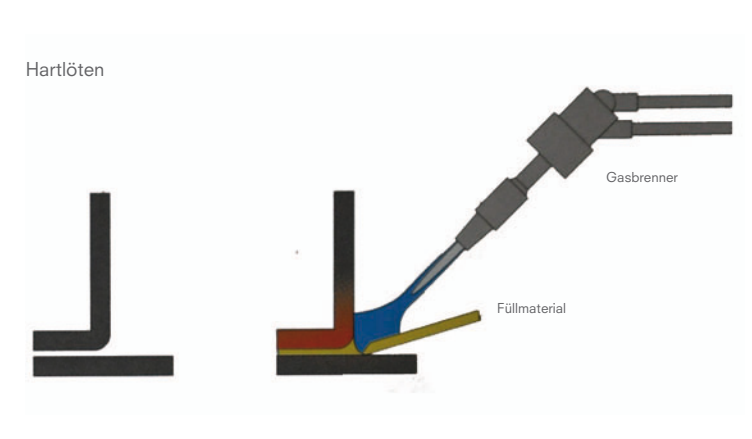


# Widerstandsschweißen

## Hartlöten

Wie funktioniert's:

Beim Hartlöten werden die zu lötenden Bauteile mit einem Gasbrenner auf eine Temperatur von über 450°C erhitzt. Danach wird ein Füllmaterial ebenfalls erhitzt und auf die zu lötende Stelle aufgegeben, wo dieses wiederum erkaltet und aushärtet.





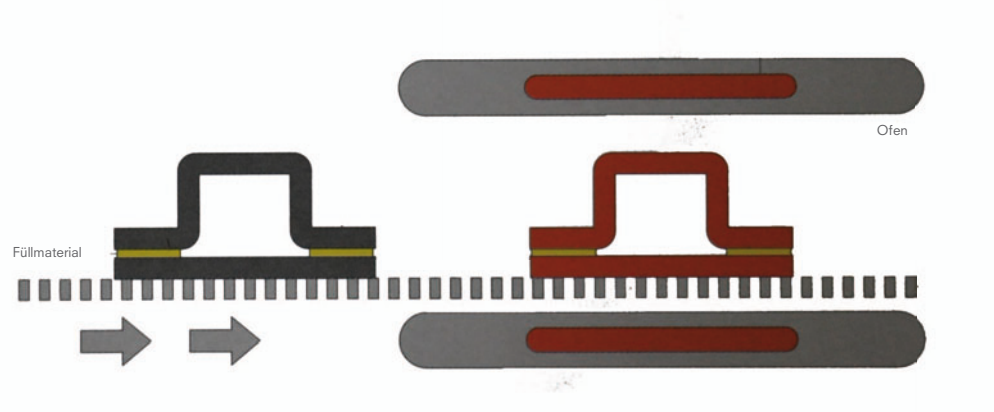
# Widerstandsschweißen

## Heizofenmethode

### Wie funktioniert's:

Die zwei zu lötenden Teile werden aufeinander gelegt und an die Lötstelle wird eine vorgeformte Lötportion dazwischen gegeben. Das ganze wird dann mittels Laufband durch einen Heizofen gefahren, wo sich das Lötzinn verflüssigt, später dann erkaltet und somit wieder eine harte, feste Formverbindung ergibt.

Heizofenmethode



# Nieten

---

Der Niet (Plural die Niete) ist ein plastisch verformbares, zylindrisches Verbindungselement. Nietverbindungen werden vorwiegend zum Fügen von Blechteilen eingesetzt. Durch die Kaltnietung wird eine formschlüssige Nietverbindung zweier Bauteile hergestellt. Bei der Warmnietung entsteht beim Abkühlen des Niets durch Schrumpfen zusätzlich ein Kraftschluss.

---

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Sehr feste Verbindungen

---

## Eignung:

Medium- bis hohe Stückzahlproduktion

---

## Typische Anwendung:

Geräte  
Automobil  
Konsumelektronik

---

## Verwandte Prozesse:

Heizelementschweißen  
Ultraschallschweißen  
Vibrationsschweißen

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (0,5-15 Sekunden)

---

Heißluftnieten

---

Ultraschallnieten

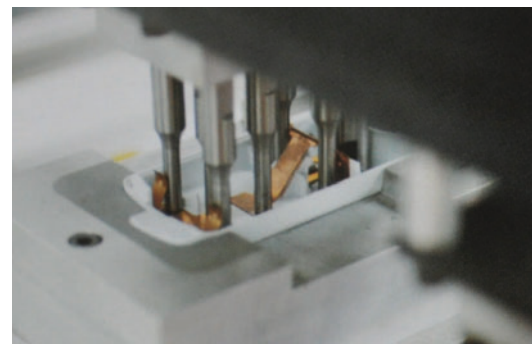
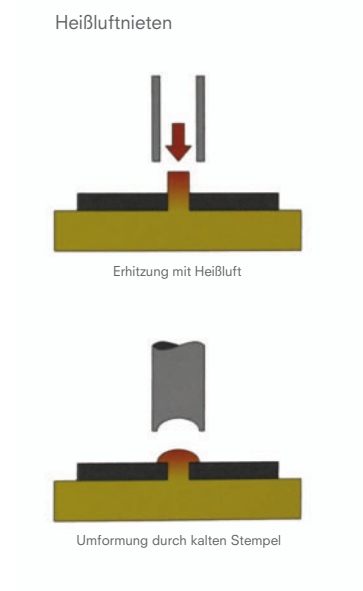
---

# Widerstandsschweißen

## Heißluftnieten

### Wie funktioniert's:

Das Heißluftnieten arbeitet in der Aufwärmphase kontaktlos. Ein kontinuierlich umlaufender Heißluftstrom erwärmt den Nietzapfen. Dann erfolgt die Ausformung des Nietkopfes mit einem Kaltstempel in einer separaten Station. Durch die nachgeschaltete Kühlphase unter Druckeinfluss und Formzwang wird eine geringere Relaxation des Kunststoffes erreicht. Die Erwärmungstemperatur liegt in der Regel höher als 300 °C. Mit diesem Verfahren können grundsätzlich alle thermoplastischen Kunststoffe verarbeitet werden.

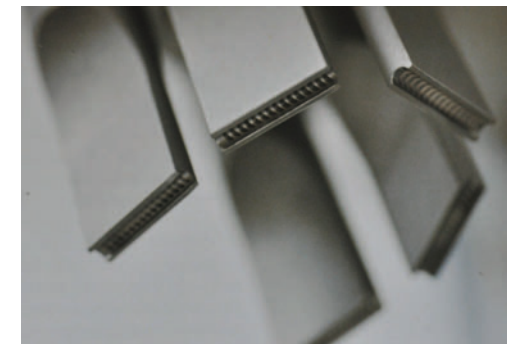
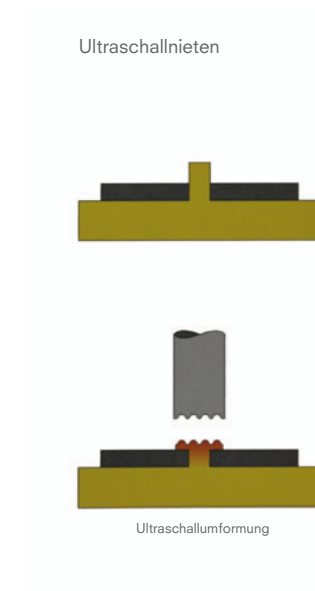


# Widerstandsschweißen

## Ultraschallnieten

### Wie funktioniert's:

Ultraschallnieten funktioniert ähnlich wie Heißluftnieten nur dass bei diesem Verfahren die Energie, welche zum Erzeugen der Schmelztemperatur und damit zum Verbinden der Bauteile erforderlich ist, durch Ultraschall erzeugt wird.





# Heizelementschweißen

Das Heizelementschweißen ist ein Fügeverfahren, bei dem die Fügeflächen der zu schweißenden Formteile mit Hilfe eines elektrisch beheizten Heizelementes durch Berührung oder Strahlung ausreichend erwärmt und anschließend unter Druck geschweißt werden. Das Schweißen mittels Heizelement zählt zu den am häufigsten in der indus-

triellen Serienfertigung eingesetzten Schweißverfahren. Die Vorteile des Heizelementschweißens liegen neben dem Schweißen von dreidimensionalen Fügeflächen und dem hohen Automatisierungsgrad der Maschinen in der großen Produktpalette an Kunststoffen, die geschweißt werden können.

## Kosten:

Moderate Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität bei homogenen Verbindungen  
Hermetische Abdichtungen möglich

## Eignung:

Kleinserien- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

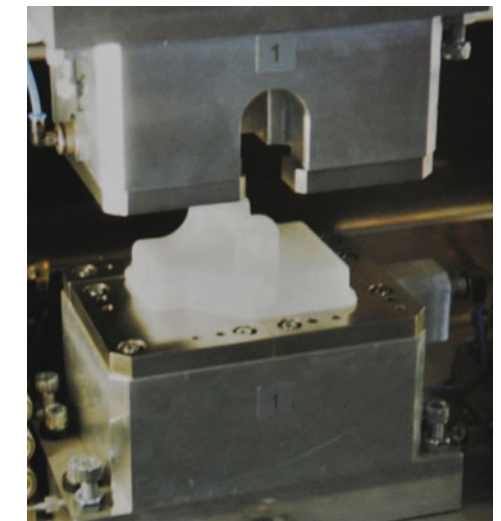
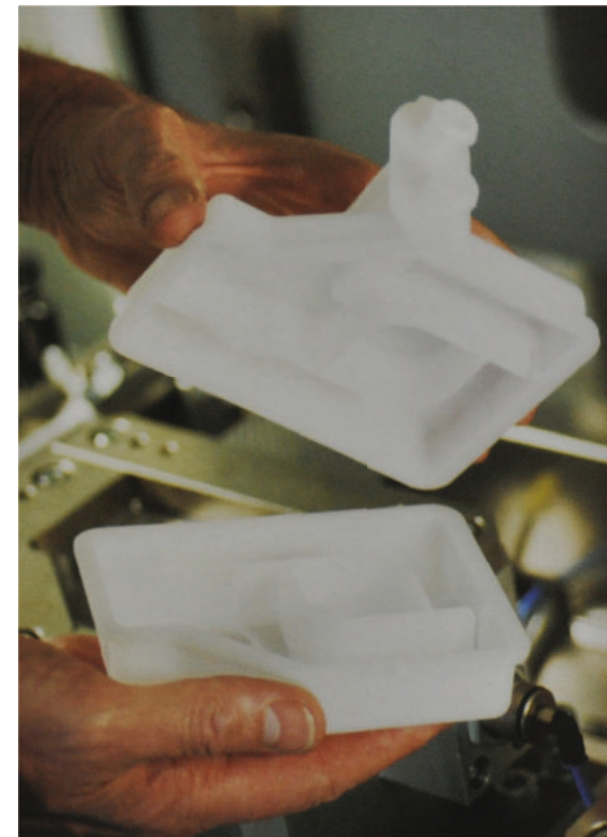
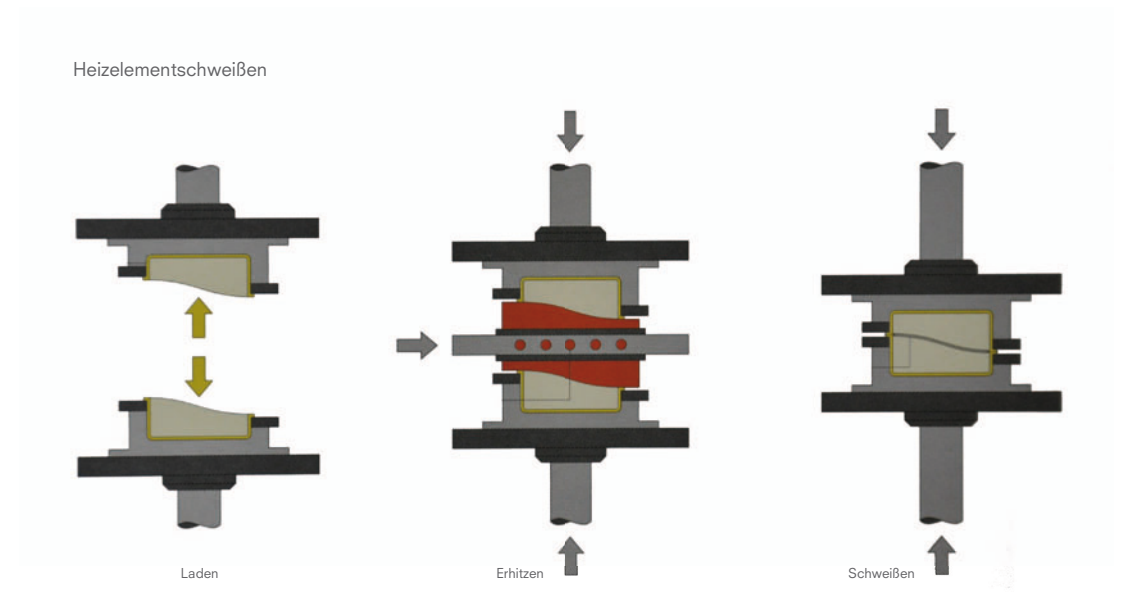
Automobil  
Verpackung  
Pharmazeutische Artikel

## Verwandte Prozesse:

Ultraschallschweißen  
Vibrationsschweißen

## Geschwindigkeit:

Variable Zykluszeit (30 Sekunden bis 10 Minuten)



# Holzverbindungen

Zeitgenössische Möbel werden mit beidem, handgemachten und maschinell hergestellten Verbindungen gefertigt. Es gibt sehr viele unterschiedliche Arten von Holzverbindungen. Je nach Ausführung sind diese stabiler und schöner.

Je nach Art des Anschnittes entsteht auch eine größere Verklebefläche und somit eine stabilere Verbindung.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten, evtl sind Vorrichtungen notwendig  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität und stabile Verbindungen

## Eignung:

Einzel- bis Serienproduktion

## Typische Anwendung:

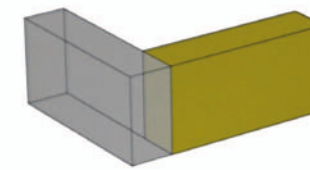
Konstruktion  
Möbel  
Innenräume

## Verwandte Prozesse:

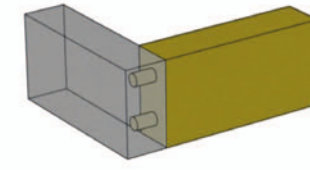
Reibschweißen  
Holzfachwerk

## Geschwindigkeit:

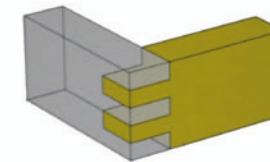
Zykluszeit abhängig von der Komplexität des Teils



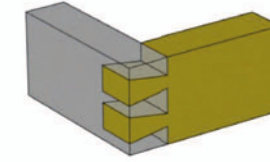
Stumpfe Verbindung



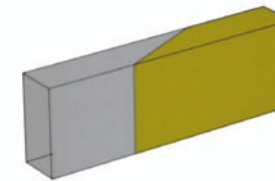
Dübelverbindung



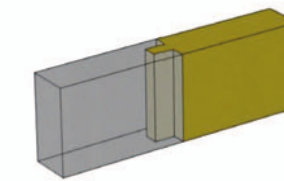
Fingerzinken



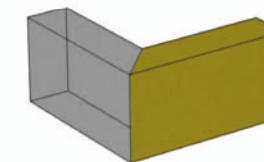
Schwalbenschwanzverbindung



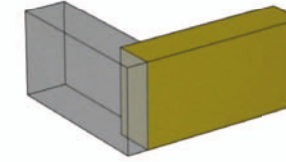
Schrägstoß



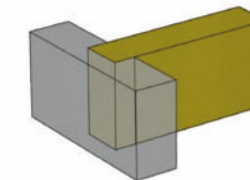
Nut- und Federverbindung



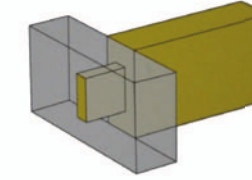
Gehrungsverbindung



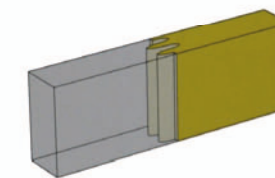
Überlappstoß



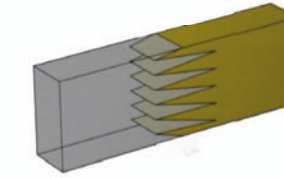
Schlitzverbindung



Zapfenverbindung



M-Verbindung



Keilzinkenverbindung

# Weben

Weben bezeichnet den Prozess bei dem Fäden und Streifen eines Materials über- und untereinander gelegt werden, um eine feste Struktur/ eine feste Form zu bekommen. Die Festigkeit des Objekts kann über Faserstärke, Webart und Dichte der Verwebung gesteuert werden. Je

nach Webart sind die unterschiedlichsten Muster möglich. Traditionelle Materialien zum Weben sind Ratten, Weide und Bambus. In der Massenproduktion werden auch oft Metalle, Papier, Kunststoff und Holz als Ausgangsmaterial verwendet.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten sofern das Rohmaterial günstig ist

## Qualität:

Abhängig vom Rohmaterial

## Eignung:

Einzel- bis Serienproduktion

## Typische Anwendung:

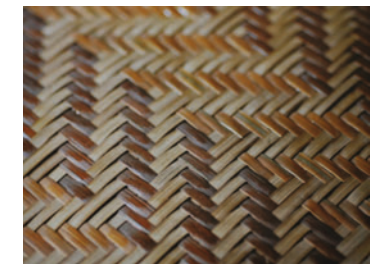
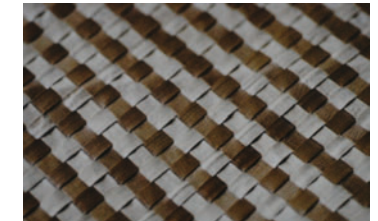
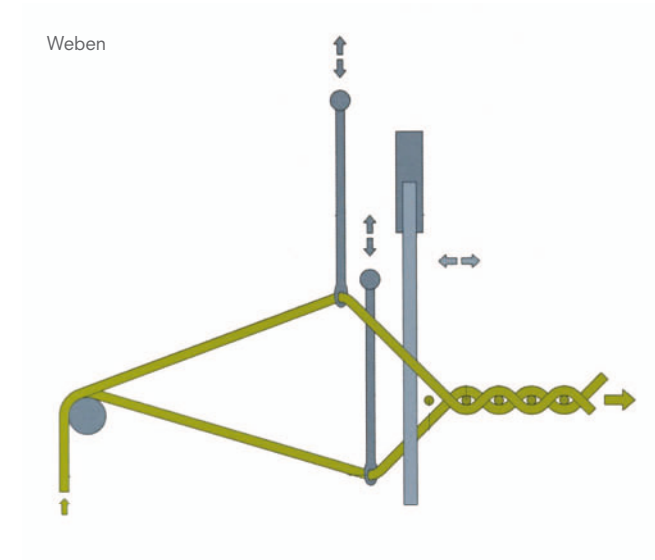
Möbel  
Innenräume  
Stauraum

## Verwandte Prozesse:

Bugholz  
Polstern  
Formverleimen

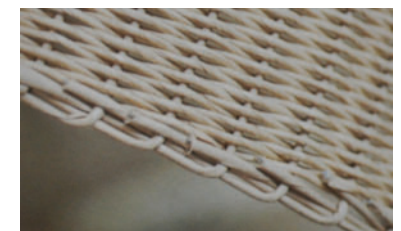
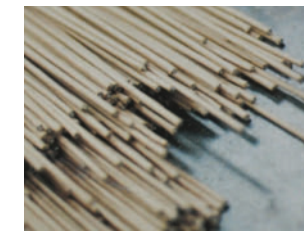
## Geschwindigkeit:

Maschinelles Weben ist sehr schnell  
Handweben eher langsam



Webmuster Beispiele

Beispiel: Weben eines Stuhls





# Polstern

Polstern ist ein hochqualifizierter Herstellungsprozess für gepolsterte Möbel. Es bezeichnet den Prozess bei dem die harten und weichen Komponenten eines Möbelstücks zusammengebracht werden.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten  
Geringe bis Stückkosten

## Qualität:

Sehr gute Qualität die abhängig ist vom Können des Bearbeiters

## Eignung:

Einzel- bis Serienproduktion

## Typische Anwendung:

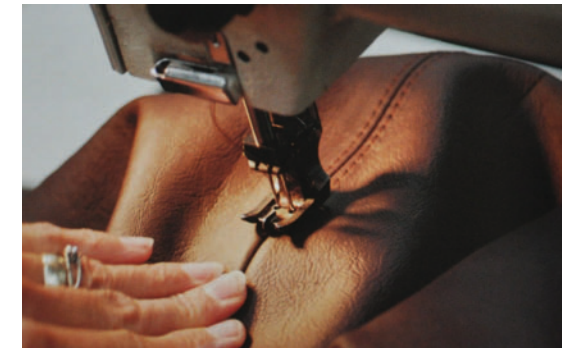
Möbel  
Schiffs- und Automobilinterieur  
Sitze öffentliche Verkehrsmittel

## Verwandte Prozesse:

Bugholz  
Weben  
Formverleimen

## Geschwindigkeit:

Moderate bis lange Zykluszeit abhängig von der Größe und Komplexität des Produktes



# Holzfachwerk

Große Holzfachwerkstrukturen können mit einer Vielzahl von Verbindungsmöglichkeiten verbunden werden. Mit dem richtigen Holz können dabei große Spannweiten überspannt werden. Oft werden diese im Hausbau verwendet, da das Aufstellen schnell und effizient vollzogen werden kann.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten abhängig von der Komplexität

## Qualität:

Leicht und dauerhaft

## Eignung:

Einzel- bis Kleinserienproduktion

## Typische Anwendung:

Temporäre Strukturen  
Theater und Filmkulissen  
Holzfachwerkhäuser

## Verwandte Prozesse:

Holzverbindungen

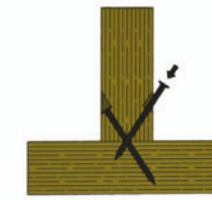
## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (5-30 Minuten)

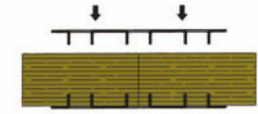
Holzfachwerk



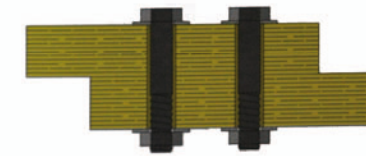
gerades Nageln



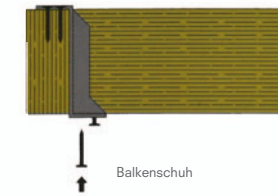
schräges Nageln



Nagelplatte



Verbinderbolzen



Balkenschuh



OBERFLÄCHE



# Spritzlackieren

Das Spritzlackieren ist ein Verfahren zur Beschichtung von Oberflächen mit Lack.

Dabei wird der Lack meist durch Druckluft (2–6 bar) beim Austritt aus einer Düse mit einer Spritzpistole zerstäubt. Dieses Verfahren wird bei kleinen und flächigen Teilen verwendet, hat jedoch den Nachteil, dass der Lackverlust relativ groß ist.

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Geringe bis hohe Stückkosten abhängig von Größe und Art des zu sprayenden Teils

## Qualität:

Variabel. Hängt ab vom Können des Bearbeiters

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Luftfahrt  
Automobil und Transport  
Konsumelektronik

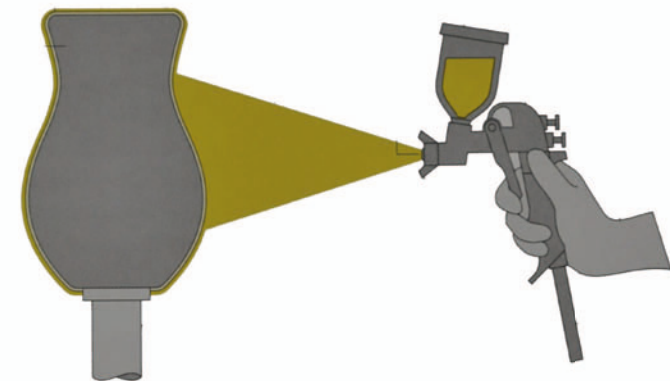
## Verwandte Prozesse:

Wassertransferdruck  
Pulverbeschichten  
Vakuummetalisierung

## Geschwindigkeit:

Variable Zykluszeit, abhängig von der Größe und Trocknungszeit

Spritzlackieren



# Pulverbeschichten

---

Das Pulverbeschichten oder die Pulverlackierung ist ein Beschichtungsverfahren, bei dem ein elektrisch leitfähiger Werkstoff mit Pulverlack beschichtet und später eingebrannt wird. Eine typische Beschichtungsanlage besteht aus Oberflächenvorbehandlung (Reinigung und / oder Aufbringen einer Konversionsschicht), Zwischentrocknung, elektrostatischer Beschichtungszone und Trockner. Die Werkstücke werden dabei durch ein Fördersystem transportiert.

Typische Untergründe für die Pul-

verlackierung sind Stahl, verzinkter Stahl und Aluminium. Das Hauptanwendungsgebiet ist die allgemeine Metallbeschichtung mit 35 % Anteil, gefolgt von Haushaltsgeräten (sogenannte Weiße Ware, 21 %), Fassadenbeschichtungen (20 %), Möbellackierung (13 %) und Automobillackierung (8 %). Heutzutage werden aber auch Automobile wie der Smart oder temperaturempfindliche Substrate wie MDF-Platten pulverbeschichtet.

---

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

---

## Qualität:

Gute Qualität, glänzend und einheitlich

---

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil  
Konstruktion  
Weiße Ware

---

## Verwandte Prozesse:

Tauchformen  
Verzinken/ Feuerverzinken  
Spritzlackieren

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit jedoch abhängig von Größe und Beschaffenheit des Teils

---

Elektrospritzlackieren

---

Wirbelsinterbeschichten

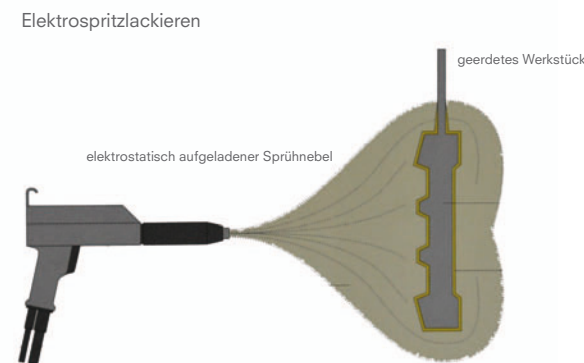
---

# Pulverbeschichten

## Elektrospritzlackieren

Wie funktioniert's:

Abhilfe bietet das Elektrospritzlackieren, es ist besonders bei Rohrkonstruktionen und anderen komplizierten Teilen hilfreich, da eine allseitige Beschichtung erfolgt. Hierbei wird der Sprühnebel elektrostatisch aufgeladen (ca. 40 kV) und auf das geerdete Werkstück gespritzt. Es hat den weiteren Vorteil, dass der Lackverlust gering bleibt und der Lack gleichmäßig verteilt wird.



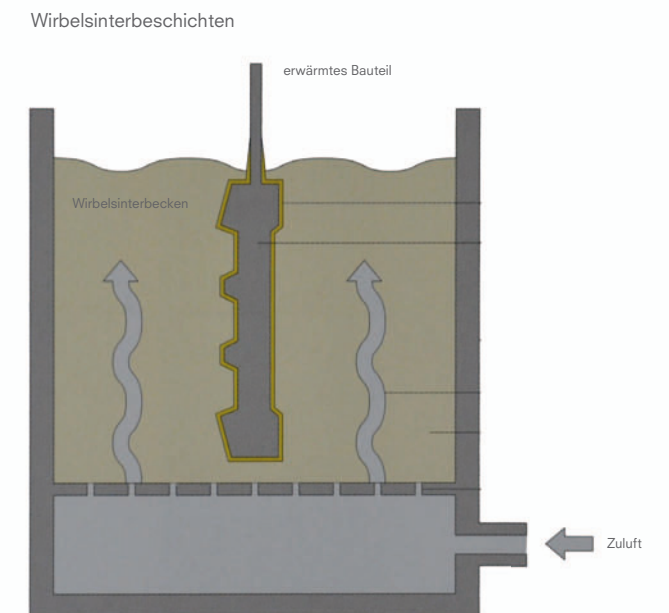
# Pulverbeschichten

## Wirbelsinterbeschichten

Wie funktioniert's:

Bei der Wirbelsinterbeschichtung wird das Bauteil nach erfolgter Vorbehandlung in einem Ofen über den Schmelzpunkt des Beschichtungsmaterials erwärmt und anschließend in das so genannte Wirbelsinterbecken eingetaucht. Eine kontinuierliche Luftzufuhr über den porösen Beckenboden sorgt für eine andauernde Bewegung des Beschichtungspulvers und lässt eine geschlossene Oberfläche auf dem warmen Bauteil entstehen.

Mit diesem Beschichtungsverfahren können zum einen sehr hohe Schichtstärken realisiert und zum anderen Werkstücke mit komplizierter Formgebung teilweise oder vollständig beschichtet werden.





# Eloxieren

Das Eloxal-Verfahren (von Eloxal, Abkürzung für elektrolytische Oxidation von Aluminium) ist eine Methode der Oberflächentechnik zum Erzeugen einer oxidischen Schutzschicht auf Aluminium durch anodische Oxidation. Dabei wird, im Gegensatz zu den galvanischen Überzugsverfahren, die Schutzschicht nicht auf dem Werkstück niedergeschlagen, sondern durch Umwandlung der obersten

Metallschicht ein Oxid bzw. Hydroxid gebildet. Es entsteht eine 5 bis 25 Mikrometer dünne Schicht, die tiefere Schichten solange vor Korrosion schützt, wie keine Lücken, beispielsweise durch mechanische Beschädigung, in dieser Schicht entstehen. Die atmosphärische Oxidschicht des Aluminiums beträgt lediglich wenige Nanometer.

## Kosten:

Werkzeug ist normalerweise nicht notwendig  
Geringe Stückkosten, diese steigen aber mit der Oberflächendicke

## Qualität:

Gute Qualität, leicht und sehr hart

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

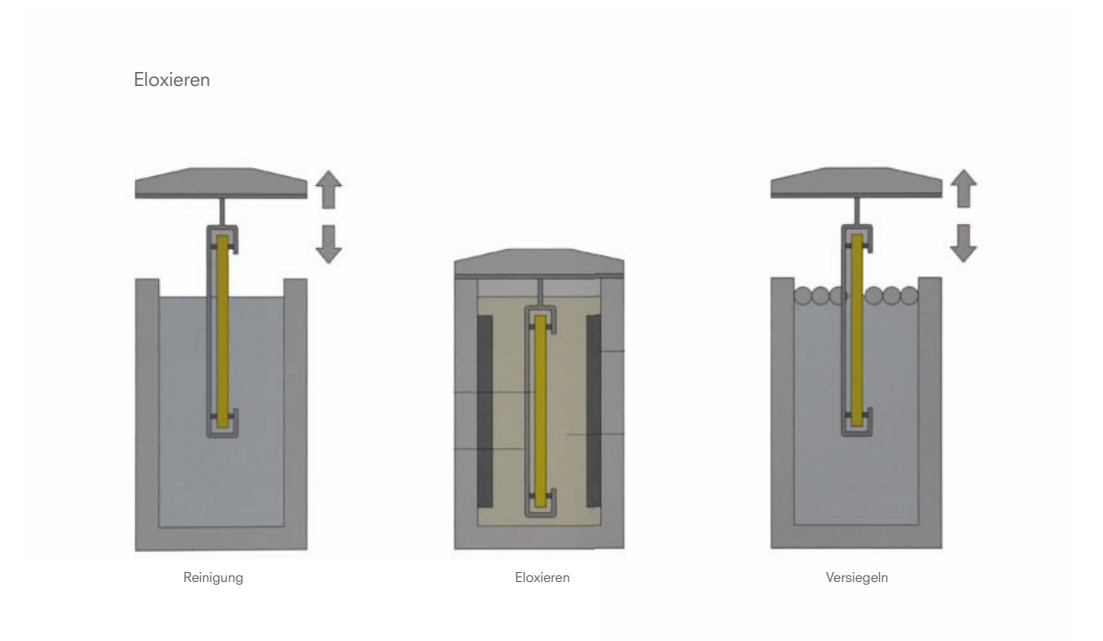
Architektur  
Automobil  
Konsumelektronik

## Verwandte Prozesse:

Pulverbeschichten  
Spritzlackieren

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (rund 6 Stunden)



# Galvanisieren

Dieser elektrolytische Prozess wird dazu verwendet um eine dünne Schicht Metall auf eine Metalloberfläche anzubringen. Bei der Galvanik wird durch ein elektrolytisches Bad Strom geschickt. Am Pluspol (Anode) befindet sich das Metall, das aufgebracht werden soll (z. B. Kupfer oder Nickel), am Minuspol (Kathode) der zu beschichtende Gegenstand. Der elektrische Strom löst dabei Metal-

tionen von der Verbrauchselektrode ab und lagert sie durch Reduktion auf der Ware ab. So wird der zu veredelnde Gegenstand allseitig gleichmäßig mit Kupfer oder einem anderen Metall beschichtet. Je länger sich der Gegenstand im Bad befindet und je höher der elektrische Strom ist, desto stärker wird die Metallschicht (z. B. Kupferschicht).

## Kosten:

keine Werkzeugkosten  
Hohe Stückkosten abhängig vom Material

## Qualität:

Je nach Oberflächenmaterial ist die Qualität unterschiedlich

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

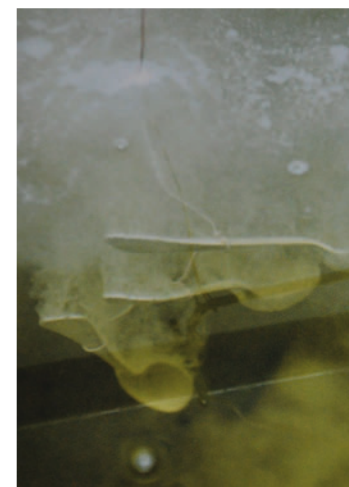
Konsumelektronik  
Möbel und Automobil  
Schmuck und Silberschmieden

## Verwandte Prozesse:

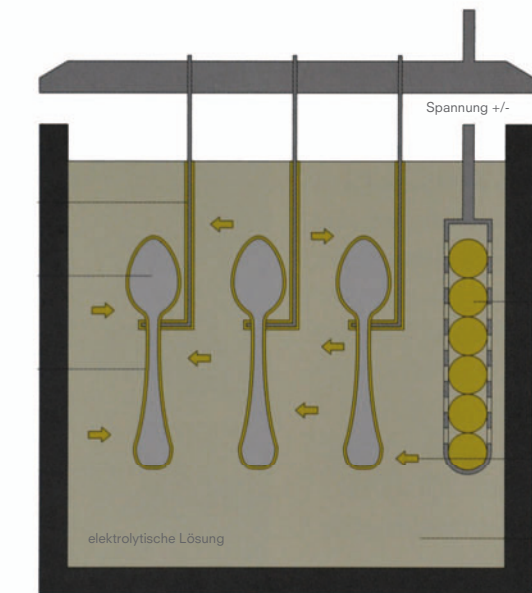
Verzinken  
Spritzlackieren  
Vakuummetallisieren

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit abhängig von der Art des Materials und der Oberflächendicke



Galvanisieren





# Verzinken/ Feuerverzinken

Durch Verzinken wird Stahl mit einer dünnen Schicht Zink versehen, um ihn vor Korrosion zu schützen.

Unter Feuerverzinken versteht man das Überziehen von Stahl mit einem metallischen Überzug durch Eintauchen des Stahls in eine Schmelze aus flüssigem Zink, deren Temperatur bei ca. 450 °C liegt.

## Kosten:

geringe Kosten (gerademal das zweifache der Materialkosten)

## Qualität:

Exzellenter Schutz

Erscheinung ist abhängig von der Qualität des Stahls

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Architektur und Brücken

Automobil

Möbel

## Verwandte Prozesse:

Galvanisieren

Spritzlackieren

Vakuummetallisieren

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (normalerweise ca. 10 Minuten)

Feuerverzinken





# Vakuummetalisierung

Das Verfahren erlaubt eine sehr dekorative Metalloptik auf Kunststoff-, Glas-, Keramik oder Metallteilen und geht in der Vielfalt der verfügbaren Farben weit über das galvanische Verchromen hinaus.

Als erstes werden die Werkstücke mit einer Grundlackierung versehen und in eine sich um 3 Achsen dre-

hende dichte Vorrichtung gesteckt. Danach wird ein Vakuum und Spannung angelegt wodurch sich Aluminium (oder Metall) sofort verdampft und sich gleichmäßig auf die kalten Werkstücke legt. Als Abschluss kann ein Decklack (auch mit Farbe um andere Metalle zu simulieren) aufgebracht werden.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten, aber Vorrichtungen werden benötigt

Moderate Stückkosten

## Qualität:

Hohe Qualität und Schutzfilm mit ähnlichen Eigenschaften wie beim Spritzlackieren

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Konsumprodukte

Reflektoren

RF, EMI und Wärmeabschirmplatten

## Verwandte Prozesse:

Galvanisieren

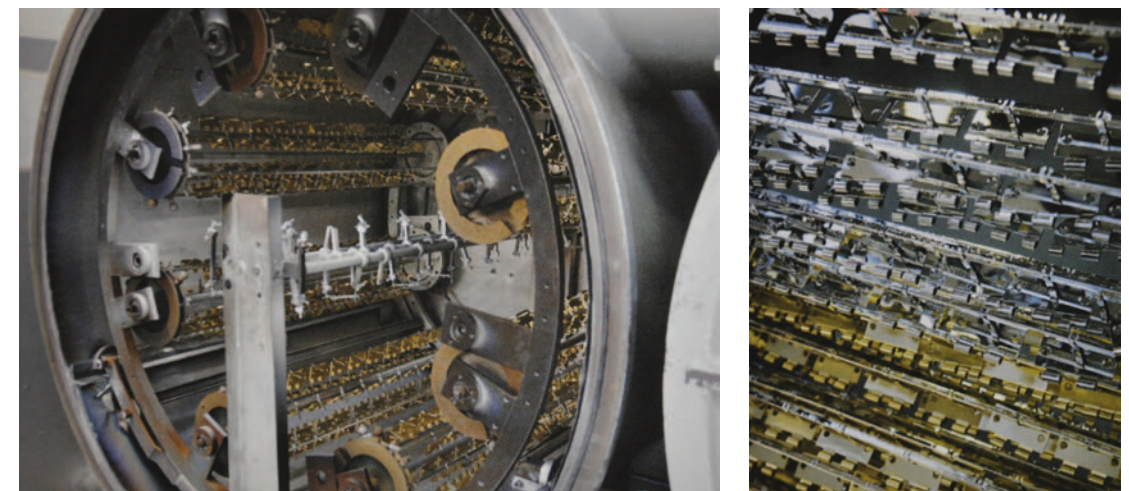
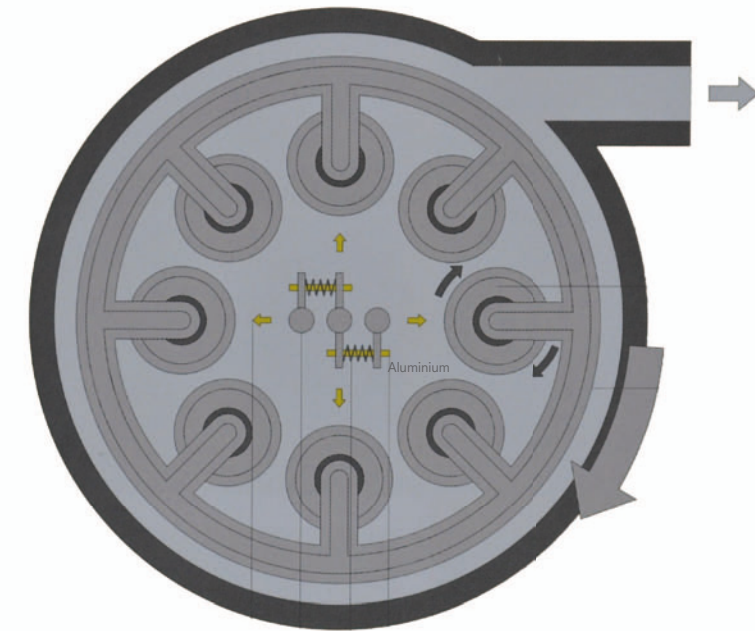
Verzinken

Spritzlackieren

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (6 Stunden mit Grundlackierung)

Vakuummetalisierung



# Schleifen, Polieren

---

Je nach Wahl der Methode kann das Material von glatt poliert bis rauh und matt geschliffen werden.

---

## Kosten:

keine Werkzeugkosten für viele Anwendungen  
Stückkosten sind abhängig von der Bearbeitungsart

---

## Qualität:

Gute Oberflächenqualität

---

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

---

## Typische Anwendung:

Automobil, Architektur und Luftfahrt  
Kochgeschirr  
Glaslinsen, Kontainer

---

## Verwandte Prozesse:

Strahlen  
Elektropolieren

---

## Geschwindigkeit:

Schnelle bis lange Zykluszeit abhängig von Größe und Art der Bearbeitung

---

Schleifrad

---

Schleifband

---

Honen

---

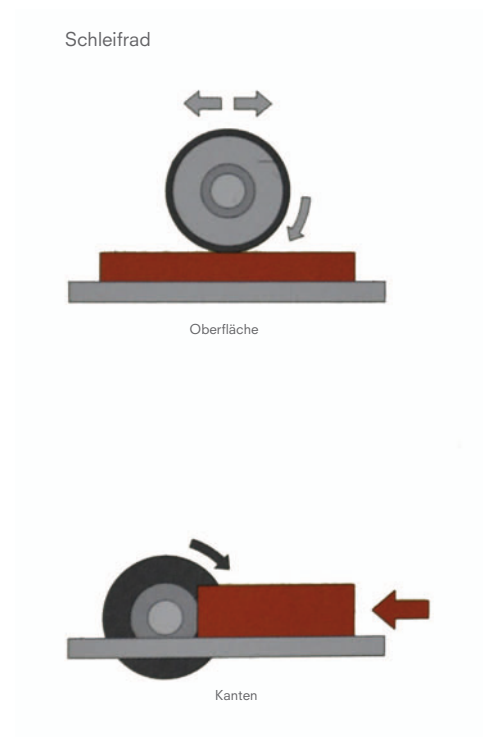
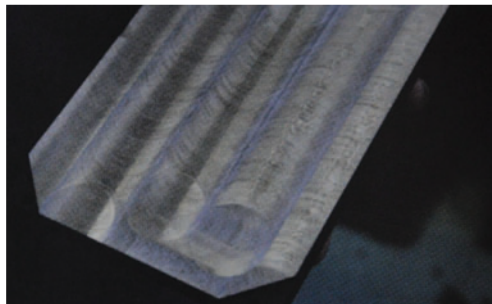
Läppen

---

# Schleifen, Polieren

## Schleifrad

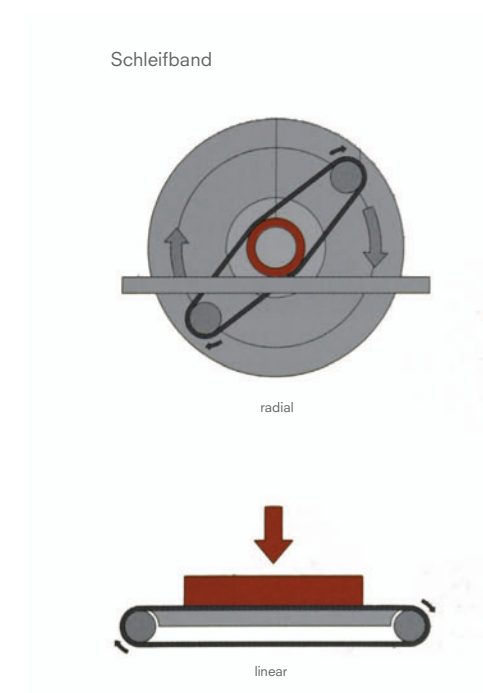
Wie funktioniert's:  
Schleifen und polieren von Oberflächen und Kanten mittels Schleifrad/Schleifscheibe.



# Schleifen, Polieren

## Schleifband

Wie funktioniert's:  
Schleifen und Polieren von Werkstücken mittels umlaufenden Schleifband. Bsp. radial für Rohre, linear für gerade Flächen.





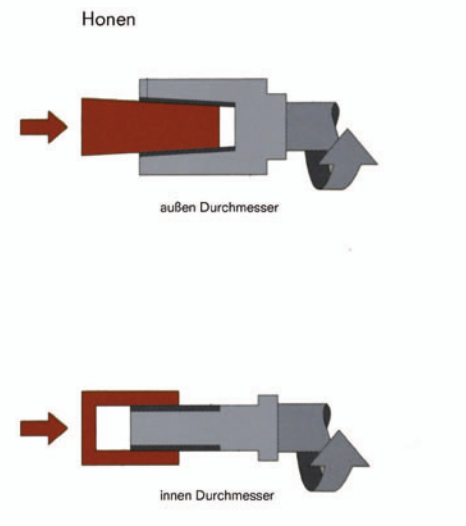
# Schleifen, Polieren

## Honen

Wie funktioniert's:

Honen ist das Spanen mit einem vielschneidigen Werkzeug aus gebundenem Korn unter ständiger Flächenberührung zwischen Werkzeug und Werkstück zur Verbesserung von Maß, Form und Ober-

fläche vorbearbeiteter Werkstücke. Zwischen Werkstück und Werkzeug findet ein Richtungswechsel der Längsbewegung statt. Die erzielten Oberflächen weisen parallele, sich kreuzende Spuren auf.



# Schleifen, Polieren

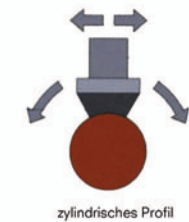
## Läppen

Wie funktioniert's:

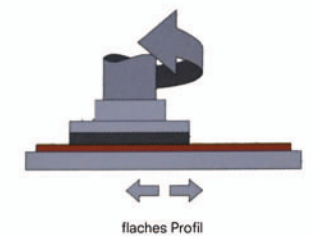
Beim Läppen wird ein Gemisch aus Läpp-Pulver und Wasser oder Läppöl im Verhältnis 1:10 bis 1:2 verwendet. Im Gegensatz zum Schleifen, bei dem das Schleifkorn fest gebunden ist, wird dabei mit losem (rollendem) Korn gearbeitet. Dadurch können, selbst bei relativ grober Körnung, wegen des geringen Materialabtrags sehr hohe Oberflächengüten erreicht werden. Wichtig ist, dass die

Korngröße des Schleifguts annähernd homogen ist, da vereinzelte größere Körner sonst relativ tiefe Riefen ergeben. Im Gegensatz zum Schleifen ist Läppen ein Abtrag in mehreren Richtungen. Hierfür wird ein Läppmittel verwendet. Dieses kann z. B. das kompakte Korn Aluminiumoxid (WCA) oder das rollende Korn Siliziumkarbid (SiCD) sein. Diamantkorn findet ebenfalls Verwendung.

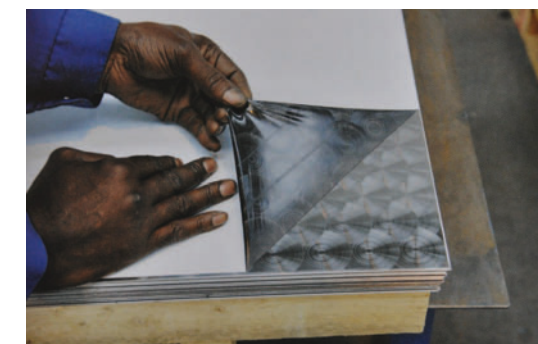
Läppen



zylindrisches Profil



flaches Profil



# Elektropolieren

Die Elektropolitur, auch Elektropolieren genannt, zählt zu den abtragenden Fertigungsverfahren. Genauer wird es den elektrochemischen Abtragverfahren mit Fremdstromquelle zugeordnet. Dabei wird in einem speziell auf das Material abgestimmten Elektrolyten Metall anodisch abgetragen, das heißt, das metallische Werkstück bildet die Anode in einer elektrochemischen Zelle.

Plasmapolieren ähnelt dem Verfahren des elektrolytischen Polierens, arbeitet jedoch mit ökologisch als unbedenklicher geltenden Salzlösungen. Ein wichtiger Unterschied besteht in der wesentlich höheren Spannung, die zu einem Plasmafilm um das Werkstück führt, weshalb auch ein anderer Wirkmechanismus zum Abtrag führt.

## Kosten:

keine Werkzeugkosten, Vorrichtungen sind ab und zu notwendig

Geringe Stückkosten (5 % der Materialkosten)

## Qualität:

Gute Oberflächenqualität, hell, hygienisch

## Eignung:

Einzelproduktion bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Architektur und Konstruktion

Essensverarbeitung und Lagerung

Pharmaindustrie und Krankenhaus

## Verwandte Prozesse:

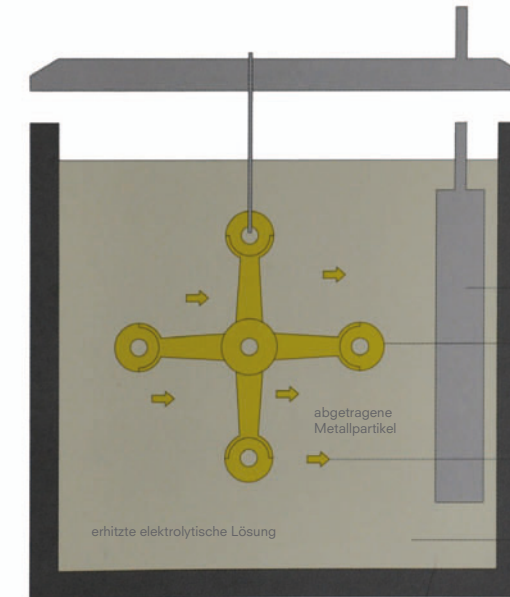
Galvanisieren

Schleifen, Polieren

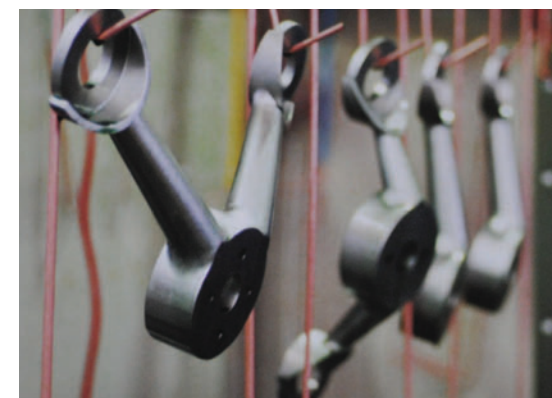
## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (5-30 Minuten)

Elektropolieren



Mikroskopisches Detail



# Strahlen

Unter Strahlen (engl. abrasive blasting) versteht man die Oberflächenbehandlung eines Materials oder Werkstücks durch Einwirkung von Sand oä. als Schleifmittel gegen Rost, Verschmutzungen, Farbe, Zunder und andere Verunreinigungen.

Mittels eines Kompressors wird ein starker Luftstrahl erzeugt, der das Strahlmittel (z. B. Sand aber auch Hochfenschlacke, Glasgranulat, Korund, Stahl, Kunststoffgranulat, Nussschalen oder Soda mit unterschiedlichsten

Feinheitsgraden; siehe hierzu Strahltechnik) aus einem Sammelbehälter mitnimmt und beschleunigt. Die Schleifmittel treffen dann zusammen mit dem Luftstrahl mit hoher Geschwindigkeit auf die zu behandelnde Oberfläche. Auf Grund der meist abrasiven Wirkung des Strahlmittels werden unerwünschte Bestandteile der Oberfläche, wie Rost oder Farbe, abgelöst und fortgetragen.

Bsp. Sandstrahlen, Glasperlenstrahlen

## Kosten:

keine Werkzeugkosten, aber Negativmuster werden evtl benötigt

Geringe bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Es können sehr feine Details produziert werden

## Eignung:

Großflächige Oberflächenbearbeitung

Kleine bis kleinserielle Mengen für feine Detailbearbeitungen

## Typische Anwendung:

Architekturglas

Dekoratives Glas

Shopfronten

## Verwandte Prozesse:

Chemisches Abbeizen

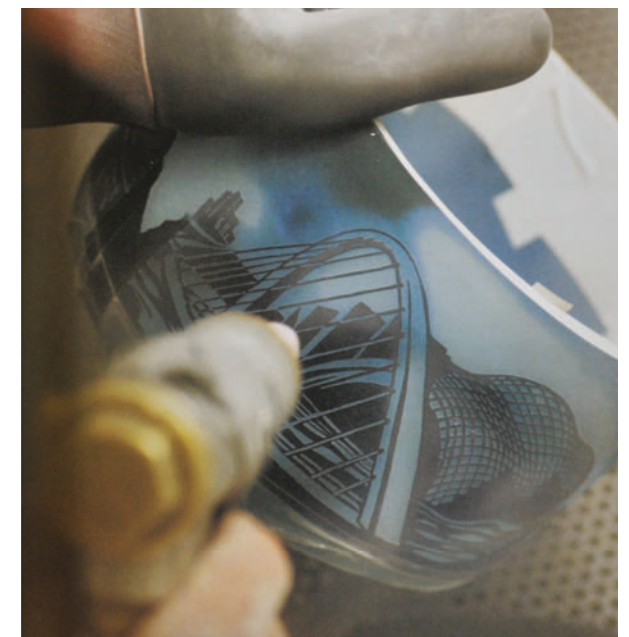
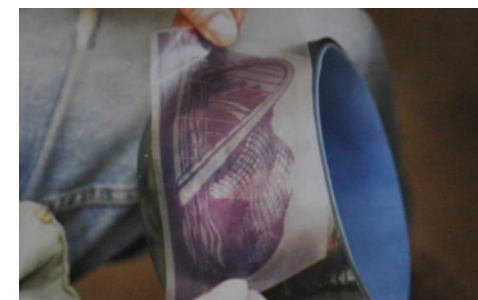
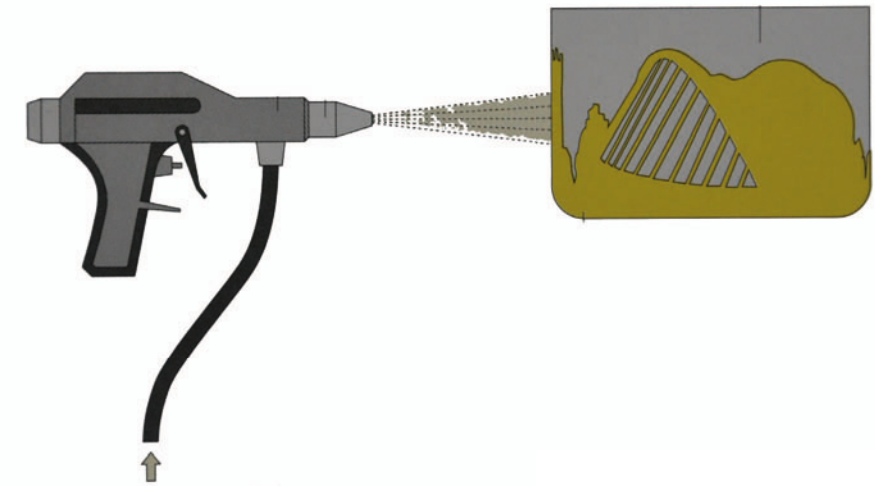
Ätzen

Polieren

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit, Vorbereitung braucht Zeit

Strahlen





# Ätzen

## Wie funktioniert's:

Sowie photochemisches Ätzen als Zuschneidprozess verwendet werden kann, so kann es auch zur Bearbeitung von Oberflächen genutzt werden. Erst wird die Metallplatte mit einem lichtempfindlichen Film überzogen. Das Negativmuster wird auf Metallplatte aufgelegt und durch UV-Belichtung wird dessen positiv "eingraviert" (Dh. dort wo das Licht auftrifft, reagiert die Beschichtung

und bleibt am Material haften.) Danach wird die unbelichtete Beschichtung mit Wasser entfernt. Wo das Licht wirken konnte, bleibt die ätzresistente Beschichtung auf dem Material. Das Säurebad entfernt alle Stellen an denen keine resistente Beschichtung ist. Ätzen ist ein sehr genauer und präziser Bearbeitungsprozess.

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Moderate bis hohe Stückkosten

## Qualität:

Mit ausgedehnter Entwicklung kann man unterätzen

## Eignung:

Prototypen bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Schmuck  
Beschilderung  
Trophäen und Namensplaketten

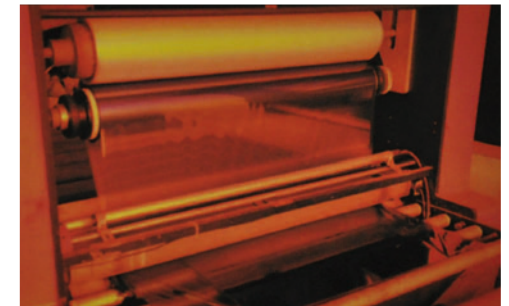
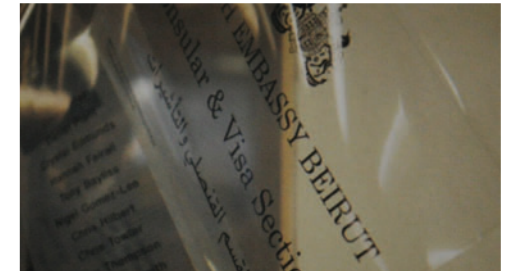
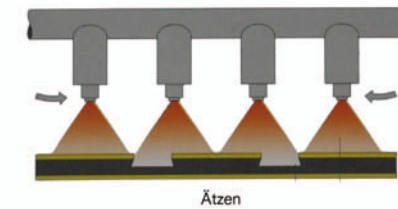
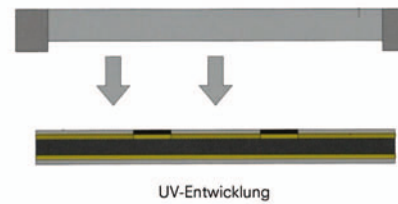
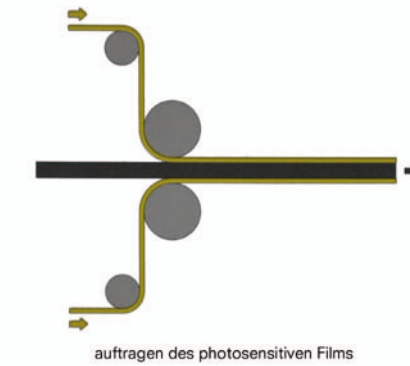
## Verwandte Prozesse:

Strahlen  
CNC Bearbeiten und Gravieren  
Laserschneiden und Gravieren

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit (ca. 5 Minuten)

## Ätzen



# CNC-Gravieren

Gravuren sind Einschnidungen von Ornamenten, Schriften und Verzierungen in Metall, Glas, Stein und anderen feste Werkstoffe.

Diese werden mittels rotierendem Fräswerkzeug und CNC gesteuerter Maschine nach den vorab angefertigten CAD-Daten in ein Werkstück eingraviert. Als Finish kann die Gravurvertiefung zusätzlich mit Farbe ausgegossen werden.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten  
Moderate Stückkosten

## Qualität:

Sehr gut

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

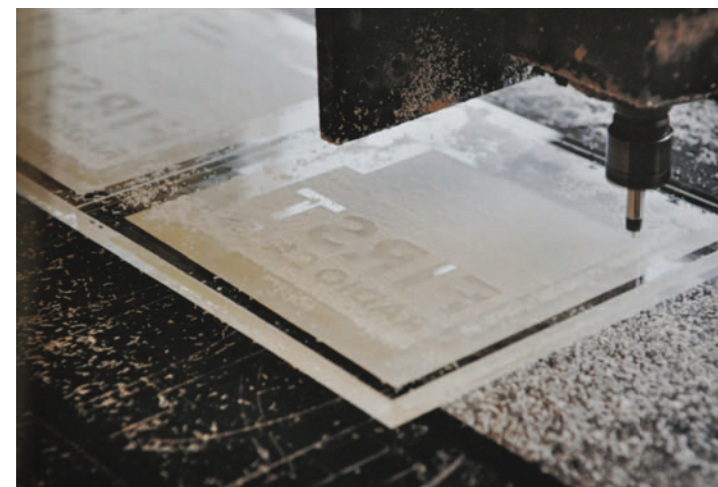
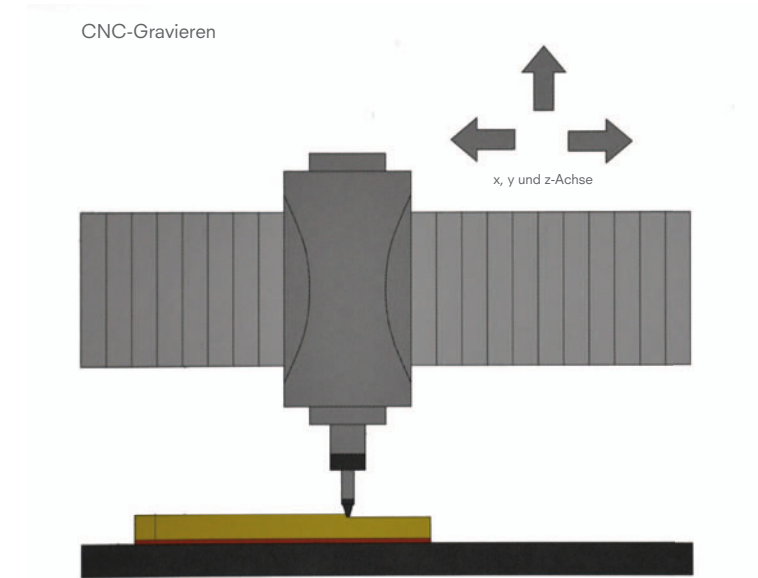
Schaltpläne  
Werkzeugherstellung und Formenherstellung  
Trophäen und Namensplaketten

## Verwandte Prozesse:

Laserschneiden  
Ätzen  
Siebdrucken

## Geschwindigkeit:

Moderate Zykluszeit, abhängig von der Größe und Komplexität der Gravur





# Siebdrucken

Der Siebdruck ist ein Druckverfahren, bei dem die Druckfarbe mit einer Gummirakel durch ein feinmaschiges Gewebe hindurch auf das zu bedruckende Material gedruckt wird. An denjenigen Stellen des Gewebes, wo dem Druckbild entsprechend keine Farbe gedruckt werden soll, werden die Maschenöffnungen des Gewebes durch eine Schablone farbundurchlässig gemacht. Im Siebdruckverfahren ist es möglich,

viele verschiedene Materialien zu bedrucken. Hauptsächlich werden Papiererzeugnisse, Kunststoffe, Textilien, Keramik, Metall, Holz und Glas bedruckt. Ein Vorteil des Siebdrucks besteht darin, dass durch verschiedene Gewebefeinheiten der Farbauftrag variiert werden kann, so dass hohe Farbschichtdicken erreicht werden können. Im Vergleich zu anderen Druckverfahren ist die Druckgeschwindigkeit jedoch relativ gering.

Der Siebdruck wird hauptsächlich im Bereich der Werbung und Beschriftung, im Textil- und Keramikdruck und für industrielle Anwendungen eingesetzt.

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten, jedoch abhängig von der Anzahl der Farben

## Qualität:

Sehr gute Qualität und scharfe Detailabbildung

## Eignung:

Einzel- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Kleidung  
Konsumelektronik  
Verpackung

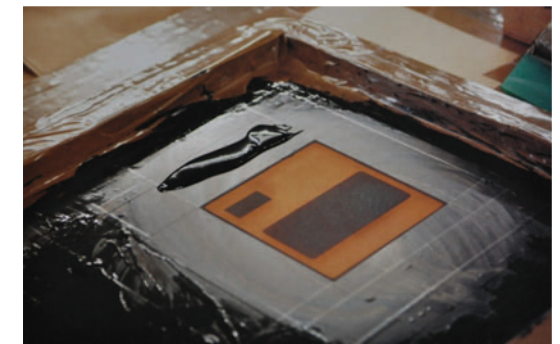
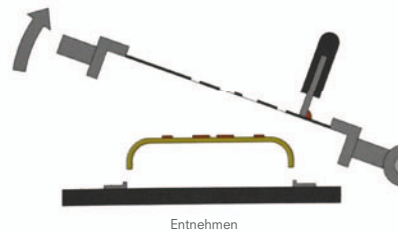
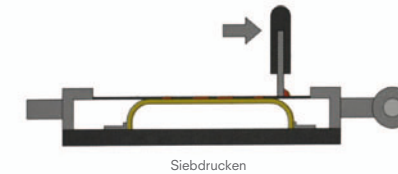
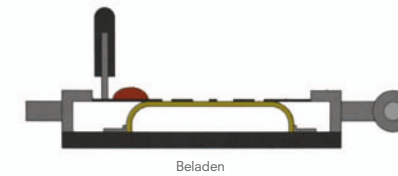
## Verwandte Prozesse:

Prägefoliendruck/ Einprägen  
Transferdruck  
Tampondruck

## Geschwindigkeit:

Manuelle Systeme (1-5 Zyklen pro Minute)  
Mechanisierte Produktion (1-30 Zyklen pro Minute)

Siebdrucken





# Tampondrucken

Der Tampondruck ist ein indirektes Tiefdruckverfahren, bei dem die Druckfarbe durch einen elastischen Tampon aus Silikonkautschuk von der Druckform auf den Bedruckstoff übertragen wird.

Das Tampondruckverfahren ist das wichtigste Verfahren zum Bedrucken von Kunststoffkörpern und ist damit unter anderem in der Werbemittelbranche von großer Bedeutung.

## Kosten:

Geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität und scharfe Kanten

## Eignung:

Kleinserien- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Automobil  
Konsumelektronik  
Sportequipment

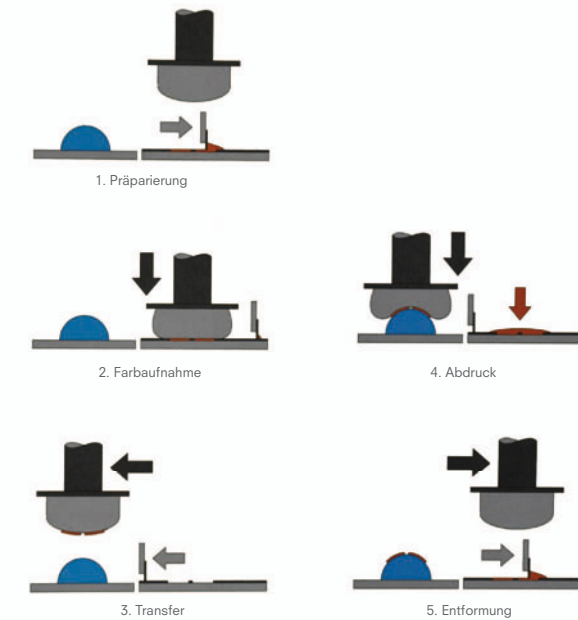
## Verwandte Prozesse:

Transferdrucken  
Siebdrucken  
Spritzlackieren

## Geschwindigkeit:

Drucken dauert 2-5 Sekunden  
Trocknen im Ofen ca. 20-60 Minuten

Tampondruck



# Wassertransferdruck

Der Wassertransferdruck ist ein Oberflächenbeschichtungsverfahren zum Aufbringen unterschiedlichster Muster und Dekore auf dreidimensional geformten Objekten. Ein Dekor wird auf einen speziellen wasserlöslichen Polyvinylalkohol-Film gedruckt. Sofern erforderlich werden die zu beschichtenden Teile grundiert und/oder mit einem Grundfarbton (Basislack) überzogen. Der Druckfilm wird auf der Wasseroberfläche des

Tauchbeckens ausgelegt und mit einem Aktivator besprüht. Die Träger-substanz löst sich auf und gibt das vorher aufgedruckte Dekor in flüssiger Form an die Wasseroberfläche ab. Es bleibt dabei in seiner Form erhalten. Die zu beschichtenden Teile werden durch die schwimmende Farbschicht in das Wasserbad getaucht. Durch den Druck des Wassers wird der Dekorfilm gleichmäßig an die Teile gepresst. Er haftet an ihnen

an und erzeugt so das gewünschte Muster. Die bedruckten Teile werden anschließend gereinigt, um die überschüssige Polyvinylalkohol-Trägerschicht des Films zu entfernen, und dann getrocknet.

## Kosten:

Keine Werkzeugkosten, aber kleine Produkte benötigen Hilfskonstruktionen  
Geringe bis moderate Stückkosten

## Qualität:

Hohe Präzision in Bildern  
Kleine Stretchungen

## Eignung:

Kleinserien- bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

Automobil  
Konsumelektronik  
Militär

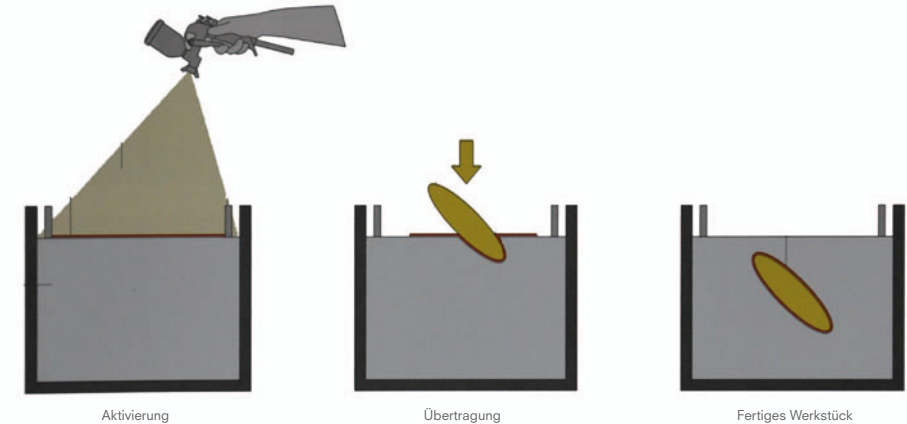
## Verwandte Prozesse:

Folienhinterspritzen  
Tampondrucken  
Spritzlackieren

## Geschwindigkeit:

Gute Zykluszeit (10-20 Zyklen pro Stunde)

Wassertransferdruck



# Prägefoliendruck/ Einprägen

Beim Prägefoliendruck wird eine Prägefolie mithilfe einer Präge-  
druckform auf einen Bedruckstoff  
„gepresst“. Die Grundform des Präge-  
druckverfahrens ist die so genannte  
Planprägung. Die übertragene Folie  
liegt dabei in einer Ebene mit dem  
Bedruckstoff. Je nach Anpressdruck

und Bedruckstoff entsteht eine kaum  
merkliche bis deutliche Einprägung  
der Folienschicht.  
Beim Einprägen bewirkt ein Umform-  
werkzeug mit Druck auf einer ebenen  
Werkstückoberfläche eine Verform-  
ung zu einem Relief.

## Kosten:

Sehr geringe Werkzeugkosten  
Geringe Stückkosten

## Qualität:

Gute Qualität und Reproduzierbarkeit

## Eignung:

Sehr kleine Serien bis Massenproduktion

## Typische Anwendung:

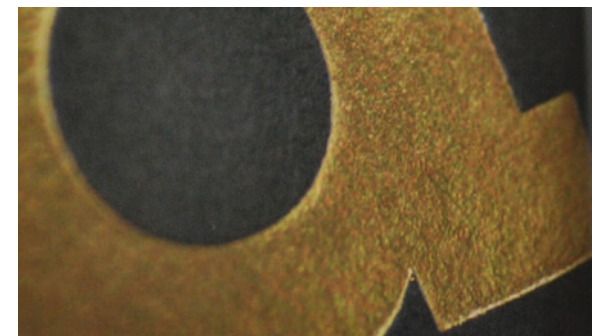
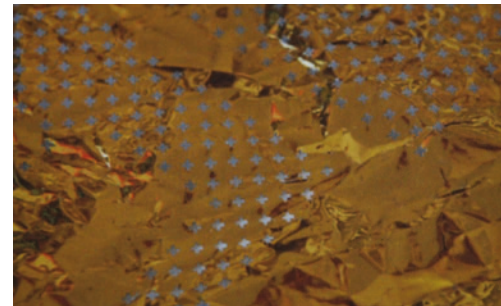
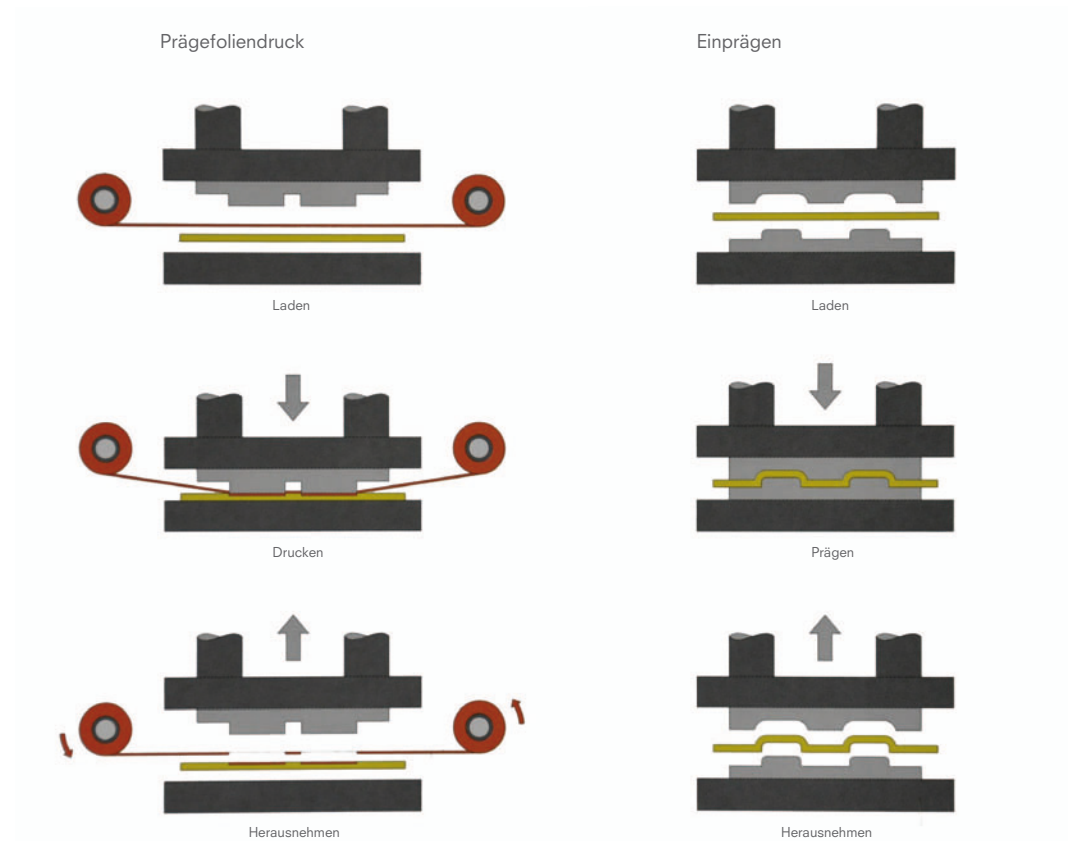
Konsumelektronik  
Verpackung  
Briefpapier und Druckerzeugnisse

## Verwandte Prozesse:

Tampondrucken  
Siebdrucken  
Punktlackieren

## Geschwindigkeit:

Schnelle Zykluszeit (ungefähr 1000 Zyklen pro Stunde)





ÜBERSETZUNG

DEUTSCH

FORMEN

KUNSTSTOFFE & GUMMI

Blasformen

- Extrusionsblasformen (EBM)
- Spritzblasformen (IBM)
- Spritz-Streckblasformen (ISBM)

Thermoverformung

- Vakuumentziehen
- Luft-Druckumformen
- Vakuumentformen mit Stempel
- 2 lagiges Druckumformen

Rotationsgießen

Vakuumgießen

Formpressen

- Formpressen Gummi
- Formpressen Kunststoff

Spritzgießen

- Spritzgießen (allgemein)
- Gasinnendruck-Spritzgießen
- Mehrkomponenten-Spritzgießen
- Folienhinterspritzen

Reaktionstechnik (RIM)

Tauchformen

METALL

Metallausbeulen / Kumpeln

- Kumpeln in einen Sack
- Meiseln mit Vorrichtung

ENGLISCH

FORMING

PLASTICS & RUBBER

Blow Molding

- Extrusion Blow Molding
- Injection Blow Molding
- Injection Stretch Blow Molding

Thermoforming

- Vacuum Forming
- Pressure Forming
- Plug-assisted Forming
- Twin sheet Thermoforming

Rotation Molding

Vacuum Casting

Compression Molding

- Compression Molding rubber
- Compression Molding plastics

Injection Molding

- Injection Molding
- Gas-assisted Injection Molding
- Multishot-Injection Molding
- In-mold-decoration process

Reaction Injection Molding

Dip Molding

METAL

Panel Beating

- Dishing
- Jig Chasing

DEUTSCH

- Umformung mit Radwerkzeug
- Ausbeulen mit Form

Metalldrücken

- Metallstanzen/ Prägen
- Metallstanzen
- Sekundäres Stanzen

Stempelziehen

Superforming

- Formen in Aushöhlung
- Blasen-Formen
- Gegendruck-Formen
- Diaphragma-Formen

Rohrbiegen

- Dornbiegen
- Ringwalzen

Rundkneten

- Formrundkneten
- Hydraulisches Rundkneten

Rollformen / Walzprofilieren

Schmieden

- Gesenkschmieden
- Walzschmieden

Sandgießen

Druckgießen

- (Hoch-)Druckgießen
- Niederdruckgießen

Feingießen

MIM-Spritzgießen

ENGLISCH

- Wheel Forming
- Planishing

Metal Spinning

- Metal Stamping
- Metal Stamping
- Secondary Pressing Process

Deep Drawing

Superforming

- Cavity forming
- Bubble forming
- Backpressure forming
- Diaphragma forming

Tube and Section Bending

ring rolling

Swaging

- Rotary Swaging Process
- Hydraulic Swaging Process

Roll Forming

Forging

- Drop Forging
- Roll Forging

Sand Casting

Die Casting

- High Pressure Die Casting
- Low Pressure Die Casting

Investment Casting

Metal Injection Molding

## DEUTSCH

Elektroformen

Schleudergießen

Metallbiegen  
Gesenkbiegen  
Schwenkbiegen

## GLAS & KERAMIK

Glasblasen  
Manuelles Glasblasen  
Mechanisieretes Blas-Blas-Verfahren  
Mechanisieretes Press-Blas-Verfahren

Kunstglasblasen  
Blasverfahren  
Lochbohren  
Biegen  
Spindelformen

Töpfern

Schlickergießen

Keramikformpressen  
Überdrehen  
Kolbenpressen

## HOLZ

CNC-Bearbeitung  
Achsenfräsen  
Drechseln

Formverleimen  
Furnierverleimen  
Verkerben

## ENGLISCH

Electroforming

Centrifugal Casting

Metal Bending  
Press Braking  
Swing Folding

## GLASS & CERAMIC

Glasblowing  
Studio Glasblowing  
Machine Blow & Blow  
Machine Press & Blow

Lampworking  
Blowing  
Hole boring  
Bending  
Mandrel forming

Clay Throwing

Ceramic Slip Casting

Press Molding Ceramics  
Jiggering  
Ram Press Process

## WOOD

CNC-Machining

Wood Laminating  
Veneer Lamination  
Kerfing

## DEUTSCH

Vollholzverleimen

Bugholz  
Kreisbiegen  
Offenes Biegen

Papierfasergießen

## VERBUNDWERKSTOFFE

Laminieren  
Nasslaminierverfahren  
Pregpreg-Technologie  
Harzinjektionsverfahren

DMC und SMC Formen

Präzisionswickeln

Thermisches 3D-Laminieren  
3D-Laminieren  
3D-Rotationslaminieren

## 3D-DRUCK

Rapid Prototyping  
Fused Deposition Modeling (FDM)  
Gipsdrucker  
Multi-Jet-Modeling (PJM)  
Selektives Lasersintern (SLS)  
Direct Metal Laser Sintern (DMLS)  
Stereolithographie (SLA)  
Laminated Object Modeling (LOM)  
Papierlayer

## ENGLISCH

Solid Wood Lamination

Steam Bending  
Circle Bending  
Open Bending

Paper Pulp Molding

## COMPOSITES

Composite Lamination  
Wet Lay-Up  
Pre-preg-Lay-Up  
Resin Transfer Molding

DMC and SMC Molding

Filament Winding

3D Thermal Laminating  
3D Laminating (3DL)  
3D Rotary Laminating (3Dr)

## 3D-PRINT

Rapid Prototyping  
Fused Deposition Modeling (FDM)  
  
Poly-Jet-Modeling (PJM)  
Selektive Laser Sintering (SLS)  
Direct Metal Laser Sintering (DMLS)  
Stereolithography (SLA)  
Laminated Object Modeling (LOM)  
Paperlayers



DEUTSCH

ZUSCHNEIDEN

CHEMISCH

Photochemisches Ätzen

THERMISCH

Laserschneiden

Funkenerodieren  
Senkerodieren  
Drahterodieren

MECHANISCH

Lochen und Stanzen

Formstanzen

Wasserstrahlschneiden

Glasschneiden

FÜGEN

THERMISCH

Lichtbogenschweißen  
Lichtbogenhandschweißen (MMA)  
Schutzgasschweißen (MIG)  
Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)  
Plasmaschweißen  
Unterpulverschweißen

Strahlschweißen  
Laserstrahlschweißen  
Elektronenstrahlschweißen

ENGLISCH

CUTTING

CHEMICAL

Photochemical Machining

THERMAL

Laser Cutting

Electrical Discharge Machining  
Die Sink EDM  
Wire EDM

MECHANICAL

Punching and Blanking

Die Cutting

Water Jet Cutting

Glass Scoring

JOINING

THERMAL

Arc Welding  
Manual Metal Arc Welding (MMA)  
Metal Inert Gas Welding (MIG)  
Tungsten Inert Gas Welding (TIG)  
Plasma Welding  
Submerged Arc Welding (SAW)

Power Beam Welding  
Laser Beam Welding (LBW)  
Electron Beam Welding (EBW)

DEUTSCH

Reibschweißen  
Rotationsreibschweißen (RFW)  
Lineares Reibschweißen (LFW)  
Orbitalreibschweißen (OFW)  
Rührreibschweißen

Vibrationsschweißen

Ultraschallschweißen

Widerstandsschweißen  
Rollennahtschweißen  
Widerstandspunktschweißen  
Buckelschweißen

Lötverfahren  
Weichlöten  
Hartlöten  
Heizofenmethode

Nieten  
Heißluftnieten  
Ultraschallnieten

Heizelementschweißen

MECHANISCH

Holzverbindungen

Weben

Polstern

Holzfachwerk

ENGLISCH

Friction Welding  
Rotary Friction Welding (RFW)  
Linear Friction Welding (LFW)  
Orbital Friction Welding (OFW)  
Friction Stir Welding (FSW)

Vibration Welding

Ultrasonic Welding

Resistance Welding  
Seam Welding  
Spot Welding  
Projection Welding

Soldering and Brazing  
Conduction Method  
Torch Method  
Furnace Method

Staking  
Hot Air Staking  
Ultrasonic Staking

Hot Plate Welding

MECHANICAL

Joinery

Weaving

Upholstery

Timber Frame Structures

DEUTSCH

**OBERFLÄCHE**

ADDITIVE PROZESSE

Spritzlackieren

Pulverbeschichten  
Elektrospritzlackieren  
Wirbelsinterbeschichten

Eloxieren

Galvanisieren

Verzinken / Feuerverzinken

Vakuummetallisierung

SUBTRAKTIVE PROZESSE

Schleifen, Polieren  
Schleifrad  
Schleifband  
Honen  
Läppen

Elektropolieren

Strahlen

Ätzen

CNC-Gravieren

DRUCKEN

Siebdrucken

ENGLISCH

**OBERFLÄCHE**

ADDITIVE

Spray Painting

Powder Coating  
Electrostatik Spraying  
Fluidized Bed Powder Coating

Anodizing

Elektroplating

Galvanizing

Vakuum Metalizing

SUBTRACTIVE

Grinding, Sanding and Polishing  
Wheel Cutting  
Belt Sanding  
Honing  
Lapping

Electropolishing

Abrasive Blasting

Photo Etching

CNC Engraving

PRINTING

Screen Printing

DEUTSCH

Tampondruck

Wassertransferdruck

Prägefoliendruck / Einprägen

ENGLISCH

Pad Printing

Hydro Transfer Printing

Foil Blocking and Embossing

# MANUFAKTUR

HERSTELLUNGSPROZESSE  
FÜR DESIGNER

TANJA UNGER

MASTER OF INTERIOR ARCHITECTURE  
BETREUER: PROF. KLAUS MICHEL

Eine Übersetzung und Zusammenfassung des Buches:  
"Manufacturing Processes for Design Professionals"



