



Inhalt

- 1. Bohren**
- 2. Gewindeschneiden**
- 3. Fräsen**
- 4. Hobeln**
- 5. Drehen**
- 6. Sägen**
 - 6.1 Kreissägen
 - 6.2 Bandsägen
- 7. Stanzen und Schneiden**
- 8. Schleifen und Polieren**
- 9. Tempern zur Spannungsdezimierung**
 - 9.1 Eigenspannungen
 - 9.2 Tempern
 - 9.3 Richtwerte
- 10. Beratung**

Zum spanabhebenden Bearbeiten der thermoplastischen Kunststoffe können Maschinen aus der Holz- und Metallverarbeitung eingesetzt werden. Schnellaufende Werkzeugmaschinen mit kräftiger Lagerung sind vorzuziehen. Für ausreichende Absaugung von Spänen und Staub ist Sorge zu tragen.

Zu beachten ist, daß alle Kunststoffe schlechte Wärmeleiter sind. Die Erwärmung kann durch scharfe Werkzeugschneiden und gute Spanabfuhr gemindert bzw. durch Kühlung mit Preßluft oder Wasser (auch Bohrwasser) verhindert werden. Zur Bearbeitung genügen normale Werkzeugstähle. Hartmetallbestückte Werkzeuge ergeben bei höherer Standzeit eine verbesserte Werkstückoberfläche.

1. Bohren

Thermoplastische Kunststoffhalbzeuge können mit Standard-Spiralbohrern gebohrt werden. Besonderer Anschlag ist im allgemeinen nicht erforderlich. Sie sollten jedoch hinterschliffene Schneiden und einen kleinen Drallwinkel haben. Ist beim Bohren der Spanwinkel des Bohrers negativ angeschliffen, so wird ein Einhaken des Bohrers und ein Ausreißen des Werkstoffes vermieden. Zu empfehlen ist dies bis zu einer Bohrlochtiefe von ca. 15 mm. Bei Bohrlochlängen über $5 \times d$ empfiehlt es sich, den Bohrer mehrmals aus dem Bohrloch herauszuziehen, um eine gute Spanentleerung zu erreichen. Bei Bohrlochdurchmessern über 10 mm empfiehlt sich ein Vorbohren. Bohrungen über 20 mm Durchmesser werden vorteilhafter durch Zweischneider mit Führungszapfen, Bohrungen über 40 mm Durchmesser mit Kreisschneidern hergestellt.

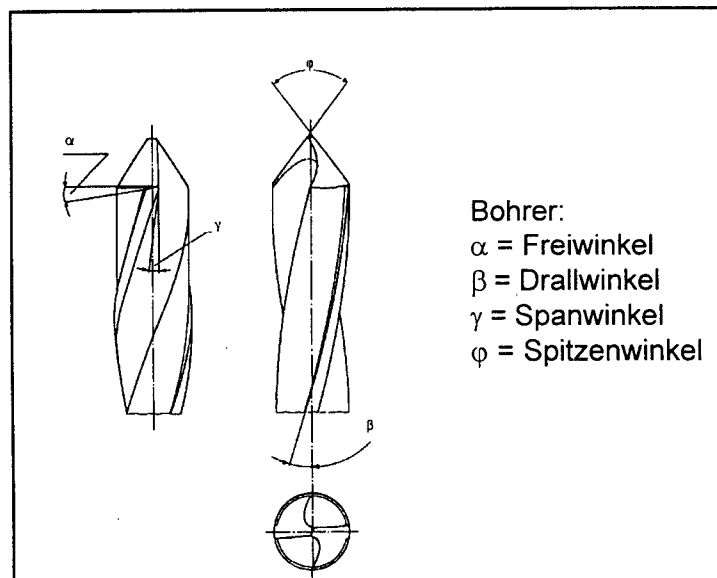


Tabelle 1: Parameter für das Bohren von Kunststoffen

Bohren			PE-HD	PP	PVC	PVDF
α	Freiwinkel	°	10-13	5-12	6-10	10-16
β	Drallwinkel	°	12-16	12-16	12-16	12-16
γ_1	Spanwinkel	°	3-5	3-5	3-6	3-6
φ	Spitzenwinkel	°	60-90	60-90	80-120	100-130
v	Schnitt- geschwindigkeit	m/min	50-100	50-100	30-80	50-200
s	Vorschub	mm/U	0,2-0,5	0,2-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5

Schnittgeschwindigkeit und Vorschub sind abhängig von der Bohrungstiefe. Der thermoplastische Werkstoff soll nicht schmieren (hohe Schnittgeschwindigkeit für dünnwandige Werkstücke).

2. Gewindeschneiden

Das Gewindeschneiden ist mit den herkömmlichen Schneidbohrersätzen ohne Schwierigkeiten möglich. Der Spanwinkel von 0° soll nicht überschritten werden. Für häufig zu lösende Befestigungen sollte aus Gründen der Kerbwirkung das Rundgewinde nach DIN 405 bzw. Gewindebuchsen vorgezogen werden. Selbstschneidende Schrauben, auch "High-Low-", "Spax-" bzw. Fensterschrauben genannt, haben sich für selten zu lösende Verbindungen bewährt, jedoch keine Blechschrauben.

3. Fräsen

Es sind hierfür alle in der Metallbearbeitung üblichen Fräsmaschinen, die für hohe Drehzahlen ausgelegt sind, geeignet. Vorteilhaft wird mit hoher Schnittgeschwindigkeit und geringer Spantiefe gearbeitet.

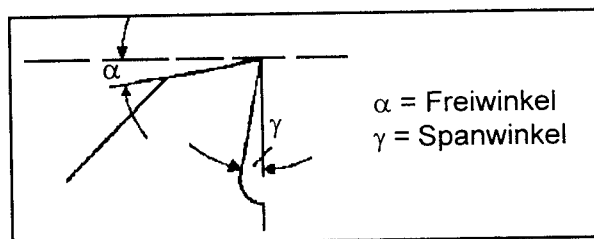


Tabelle 2: Parameter für das Fräsen von Kunststoffen

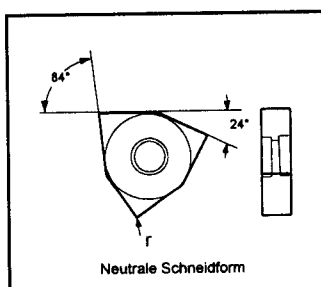
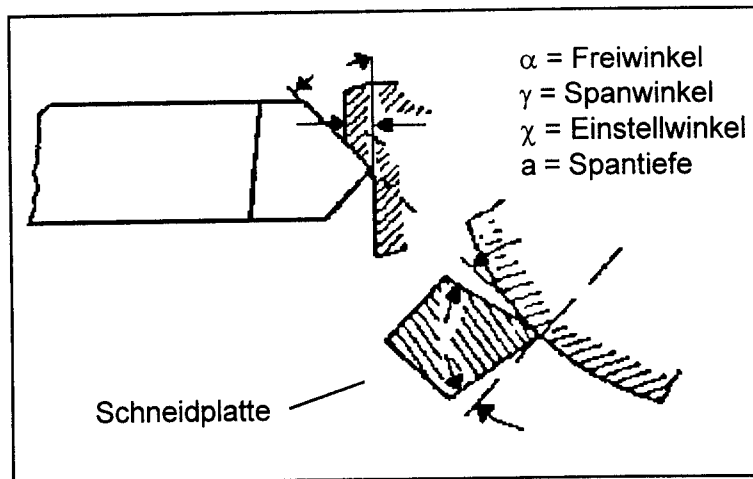
Fräsen			PE-HD	PP	PVC	PVDF
α	Freiwinkel	°	5-15	5-15	5-10	5-10
γ	Spanwinkel	°	5-15	10-15	5-20	bis 15
v	Schnitt- geschwindigkeit	m/min	bis 1000	bis 1200	300-1000	200-1000
s	Vorschub	mm/U	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,5

4. Hobeln

Das Hobeln erfolgt mit den üblichen Werkzeugen (Putz- und Schlichthobel) und den herkömmlichen Abricht- und Dicken-Hobelmaschinen. Auch die in der Metallbearbeitung übliche Kurzhobelmaschine (Shaping) kann bei zweckmäßiger Gestaltung des Hobelstahles bei der Kunststoffbearbeitung eingesetzt werden.

5. Drehen

Thermoplastische Kunststoffhalbzeuge sollten möglichst mit kleinem Vorschub und einer möglichst großen Spantiefe abgedreht werden. Die Schneidenspitze sollte dabei, wie auch in der Metallverarbeitung üblich, mit einem kleinen Radius versehen werden. Diese Maßnahmen ergeben eine weitgehend riefenfreie Oberfläche.



Die Verwendung von sogenannten Wendeschneidplatten mit verschiedenen Schneidformen ermöglicht in vielen Fällen eine gute Spanabführung mit weichem Schnitt bei hoher Wirtschaftlichkeit.

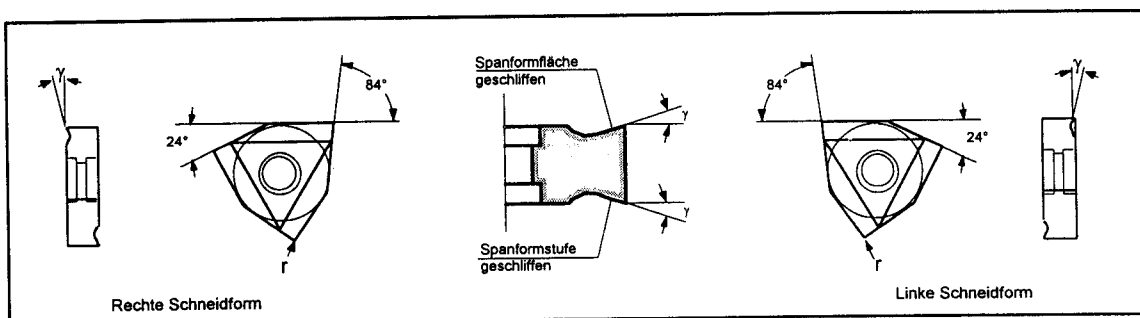


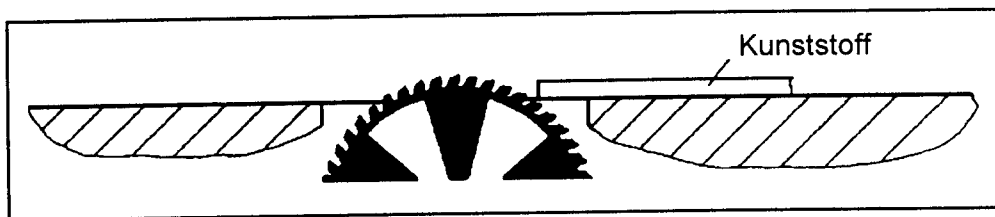
Tabelle 3: Parameter für das Drehen von Kunststoffen

Drehen			PE-HD	PP	PVC	PVDF
α	Freiwinkel	°	5-15	5-15	5-10	8-15
γ	Spanwinkel	°	0-10	0-8	0-10	0-15
χ	Einstellwinkel	°	45-90	45-60	45-60	45-60
v	Schnittgeschwindigkeit	m/min	200-500	200-400	200-500	100-300
s	Vorschub	mm/U	0,1-0,5	0,1-0,5	0,1-0,2	0,1-0,3
a	Spantiefe	mm	bis 6			
r	Spitzenradius	mm	0,5			

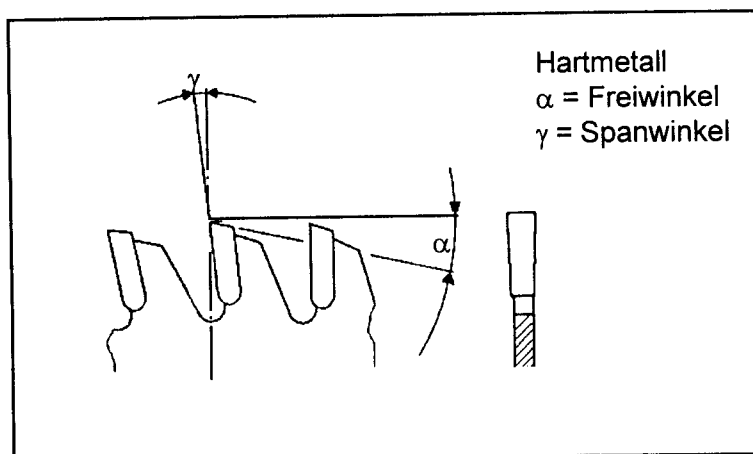
6. Sägen

6.1 Kreissägen

Saubere Schnittflächen entstehen, wenn das Sägeblatt nur wenig über die zu trennende Kunststofftafel herausragt.

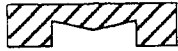


Platten bis zu einer Dicke von 5 mm können mit ungeschränkten Sägeblättern getrennt werden. Darüber hinaus sollte jedoch nur mit hinterschliffenen Sägeblättern gearbeitet werden. Das Verwenden von Hartmetall-Sägeblättern verbessert die Schnittleistung und -qualität und erhöht die Standzeit des Sägeblattes um ein Vielfaches.



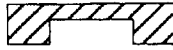
Zahnformen für Kreissägen (hartmetallbestückt)

Zahnform Schnittbild



Wechselzahn
schräg, spitz

PVC, PE-HD, PP
für PP großer Zahnabstand —
Beispiel: Sägeblatt 220 mm Ø, ca. 28 Zähne
für PVC kleiner Zahnabstand —
Beispiel: Sägeblatt 220 mm Ø, ca. 88 Zähne



Wechselzahn
Trapez, flach

Coextrudierte Sandwich-Platten
COPLAST-AS



Wechselzahn
schräg, angefast

harte, spröde Kunststoffe
PVC-GLAS, Acryl-Glas

Tabelle 4: Parameter für das Kreissägen von Kunststoffen

Kreissägen (Hartmetall HM)	PE-HD	PP	PVC	PVDF
α Freiwinkel °	10-15	5-15	5-10	5-15
γ^k Spanwinkel °	0-10	0-10	0-5	0-8
t Zahnteilung* mm	3-8	3-8	3-5	2-8
v Schnitt- geschwindigkeit m/min	1000-3000	600-3000	2500-4000	bis 2500

* bei spröden Werkstoffen kleine Zahnteilung wählen

Neben den werkstoffspezifischen Parametereinflüssen bestimmen in der Praxis Ökonomie und zulässige Umfangsgeschwindigkeiten (Produkt aus Drehzahl und Blattdurchmesser) den Arbeitsgang Sägen.

Tabelle 5: Höchstzulässige Drehzahl für Sägen = 100 m/sec Schnittgeschwindigkeit

Schnitt- geschwindigkeit	m/sec	Sägeblatt-Durchmesser [mm]									
		100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
höchste	100	19 000	13 000	9 500	8 000	6 500	5 500	4 500	4 200	3 800	3 200
wirtschaftlich	80		10 500	7 500	6 500	5 000	4 500	3 800	3 400	3 000	2 600
	60	15 000	7 500	5 700	4 700	3 800	3 300	2 800	2 500	2 300	1 900
niedrigste	40	11 500	5 500	3 800	3 100	2 500	2 200	1 900	1 700	1 500	1 300

6.2 Bandsägen ⁷⁶⁰⁰

Aufgrund des umlaufenden Sägebandes ist hier eine bessere Wärmeabfuhr gegeben. Bandsägen sind geeignet für das Zuschneiden von Rohren, Blöcken, dicken Tafeln sowie für Kurvenschnitte. Die Sägebänder müssen wegen des Freischneidens gut geschränkt (± 1 mm) und scharf sein.

Tabelle 6: Parameter für das Bandsägen von Kunststoffen

Bandsägen (Schnellstahl SS)		PE-HD	PP	PVC	PVDF
α	Freiwinkel °	30-40	30-40	30-40	30-40
γ^B	Spanwinkel °	0-5	0-5	0-5	2-8
t	Zahnteilung* mm	2-6	2-6	2-5	2-8
v	Schnitt- geschwindigkeit m/min	500-3000	1000-3000	bis 2000	500-3000

* bei spröden Werkstoffen kleine Zahnteilung wählen

- Index K = Kreissäge,
hohlgeschliffene Schnellstahlblätter
- Index B = Bandsäge,
hochlegierte Werkzeugstahlblätter, die leicht geschränkt sind.
- SS = Schnellstahl
- HM = Hartmetall

7. Stanzen und Schneiden

Auf üblicherweise eingesetzten Pressen ist Stanzen, speziell dünnerer Wanddicken, ohne weiteres möglich. Die Qualität der Schnittkante ist sowohl abhängig vom Anschliff der Stanzmesser als auch von der Plattendicke. Bei dünnen Platten ist das Schnittbild i. a. sauberer als bei dicken Platten. Um Spannungen und Ausrisse in der zu bearbeitenden Platte zu vermeiden, soll der Schnittwinkel unter 70° liegen.

SIMONA® Kunststoffe können abhängig vom Werkstoff bis ca. 4 mm Dicke auf Schlag-
scheren geschnitten werden. Gut geschliffene, nicht schadhafte Messer und ein maxima-
les Spiel von - 0,1 mm zwischen beweglichem und stehendem Messer führen zu guten
Schneidergebnissen.

8. Schleifen und Polieren

In einigen Anwendungsfällen können nach der Halbzeugverarbeitung Oberflächenbehand-
lungen erforderlich sein. Das Schleifen dient dabei der gleichmäßigen Mattierung — auch
nach spangebender Bearbeitung z. B. der Schweißnähte — als Vorbehandlung der
Oberfläche zum Kleben, Lackieren oder Polieren. Poliert werden Kunststoffe, um den
natur- und werkstoffbedingten Glanz zu erhöhen, bzw. an bereits vorhandene Teile
anzupassen.

Schleifen

Die ersten Arbeiten dienen dem groben Einebnen der Kunststoffoberfläche. Das Schleifen
als Vorbereitung zum Polieren ist wesentlich am Poliererfolg beteiligt. Evtl. vorhandene
Schweißnähte oder vorstehende Kanten werden mittels Stechbeitel, Raspel oder Zieh-
klinge abgearbeitet. Anschließend wird zuerst mit grobem, dann mit immer feinerem
Schmirgel geschliffen, bis eine gleichmäßige Oberfläche entstanden ist. Noch vorhandene
Kratzer müssen ebenfalls sorgfältig herausgeschliffen werden. Naßschliffe haben sich
wegen der günstigen Wärmeabfuhr bewährt. Neben handelsüblichen Schleifpapieren
bieten sich Vliese an, in die Schleifkörner eingebettet sind (Scotch-Brite von der Firma 3-
M-Companie, 4040 Neuss 1). Das Schleifen kann von Hand geschehen oder mit geeigne-
ten Schleifmaschinen oder Schwingschleifern, wobei oscillierende Maschinen bevorzugt
werden.

Polieren

Das Polieren beruht auf einem Anschmelzen der Oberfläche und erfordert Fingerspitzen-
gefühl. Es wird mit rotierenden Polierwalzen gearbeitet. Eine Überhitzung muß beim
Bearbeiten vermieden werden, da Kunststoffe aufgrund ihrer schlechten Wärmeleitfähig-
keit zum Schmelzen neigen.

Am günstigsten verwendet man nacheinander zwei Scheiben, mit der ersten werden grobe
Rauhigkeiten eingeebnet. Für diesen Zweck erwiesen sich Nesselscheiben am günstig-
sten. Zum Nachpolieren mit der zweiten Scheibe eignet sich eine Moltonscheibe.

In beiden Arbeitsgängen sollte die Umfangsgeschwindigkeit 23 m/sec nicht überschreiten.
Bei den üblichen Drehzahlen von 1 440 Umdrehungen/min. erreicht man diese Umfangs-
geschwindigkeit bei einem Scheibendurchmesser von 300 mm.

Wachse

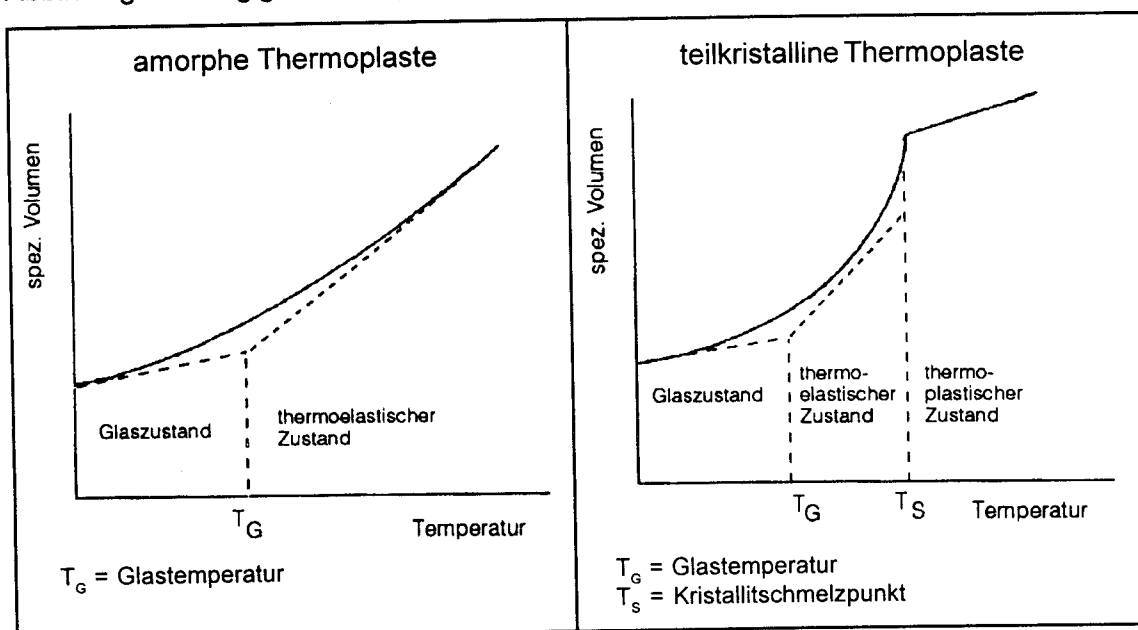
Die Verwendung von Wachsen bei Vor- und Nachpolitur verbessert wesentlich das Aussehen der polierten Flächen. Für die Vorpolitur eignet sich MENZERNA-Vorpoliturwachs 113 GZ, für die Nachpolitur MENZERNA-Glanzwachs AT 6. Für Vor- und Nachpolieren in einem Arbeitsgang wird der Typ 16 empfohlen. Die Wachssorten sind erhältlich beim MENZERNA-Werk, Dr. Ing. W. Burkart GmbH & Co., Gartenstr. 77, Postfach 43 49, 7500 Karlsruhe 1.

9. Tempern zur Spannungsminderung

9.1 Eigenspannung und deren Freisetzung

Alle Kunststoffhalbzeuge und alle aus ihnen gefertigten Bauteile besitzen ein Eigenspannungspotential. Diese Eigenspannungen sind nicht auf das Einwirken äußerer Kräfte zurückzuführen. Sie werden sichtbar, wenn der Spannungshaushalt des betrachteten Körpers gestört ist. Die im Extruder plastifizierte Kunststoffschmelze wird durch einen Werkzeugspalt ins Freie extrudiert. Das noch plastische und damit leicht verformbare Halbzeug wird nacheinander über mehrere Walzen geführt, abgekühlt und damit verfestigt. Die Wärmeabfuhr geschieht ausschließlich über die Außenoberfläche des Halbzeuges — eine Kühlung von innen her ist nicht möglich. Es herrscht demnach zu jedem Zeitpunkt der Extrusion an der Außenhaut eine geringere Temperatur (höhere Abkühlgeschwindigkeit), im Inneren des Halbzeuges eine höhere Temperatur (geringere Abkühlgeschwindigkeit), begründet durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit von Kunststoffen. Aufgrund der unterschiedlichen Abkühlgeschwindigkeiten (außen — innen) treten im Halbzeug Volumenkontraktionen auf.

Abbildung: Abhängigkeit des spezifischen Volumens von der Temperatur



Das bedeutet: Zugspannungen im Inneren des Halbzeuges und eine sich daraus ergebende Druckspannung auf der Außenhaut.

9.2 Tempern

Insbesondere bei einseitiger spanender Bearbeitung kann dieser ausgeglichene Spannungshaushalt gestört werden. Dann können Verformungen wie etwa Krümmen oder Verwinden des Werkstückes auftreten. Abhilfe bietet hier die Möglichkeit einer vorgeschalteten Wärmebehandlung, des spannungsabbauenden Temporns. Um hierbei den größtmöglichen Erfolg zu erzielen, sollte eine Reihe von Einflußgrößen beachtet werden, da die Warmbehandlungstemperatur werkstoffabhängig gewählt werden muß.

Amorphe Werkstoffe werden oberhalb der Glasstemperatur, teilkristalline Thermoplasten etwa 10 bis 20 °C unterhalb des Kristallitschmelzpunktes getempert (siehe Abbildung).

Die Temperdauer, definiert als Summe von Aufheiz-, Verweil- und Abkühlzeit, wird bestimmt durch die

- maximale Dicke des zu tempernden Körpers
- Lage des Spannungsprofils im Wandquerschnitt

Die zu tempernden Teile sind so im Temperofen aufzustellen, daß möglichst große Oberflächen mit der benötigten Temperatur in Berührung kommen. Hierzu eignet sich ein Umluftofen mit möglichst gleichmäßiger Temperaturführung.

Tabelle 7: Richtwerte zum Tempern von SIMONA® Thermoplasten

	Dicke mm	Aufheizen		Abkühlen
		Temperatur °C	Verweilzeit h	
PE	20	120	2	pro 1 h 10 °C Temperatursenkung; bei 50 °C (nach ca. 8 h) Ofen abstellen; Teile bei ca. 25 °C entnehmen
	40		3	
	60		4	
	80		5	
	100		6	
	120		7	
PP	20	140	2	pro 1 h 10 °C Temperatursenkung; bei 50 °C (nach ca. 10 h) Ofen abstellen; Teile bei ca. 25 °C entnehmen
	40		3	
	60		4	
	80		5	
	100		6	
	120		7	
PVDF	10	150	1,5	
	20		2	
	30		2,5	

Bei Wanddicken <10 mm reichen im allgemeinen an der Temperaturspitze Warmbehandlungszeiten von 1 h aus. Damit beim Abkühlprozeß keine neuen Eigenspannungen infolge örtlich und zeitlich unterschiedlicher Abkühlgeschwindigkeit auftreten, gilt es, letztere möglichst gering zu halten. Allgemein gilt: Je höher die Temperatur, desto geringer sollte die Abkühlgeschwindigkeit sein.

9.3 Richtwerte

Wird z. B. Polypropylen bei 150 °C getempert, so ist vor allem im Bereich von 150 bis 100 °C auf eine sehr geringe Abkühlgeschwindigkeit zu achten (Ergebnis von Untersuchungen im Hause SIMONA). Bei Oberflächentemperaturen von 50 °C kann dann das getemperte Bauteil dem Ofen entnommen werden. Aufgrund der geringen Differenz zwischen 50 °C und Raumtemperatur ergibt sich bei freier Konvektion bedingt durch die geringfügige Wärmemenge eine langsame Abkühlgeschwindigkeit.

Auch Vollstäbe aus thermoplastischen Polymeren sind meist mit einem Eigenspannungspotential behaftet. Bei der spanenden Bearbeitung sollten daher zuerst nur Rohlinge gefertigt werden, da sich eigenspannungsbedingte Deformationen einstellen und nach dem Tempervorgang weiter verändern.

Liegt der Rohling in nahezu spannungsfreiem Zustand vor, wird durch sachgemäß ausgeführte Arbeitsgänge (um weitere Verformungen zu vermeiden) auf Endmaß gefertigt. Der spannungsarme Zustand des Bauteils erlaubt relativ enge Fertigungstoleranzen.

Ein Tempern von Kunststoffteilen ist generell nur dann sinnvoll, wenn eine Formänderung infolge Wärmedehnung unbehindert erfolgen kann. Ist dies nicht der Fall (z. B. Kunststoffplatten in Metallrahmen fest eingespannt), so stellen sich dort Wärmespannungen ein. Der Zeitpunkt für den Tempervorgang ist deshalb innerhalb eines Fertigungsablaufes sorgfältig auszuwählen.

10. Beratung

Weitere Angaben zur Verarbeitung des von Ihnen ausgewählten Thermoplasten entnehmen Sie bitte der entsprechenden Produktinformation.

Unsere Mitarbeiter in Verkauf und Anwendungstechnik besitzen eine langjährige Erfahrung in der Verarbeitung und im Einsatz von thermoplastischen Halbzeugen. Wir beraten Sie gerne.