

# Empfehlungen zur spanabhebenden Bearbeitung von Kunststoffen



# Inhalt

<b>Bohren</b>	<b>5</b>
Allgemeine Hinweise	6
Parameter für das Bohren von Kunststoffen	7
.....	
<b>Sägen</b>	<b>11</b>
Allgemeine Hinweise	12
Parameter für das Sägen von Kunststoffen	13
.....	
<b>Fräsen</b>	<b>17</b>
Allgemeine Hinweise	18
Parameter für das Fräsen von Kunststoffen	19
.....	
<b>Drehen</b>	<b>23</b>
Allgemeine Hinweise	24
Parameter für das Drehen von Kunststoffen	25

# Vorwort

## Bearbeitungsmaschinen/-werkzeuge

Für die spanabhebende Bearbeitung sind keine besonderen Maschinen oder Verfahren notwendig. Es können die in der Holz- und Metallbearbeitung üblichen Maschinen mit Werkzeugen aus HSS (Hochleistungs-Schnellschnittstahl) oder Hartmetall-Werkzeuge verwendet werden. Lediglich für die Bearbeitung der Kunststoffe mit der Kreissäge empfiehlt sich grundsätzlich der Einsatz von hartmetallbestückten Sägeblättern. Eine Besonderheit stellt die Gruppe der glasfaserverstärkten Kunststoffe dar. Eine Bearbeitung mit hartmetallbestückten Werkzeugen ist zwar möglich, jedoch können aufgrund der niedrigen Standzeiten der Werkzeuge nur schwer wirtschaftliche Ergebnisse erzielt werden. Hier empfiehlt sich die Verwendung von diamantbestückten Werkzeugen, die zwar wesentlich teurer als herkömmliche Werkzeuge sind, aber erheblich längere Standzeiten aufweisen.

### **Bearbeiten und Spannen des Werkstücks**

Kunststoffe haben im Vergleich zu metallischen Werkstoffen ein geringes Wärmeleitvermögen sowie einen niedrigen E-Modul. Durch unsachgemäße Bearbeitung kann es zu starker Erwärmung des Werkstückes und damit zu Wärmedehnung kommen. Hohe Spanndrücke und stumpfe Werkzeuge erzeugen Verformungen des Werkstücks während der Bearbeitung. Maß- und Formabweichungen über den Toleranzbereich hinaus sind die Konsequenz. Zufriedenstellende Arbeitsergebnisse können also nur erzielt werden, wenn bei der Zerspanung von Kunststoffen einige werkstoffspezifische Richtlinien beachtet werden.

Im Einzelnen bedeutet das:

- Es sollten möglichst hohe Schnittgeschwindigkeiten angestrebt werden.
- Eine optimale Spanabfuhr muss gewährleistet sein, damit ein Einziehen der Späne durch das Werkzeug vermieden wird.

- Die verwendeten Werkzeuge müssen absolut scharf geschliffene Schneiden aufweisen. Stumpfe Schneiden können zu starker Erwärmung führen, was Verzug und Wärmedehnung zur Folge haben kann
- Die Spanndrücke dürfen nicht zu hoch sein, da sonst Deformationen des Werkstückes und Abdrücke der Spannwerkzeuge im Werkstück die Folge sind.
- Aufgrund der geringen Steifigkeit muss das Werkstück auf dem Maschinentisch ausreichend unterstützt werden und möglichst vollflächig aufliegen.
- Einwandfreie, hochwertige Oberflächen lassen sich nur durch vibrationsarmen Maschinenlauf realisieren.

Unter Beachtung dieser Richtlinien sind auch enge, kunststoffgerechte Toleranzen mit hoher Wiederholgenauigkeit ohne Schwierigkeiten realisierbar.

### **Kühlung während der Bearbeitung**

Im Allgemeinen ist eine Kühlung während der Bearbeitung nicht unbedingt notwendig. Soll gekühlt werden, empfiehlt sich die Verwendung von Pressluft. Diese hat den Vorteil, dass neben dem Kühleffekt gleichzeitig der Span aus dem Arbeitsbereich entfernt wird und ein Einziehen des Spans in, bzw. ein Umlaufen des Spans um das Werkzeug verhindert wird. Handelsübliche Bohremulsionen können ebenfalls zur Kühlung verwendet werden und sind besonders für das Einbringen von tiefen Bohrungen und das Gewindschneiden zu empfehlen.

Darüber hinaus lassen sich höhere Vorschübe und damit geringere Laufzeiten erzielen. Bei der Verwendung von Bohremulsionen ist jedoch darauf zu achten, dass diese nach der Bearbeitung rückstandslos entfernt werden. So wird verhindert, dass deren ölhaltige Bestandteile etwaige Folgearbeits-

vorgänge wie z.B. Verkleben oder Lackieren behindern und speziell bei PA die Wasseranteile zu Veränderungen der Bauteile durch Feuchtigkeitsaufnahme führen.

**Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass alle Angaben ohne Gewähr sind und jegliche Haftung durch fehlerhafte oder unvollständige Informationen ausgeschlossen wird.**

# Bohren

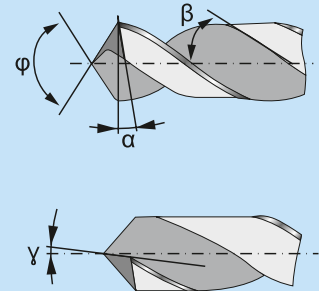


Bohren

## Bohren – Allgemeine Hinweise

Bohrungen können mit einem handelsüblichen HSS-Bohrer hergestellt werden. Bei der Herstellung von tiefen Bohrungen ist darauf zu achten, dass für eine gute Spanabfuhr gesorgt ist, da es sonst an der Bohrungswand zur Erwärmung des Kunststoffes bis zur Schmelztemperatur kommen kann und der Bohrer „schmiert“.

Für Bohrungen in dünnwandige Werkstücke empfiehlt sich die Wahl einer hohen Schnittgeschwindigkeit und ggf. eines neutralen ( $0^\circ$ ) Spanwinkels. So wird ein Einhaken des Bohrers in das Werkstück und das damit verbundene Ausreißen der Bohrung bzw. Hochziehen des Werkstücks am Bohrer vermieden.



$\alpha$  = Freiwinkel ( $^\circ$ )

$\beta$  = Drallwinkel ( $^\circ$ )

$\gamma$  = Spanwinkel ( $^\circ$ )

$\varphi$  = Spitzenwinkel ( $^\circ$ )

$V$  = Schnittgeschwindigkeit (m/min)

$S$  = Vorschub (mm/Umdrehung)

## Parameter für das Bohren von Kunststoffen

<b>BOHREN</b>	PMMA	PC	PETG / APET	PE-HD	PP
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	12–15	5–15	5–15	10–15	5–15
$\beta$ = Drallwinkel (°)	15–30	19–40	19–40	12–16	12–16
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0	0–5	0–5	3–10	3–10
$\varphi$ = Spitzenwinkel (°)	60	110–130	110–130	60–90	60–90
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	10–60	15–30	30–60	50–100	50–100
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,2–0,5	0,2–0,5

## Parameter für das Bohren von Kunststoffen

<b>BOHREN</b>	Hart-PVC	PVDF	PTFE	PVC geschäumt	PA
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	6–10	10–16	10–16	8–10	10–15
$\beta$ = Drallwinkel (°)	12–16	12–16	12–16	30	30
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	3–6	3–10	5–20	3–5	3–5
$\varphi$ = Spitzenwinkel (°)	80–120	100–130	130	80–110	90–120
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	30–100	50–200	150–200	30–80	50–100
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,3	0,1–0,5	0,1–0,3





## Parameter für das Bohren von Kunststoffen

<b>BOHREN</b>	PE-HMW/PE-UHMW	POM	PETP	PEEK, PAI
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	10–15	5–10	5–10	5–10
$\beta$ = Drallwinkel (°)	30	30	30	30
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	3–5	3–5	3–5	3–5
$\varphi$ = Spitzenwinkel (°)	90–120	90–120	90–120	90–120
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	50–100	50–100	50–80	50–80
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3

## Parameter für das Bohren von Kunststoffen

<b>BOHREN</b>	PC-Industriequalität	PPSU, PEI, PSU	PA 6.6 GF30	PEEK GF30, CA30, PPS
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–10	5–10	5–10	5–10
$\beta$ = Drallwinkel (°)	30	30	30	30
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	3–5	3–5	3–5	3–5
$\varphi$ = Spitzenwinkel (°)	90–120	90–120	90–120	90–120
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	50–100	50–100	50–80	50–80
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3	0,1–0,3



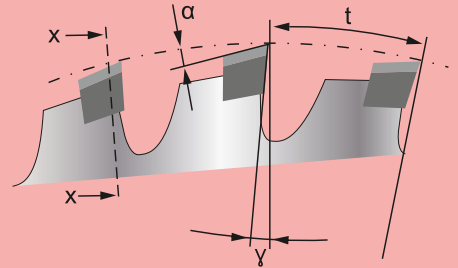
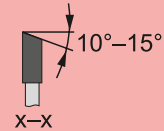
# Sägen



## Sägen – Allgemeine Hinweise

Kunststoffe können gleichermaßen mit der Band- oder Kreissäge gesägt werden. Die Auswahl richtet sich nach der Form des Halbzeuges. Der Einsatz einer Bandsäge bietet sich insbesondere bei der Verwendung einer „Auflagekehle“ (Prisma) für den Zuschnitt von Vollstäben und Rohren an und birgt den Vorteil, dass die entstehende Bearbeitungswärme durch das lange Sägeblatt gut abgeführt wird. Es muss jedoch auf eine ausreichende Schränkung des Blattes geachtet werden, damit ein Klemmen des Blattes verhindert wird.

Kreissägen kommen hingegen hauptsächlich für den Zuschnitt von Tafeln und Blöcken mit geraden Schnittkanten in Betracht. Hierbei ist zu beachten, dass mit ausreichenden Vorschüben gearbeitet wird, damit die Spanabfuhr gewährleistet ist und ein Klemmen des Sägeblatts sowie eine Überhitzung des Kunststoffes im Sägeschnitt verhindert wird.



$\alpha$  = Freiwinkel (°)

$\gamma$  = Spanwinkel (°)

$t$  = Zahnteilung (mm)

$V$  = Schnittgeschwindigkeit (m/min)

## Parameter für das Sägen von Kunststoffen

SÄGEN		PMMA	PC	PETG / APET	PE-HD	PP
Bandsäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	20–30	20–40	20–40	30–40	30–40
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–5	0–5	0–5	0–5	0–5
	T = Zahnteilung (mm)	1–3	1,5–3,5	1,5–3,5	2–6	2–6
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	1500	600–1000	600–1000	500–3000	1000–3000
Kreissäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	15	10–30	10–30	10–15	5–15
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–5	5–15	5–15	0–10	0–10
	T = Zahnteilung (mm)	8–20	2–10	2–10	3–8	3–8
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	3000	1000–3000	1000–3000	1000–3000	600–3000
	S = Vorschub (m/min)	Der Vorschub ist abhängig vom verwendeten Sägeblatt, dazu bitte Empfehlungen des Herstellers beachten.				

## Parameter für das Sägen von Kunststoffen

SÄGEN		Hart-PVC	PVDF	PTFE	PVC geschäumt	PA
Bandsäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	30–40	30–40	25–40	30–40	25–40
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–5	2–8	0–8	0–5	0–8
	T = Zahnteilung (mm)	2–5	2–8	4–10	2–8	4–10
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	bis 2000	500–3000	50–500	bis 2000	50–500
Kreissäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–10	5–15	10–15	10–15	10–15
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–5	0–8	0,15	5–8	0–15
	T = Zahnteilung (mm)	3–5	2–8	2–25	3–5	8–45
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	2500–4000	bis 2500	1000–3000	bis 4000	1000–3000
	S = Vorschub (m/min)	Der Vorschub ist abhängig vom verwendeten Sägeblatt, dazu bitte Empfehlungen des Herstellers beachten.				



## Parameter für das Sägen von Kunststoffen

SÄGEN		PE-HMW/PE-UHMW	POM	PETP	PEEK, PAI	PC-Industriequalität
Bandsäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	25–40	25–40	25–40	25–40	25–40
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–8	0–8	0–8	0–8	0–8
	T = Zahnteilung (mm)	4–10	4–10	4–10	4–10	4–10
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	50–500	50–500	50–400	50–400	50–400
Kreissäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	10–15	10–15	10–15	10–15	10–15
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–15	0–15	0–15	0–15	0–15
	T = Zahnteilung (mm)	8–45	8–45	8–25	8–25	8–25
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	1000–3000	1000–3000	1000–3000	1000–3000	1000–3000
	S = Vorschub (m/min)	Der Vorschub ist abhängig vom verwendeten Sägeblatt, dazu bitte Empfehlungen des Herstellers beachten.				

## Parameter für das Sägen von Kunststoffen

SÄGEN		PPSU, PEI, PSU	PA 6.6 GF30	PEEK GF30, CA30, PPS	HP/HGW
Bandsäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	25–40	25–40	25–40	30–40
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–8	0–8	0–8	5–8
	T = Zahnteilung (mm)	4–10	4–6	4–6	5–7
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	50–400	50–200	50–200	50
Kreissäge	$\alpha$ = Freiwinkel (°)	10–15	10–15	10–15	15
	$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–15	0–15	0–15	20
	T = Zahnteilung (mm)	8–25	8–25	8–25	10–15
	V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	1000–3000	1000–3000	1000–3000	4–10
	S = Vorschub (m/min)	Der Vorschub ist abhängig vom verwendeten Sägeblatt, dazu bitte Empfehlungen des Herstellers beachten.			





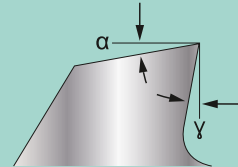
# Fräsen



## Fräsen – Allgemeine Hinweise

Die Fräsbearbeitung auf den üblichen Bearbeitungszentren ist unproblematisch. Mit hohen Schnittgeschwindigkeiten und unter mittleren Vorschüben lassen sich hohe Zerspanleistungen bei gleichzeitig guter Oberflächenqualität und Genauigkeit erzielen.

Es ist darauf zu achten, dass Werkzeuge mit ausreichend großem Spanraum verwendet werden. Damit ist eine zuverlässige Spanabfuhr gewährleistet und es wird ein Wärmestau vermieden.



$\alpha$  = Freiwinkel (°)

$\gamma$  = Spanwinkel (°)

$V$  = Schnittgeschwindigkeit (m/min)

$S$  = Vorschub (mm/Umdrehung)

## Parameter für das Fräsen von Kunststoffen

<b>FRÄSEN</b>	PMMA	PC	PETG / APET	PE-HD	PP
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	> 12	5–10	5–10	5–15	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0	0–10	0–10	5–15	10–15
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	1000–2000	100–500	100–500	bis 1000	bis 1000
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5

## Parameter für das Fräsen von Kunststoffen

FRÄSEN	Hart-PVC	PVDF	PTFE	PVC geschäumt	PA
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–10	5–10	5–15	k.A.	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–15	bis 15	5–15	k.A.	0–15
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	300–1000	200–1000	250–500	k.A.	200–500
S = Vorschub (mm/U)	0,1–0,5	0,1–0,5	0,1–0,5	k.A.	$\leq 0,5$



## Parameter für das Fräsen von Kunststoffen

<b>FRÄSEN</b>	PE-HMW/PE-UHMW	POM	PETP	PEEK, PAI	PC-Industriequalität
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–15	5–15	5–15	5–15	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–15	0–15	0–15	0–15	0–15
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	200–500	200–400	150–300	150–300	200–400
S = Vorschub (mm/U)	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$	$\leq 0,4$

## Parameter für das Fräsen von Kunststoffen

FRÄSEN	PPSU, PEI, PSU	PA 6.6 GF30	PEEK GF30, CA30, PPS	HP/HGW
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–15	5–15	5–15	20
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–15	0–15	0–15	20
V = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	200–400	75–150	75–150	50–150
S = Vorschub (mm/U)	$\leq 0,4$	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$	0,5–0,8

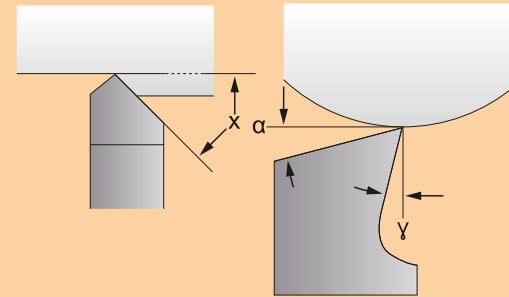


# Drehen



## Drehen – Allgemeine Hinweise

Da bei den meisten Kunststoffen ein Fließspan entsteht, ist auf eine besonders gute Abfuhr der Späne zu achten, da sich diese sonst einklemmen und mit dem Drehteil umlaufen. Des Weiteren ist aufgrund der geringeren Steifigkeit der Kunststoffe bei längeren Teilen die Gefahr des Durchhangs groß und deshalb die Verwendung einer Lünette ratsam.



$\alpha$  = Freiwinkel (°)

$\gamma$  = Spanwinkel (°)

$x$  = Einstellwinkel (°)

$V$  = Schnittgeschwindigkeit (m/min)

$S$  = Vorschub (mm/Umdrehung)



## Parameter für das Drehen von Kunststoffen

<b>DREHEN</b>	PMMA	PC	PETG / APET	PE-HD	PP
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–10	5–10	k.A.	5–15	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0	0–5	k.A.	0–10	0–8
$x$ = Einstellwinkel (°)	45	0–45	k.A.	45–60	45–60
$V$ = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	90–150	200	k.A.	200–500	200–500
$S$ = Vorschub (mm/U)	0,1–0,5	0,1–0,5	k.A.	0,1–0,5	0,1–0,5

## Parameter für das Drehen von Kunststoffen

DREHEN	Hart-PVC	PVDF	PTFE	PVC geschäumt	PA
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–10	8–15	10	k.A.	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–10	0–15	5–8	k.A.	0–10
$x$ = Einstellwinkel (°)	45–60	45–60	10	k.A.	0–45
$V$ = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	200–500	100–300	150–500	k.A.	200–500
$S$ = Vorschub (mm/U)	0,1–0,5	0,1–0,3	0,1–0,3	k.A.	0,05–0,5



## Parameter für das Drehen von Kunststoffen

<b>DREHEN</b>	PE-HMW/PE-UHMW	POM	PETP	PEEK, PAI
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–15	5–15	5–15	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–10	0–10	0–10	0–10
$x$ = Einstellwinkel (°)	0–45	0–45	0–45	0–45
$V$ = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	200–500	200–500	200–400	200–400
$S$ = Vorschub (mm/U)	0,05–0,5	0,05–0,5	0,05–0,5	0,05–0,5

## Parameter für das Drehen von Kunststoffen

DREHEN	PC-Industriequalität	PPSU, PEI, PSU	PA 6.6 GF30	PEEK GF30, CA30, PPS
$\alpha$ = Freiwinkel (°)	5–15	5–15	5–15	5–15
$\gamma$ = Spanwinkel (°)	0–10	0–10	0–10	0–10
$x$ = Einstellwinkel (°)	0–45	0–45	0–45	0–45
$V$ = Schnittgeschwindigkeit (m/min)	200–400	200–400	100–200	100–200
$S$ = Vorschub (mm/U)	0,05–0,4	0,05–0,4	0,05–0,3	0,05–0,3

