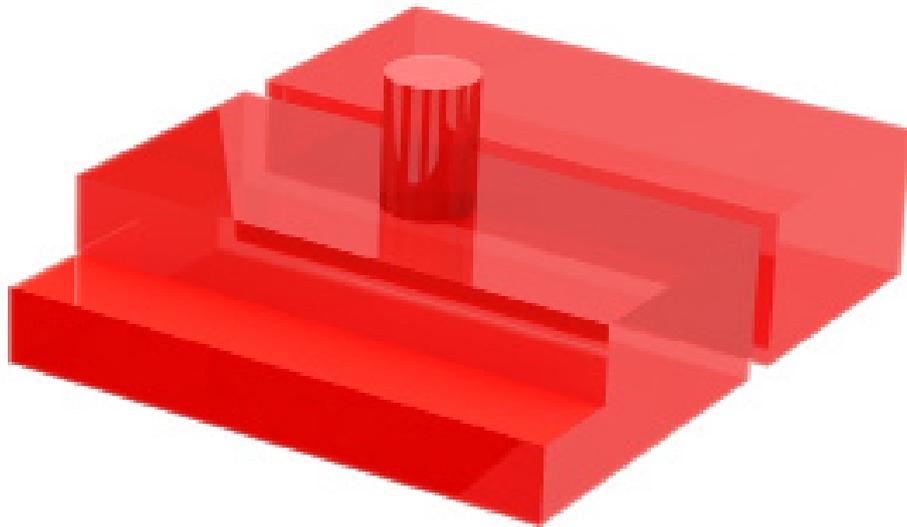


PLEXIGLAS®

THE ORIGINAL BY RÖHM

VERARBEITUNGSRICHTLINIEN

Bearbeiten von
PLEXIGLAS®



RÖHM

Inhalt

1. Allgemeines	3
1.1 Lieferform	3
1.2 Maßänderungen und Eigenspannungen.....	3
1.3 Schutzfolie	4
1.4 Anzeichnen und Markieren	4
1.5 Nachträglicher Oberflächenschutz	4
1.6 Bearbeitungsmaschinen	4
1.7 Werkzeuge	4
2. Trennen	5
2.1 Kreissägen	5
2.2 Bandsägen	7
2.3 Schwing- und Dekupiersägen	8
2.4 Stichsägen	8
2.5 Handsägen	8
2.6 Stanzen und Schneiden	8
2.7 Ritzbrechen	8
2.8 Laserschneiden	8
2.9 Wasserstrahlschneiden	9
3. Bohren	10
3.1 Spiral- bzw. Wendelbohrer	10
3.2 Spezialbohrer und Senker	11
3.3 Auskreisen	11
3.4 Gewindeschneiden	12
4. Fräsen	13
4.1 Kopierfräsen	15
4.2 Gravieren	15
5. Drehen	16
6. Feilen - Abziehen - Hobeln	18
7. Schleifen und Polieren	19
7.1 Schleifen	19
7.2 Polieren	19
8. Tempern	22
9. Reinigung und Pflege	23

Anmerkungen:

Für professionelle PLEXIGLAS® Verarbeiter sind außer dieser Broschüre noch weitere Verarbeitungsrichtlinien erschienen zum Thema

Umformen von PLEXIGLAS®
(Kenn-Nr. 311-2),

Fügen von PLEXIGLAS®
(Kenn-Nr. 311-3) und

Oberflächenbehandeln von PLEXIGLAS®
(Kenn-Nr. 311-4).

Heimwerker finden wertvolle Hinweise zu PLEXIGLAS® in

Tipps zur Verarbeitung von PLEXIGLAS®
(Kenn-Nr. 311-5).

Über Eigenschaften und Verarbeitung einiger unserer Produkte und deren Anwendungen, z.B.

- Stegplatten und Wellplatten,
- Verglasungen mit massiven Platten,
- Lärmschutzwände,
- Lichtwerbung u. a.,

liegen gesonderte Druckschriften vor, die beim PLEXIGLAS® Lieferanten angefordert werden können.

Bei der Verwendung unserer Produkte sind außerdem zu beachten

- die regional gültigen Bauvorschriften und Immissionsschutzgesetze,
- zutreffende Normen, z.B. DIN 1055,
- Gewährleistungen nach VOB oder BGB,
- Berufsgenossenschafts-Richtlinien u. a.

1. Allgemeines

PLEXIGLAS®, das von uns weltweit erstmals hergestellte Acrylglas (Polymethylmethacrylat, PMMA) wird auch wegen seiner hervorragenden spangebenden Bearbeitbarkeit als vielseitiger Werkstoff geschätzt. Bei PLEXIGLAS® **GS** handelt es sich um gegossenes, bei PLEXIGLAS® **XT** um extrudiertes Material.

Bei beiden Werkstoffen kann die spangebende Bearbeitung in fast gleicher Weise vorgenommen werden. Dies gilt auch für PLEXIGLAS® Produkte für bestimmte Anwendungen, wie **Soundstop** (transparenter Lärmschutz), oder mit speziellen Oberflächen. Dies können kratzfest beschichtete, strukturierte, verspiegelte oder als **Heatstop** (Sonnenhitze reflektierend), **Satinice** (spezielle Mattierungen) oder **No Drop** (Wasser spreitend) vergütete PLEXIGLAS® Sorten sein.

Wo Unterschiede in der Bearbeitbarkeit zu beachten sind, wird in dem jeweiligen Kapitel darauf hingewiesen.

Ziel dieser Broschüre ist es, zu optimalen Arbeitsergebnissen beizutragen. Sollten Sie bei der Lektüre oder während der Arbeit Fragen haben, wenden Sie sich bitte an Ihren PLEXIGLAS® Lieferanten oder an unseren „Technischen Service“. Auch für zusätzliche Anregungen aus der Sicht des Praktikers sind wir dankbar.

1.1 Lieferform

PLEXIGLAS® GS stellen wir in Form von Massivplatten, Blöcken, Stäben und Rohren mit glatten oder matten bzw. satinierten (**PLEXIGLAS® Satinice**) Oberflächen her.

PLEXIGLAS® XT gibt es in herkömmlichem und in schlagzäh modifiziertem Acrylglas (**PLEXIGLAS® Resist**) als glatte, strukturierte oder matte bzw. satinierte (**PLEXIGLAS® Satinice**) Massivplatten, Wellplatten, Stegplatten, Spiegel, Rohre und Stäbe sowie Folien.

Farbige PLEXIGLAS® Sorten sind in der Regel völlig gleichmäßig durchgefärbt.

Ob Standardformate oder Zuschnitte: Alle unsere Palettenverpackungen sind gekennzeichnet mit Hinweisen zur Lagerung und zum innerbetrieblichen Transport.

Grundsätzlich ist es besser, PLEXIGLAS® in der Halle zu lagern. Alle unsere Platten sind durch Polyethylen-Folie geschützt, die problemlos entsorgt werden kann. Bei Lagerung im Freien ist sorgfältige zusätzliche Abdeckung zu gewährleisten.

1.2 Maßänderungen und Eigenspannungen

Die spangebende Bearbeitung wirkt sich auf das Gesamtverhalten von Kunststoff-Teilen aus. An den bearbeiteten Flächen können Eigenspannungen auftreten, die sich bei der weiteren Verarbeitung, beispielsweise beim Kleben, eventuell negativ bemerkbar machen. Diese Spannungen können – ebenso wie Eigenspannungen bei Formteilen – durch vorheriges Tempern (siehe 8 Tempern) abgebaut werden.

Beim Warmformen tritt bei den Teilen im allgemeinen ein „Erwärmungsschrumpf“ auf. Er kann in Länge und Breite des jeweiligen Zuschnitts und abhängig von der Sorte unterschiedlich sein. Dieser Schrumpf muss vor dem Zuschnitt zugerechnet werden. Die zu berücksichtigenden maximalen Schrumpfwerte sind dem Bestellhandbuch und den Verarbeitungs-Richtlinien „Umformen von PLEXIGLAS®“ zu entnehmen. Beim einseitigen Abarbeiten der Oberfläche auf einer Plattenseite kann sich das Teil geringfügig verziehen. Dies ist durch **Nachtempern** (siehe 8 Tempern) rückgängig zu machen. Bei aufwändigeren technischen Teilen beispielsweise wird ein Verziehen gänzlich vermieden durch

eine Wärmebehandlung **oberhalb** der Erweichungstemperatur **vor** der spangebenden Verarbeitung (siehe 8 Tempern).

Wie die meisten Kunststoffe, hat auch Acrylglas einen großen linearen Wärmeausdehnungskoeffizienten. Er beträgt bei PLEXIGLAS® GS und XT $0,7 \text{ mm/m} \cdot \text{K}$. Feuchtigkeit beeinflusst ebenfalls – wenn auch in geringerem Maße als Wärme – die Maßhaltigkeit.

Beispiel: Ein Apparateteil aus PLEXIGLAS® GS mit einer Länge von 1000 mm erfährt zwischen 10° und 30°C eine Längenänderung von $1,4 \text{ mm} (= 20 \text{ K} \cdot [0,07 \text{ mm/m} \cdot \text{K}] \cdot 1 \text{ m})$.

Deshalb: Maßkontrollen an gleichartigen Teilen immer bei gleichen Umgebungs- und Materialtemperaturen vornehmen!

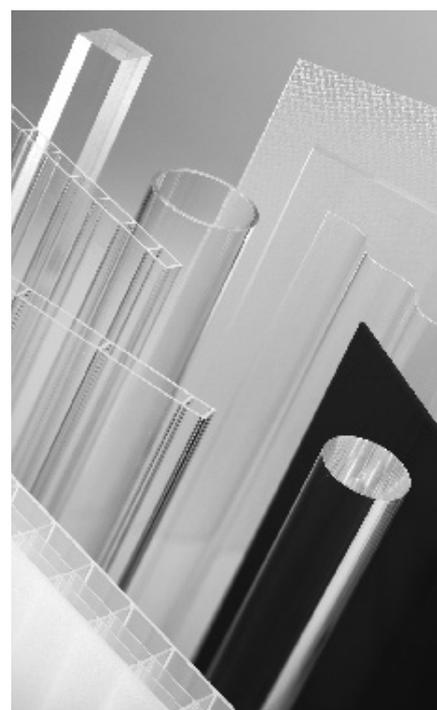


Abb. 1: Blick ins Liefersortiment

1.3 Schutzfolie

Abhängig von Sorte und Dicke schützen haftende, selbsthaftende oder selbstklebende Polyethylen-Folien unsere Platten. Normalerweise sollte der Oberflächenschutz bis zum endgültigen Einsatz des Fertigteils an der Platte bleiben. Muss er beispielsweise vor dem Warmformen oder Verkleben entfernt werden: Platte an einer Kante gut festhalten und die Folie **ruckartig** abziehen.

Sind die Platten Witterungseinflüssen ausgesetzt, müssen alle Folien unabhängig von ihrer jeweiligen Haft Eigenschaft **innerhalb von vier Wochen entfernt** werden, da nach diesem Zeitraum die Gefahr besteht, dass die Polyethylen-Folie versprödet oder ihre Haftung sogar vergrößert wird. In beiden Fällen ist ein sachgemäßes Entfernen der Folie nicht mehr möglich und daher eine Beschädigung der Platten nicht auszuschließen.

1.4 Anzeichnen und Markieren

Zum Schutz bei Transport und Lagerung sind Platten aus PLEXIGLAS® mit einer umweltverträglichen Polyethylen-Folie kaschiert. Dieser Oberflächenschutz sollte auf jeden Fall während der spangebenden Bearbeitung der Platte nicht entfernt werden. Am besten ist es, die Folie erst vor dem endgültigen Einsatz des Fertigteils abzuziehen.

Das Anzeichnen bzw. Markieren, beispielsweise von Bohrlöchern, Schnittkanten oder Umrissen, erfolgt deshalb auf der Folie. Sollte sie bereits entfernt sein, werden die Markierungen mit Spezialstiften (z. B. mit All-Stabilo oder einem Fettstift) direkt auf der Plattenoberfläche angebracht.

Reißnadel oder Körner sollten nur verwendet werden, wenn sichergestellt ist, dass die von diesen Werkzeugen verursachten Kerbstellen durch die nachfolgende Bearbeitung wieder entfernt werden. Ist dies nicht der Fall, können bei allen Werkstoffen – sogar bei den schlagfesten PLEXIGLAS® Resist Sorten – die Platten aufgrund der Kerbwirkung bei Belastung reißen oder brechen.

1.5 Nachträglicher Oberflächenschutz

Wenn bearbeitete Platten, Halbfertig- oder Fertigteile, aber auch bereits montierte Elemente aus PLEXIGLAS®, zur Weiterverarbeitung, Lagerung oder – beispielsweise bei Renovierungen – vor Verschmutzung, chemischen Einwirkungen u. a. geschützt werden sollen, bieten sich folgende Maßnahmen an:

- Flüssig aufgebrauchte Überzüge, die später als Folie abgezogen werden (z. B. wässrige Lösungen 30 % von PVAL) oder Abdeckfolie,
- materialverträgliche Krepp-Klebebänder,
- Polyethylen-Klebefolien oder
- Polyethylen-Beutel, die anschließend verschlossen oder verschweißt werden.

1.6 Bearbeitungsmaschinen

Zur Bearbeitung von PLEXIGLAS® eignen sich die bei der Holz- und Metallverarbeitung üblichen Geräte. Schwingungsfreie, schnelllaufende Maschinen gewährleisten saubere Schnittflächen. Vor allem Schleifmaschinen und Kreissägemaschinen sollten mit Absaugvorrichtungen ausgerüstet sein, um anfallende Späne sofort abzuführen.

Zur Bearbeitung werden auch hochwertige Werkzeuge mit druckluftbetriebenem Antrieb verwendet.

1.7 Werkzeuge

PLEXIGLAS® wird mit Werkzeugen aus Hochleistungs-Schnellschnittstahl (HSS), aus Hartmetall oder Diamant bearbeitet. Hartmetallwerkzeuge weisen dabei erfahrungsgemäß eine längere Standzeit auf. Zu beachten ist, dass Farbpigmente, wie sie auch in dichteren PLEXIGLAS® Einfärbungen verwendet werden, die Werkzeugstandzeiten stark verkürzen können.

Stumpfe Werkzeuge „verschmieren“ die Schnittkante, führen zu Kantenausbrüchen, Materialspannungen u. a. Ihre Schneiden müssen stets scharfgeschliffen sein, auf Frei- und Spanwinkel ist besonders zu achten. Werkzeuge, die bereits zur Bearbeitung von Metallen oder Holzwerkstoffen verwendet wurden, sollten deshalb nicht bei Kunststoffen eingesetzt werden.

Bei der spangebenden Bearbeitung von PLEXIGLAS® sollten ausschließlich scharfe Werkzeuge verwendet und auf ausreichende Kühlung geachtet werden. Ölfreie Kühlschmierstoffe können für PLEXIGLAS® verwendet werden. Sie werden dabei in einer Konzentration von ca. 4 % in Wasser empfohlen.

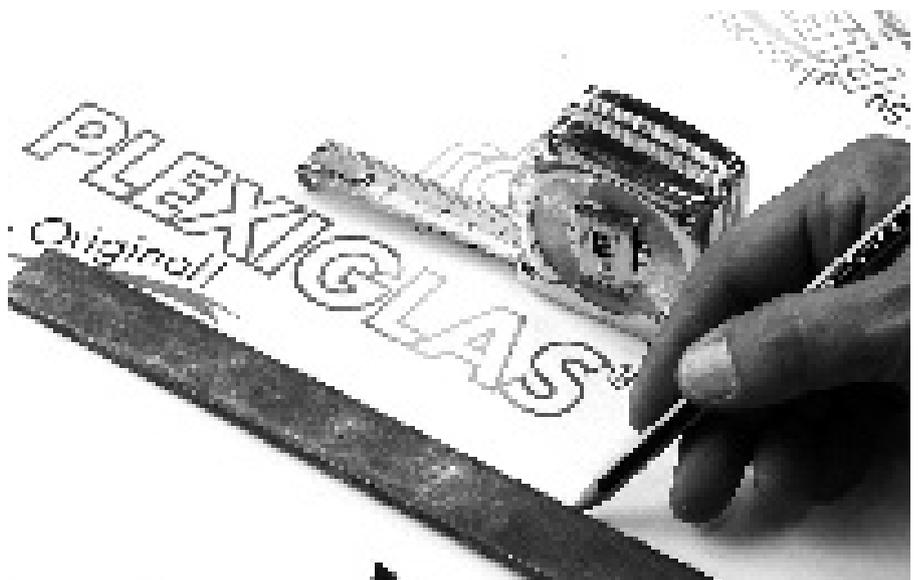


Abb. 2: Anzeichnen

2. Trennen

PLEXIGLAS® wird meist mit Kreissägen oder Bandsägen zugeschnitten. Bügel- und Handsägen können ebenfalls verwendet werden.

Der Einsatz von Trennscheiben führt zu unbefriedigenden Ergebnissen.

Schlagzähe Materialien wie PLEXIGLAS® Resist sind dickenabhängig auch stanz- und schneidbar.

2.1 Kreissägen

Während der Kunststoff-Verarbeiter in der Regel mit Tischkreissägen zuschneidet, verwendet der Handel vorwiegend vertikale Formatkreissägen. Für das Zuschneiden größerer Chargen werden auch computergesteuerte Schneidanlagen angeboten, die paketweises Bearbeiten erlauben.

Automatischer Vorschub verbessert die Schnittqualität deutlich; gleichmäßige Werkzeugbeanspruchung, kürzere Bearbeitungsdauer und längere Standzeiten sind weitere Vorteile.

Beim Zuschneiden von PLEXIGLAS® sollte das Blatt der Hand- oder Tischkreissäge nur knapp über die Platte hinausragen.

Weitere Tipps:

- unbedingt mit Anschlag arbeiten,
- vorsichtig mit laufender Säge ansägen,
- auf exakte Schnittführung achten,
- Verkanten vermeiden,
- Platten fixieren, um Flattern auszuschließen,
- mit mittlerem Vorschub sägen.

PLEXIGLAS® sollte ab 3 mm Dicke mit Wasser, Kühlschmierstoff oder Druckluft gekühlt werden.

Abb. 3 zeigt die Abhängigkeit von Schnittgeschwindigkeit, Durchmesser und Drehzahl: Danach ist z.B. eine Drehzahl von 4200 U/min bei einem Blattdurchmesser von 320 mm optimal. Die Schnittgeschwindigkeit liegt dann bei 4230 m/min.

Arbeitsdaten	
Kreissägen (Hartmetallsägeblätter)	
Freiwinkel α	10° bis 15°
Spanwinkel γ	0° bis 15°
Schnittgeschwindigkeit v_c	bis 4500 m/min
Zahnteilung	9 bis 15 mm

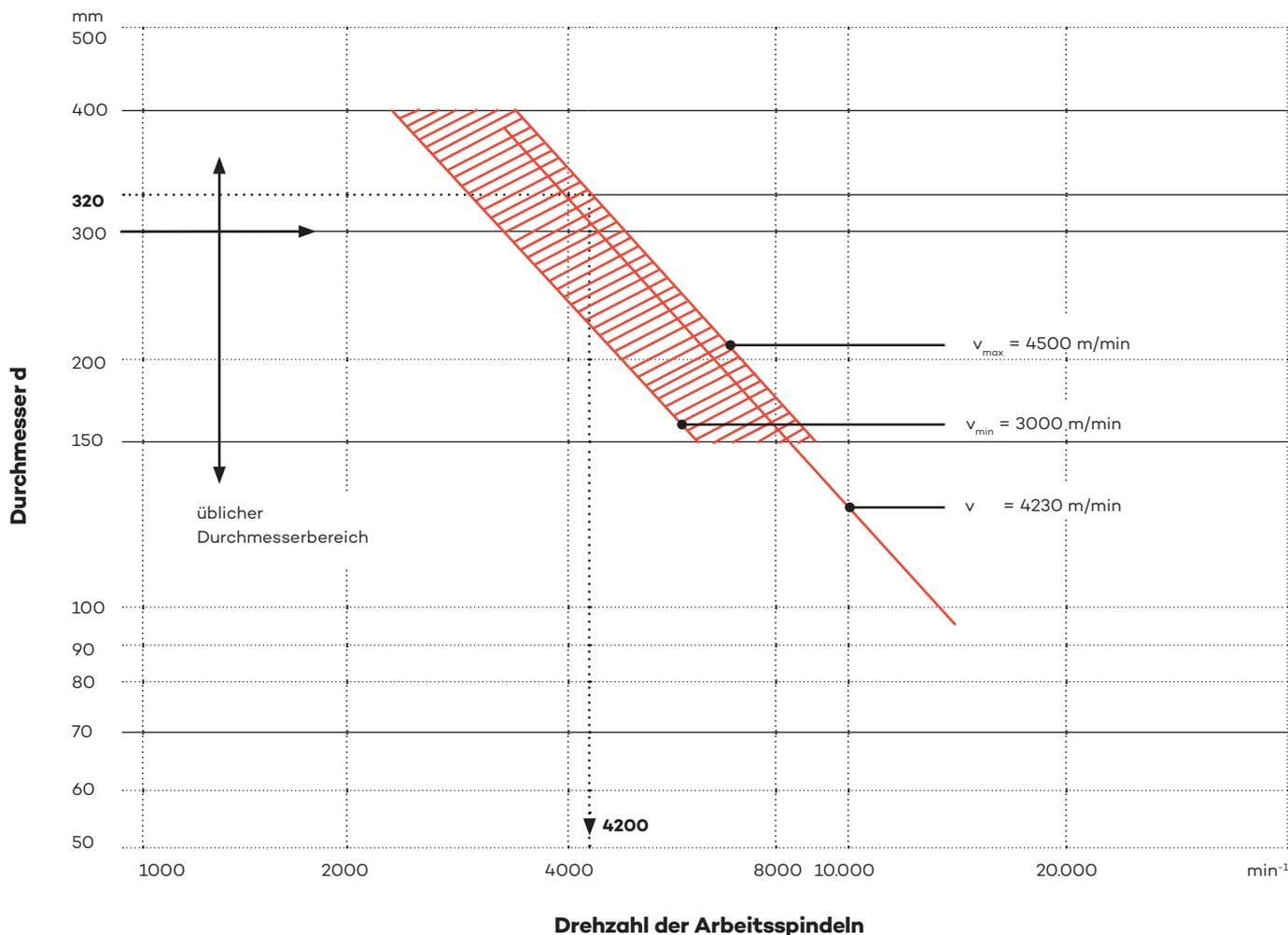


Abb. 3: Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten, Durchmesser und Drehzahlen beim Sägen von PLEXIGLAS® auf Kreissägen

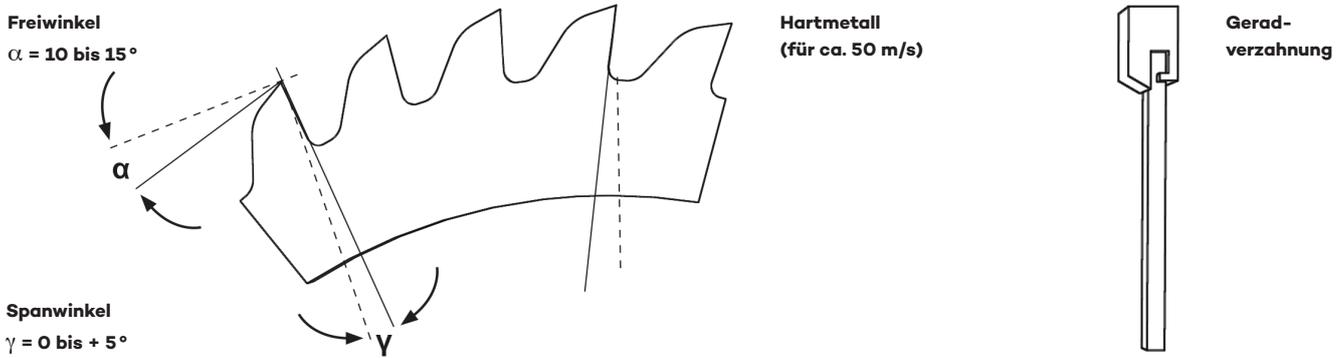


Abb. 4a: Kreissägeblätter

Zum Schneiden von PLEXIGLAS® sind ausschließlich **ungeschränkte** Kreissägeblätter geeignet. Nur so ist eine saubere und glatte Schnittfläche zu erzielen.

Wir empfehlen, grundsätzlich hartmetallbestückte Sägeblätter mit der größtmöglichen Zahnzahl einzusetzen. Stumpfe und falsch geschliffene Blätter führen zu Ausbrüchen an der Unterseite des Werkstücks. Die Zähne der Sägeblätter können am Rücken gerade oder wechselseitig schräg geschliffen sein (siehe Abb. 4).

Geradverzahnnte Hartmetallblätter sägen etwas weniger aggressiv, wenn die beiden Enden eines jeden oder jeden zweiten Zahnes angefast (= „Trapez-Flachzahn“) geschliffen sind.

Der Vorschub der Säge muss so eingestellt werden, dass an den Kanten der Schnittstelle nichts absplittert. Ein zu klein gewählter Vorschub kann zu Reibung und damit unnötiger Erwärmung der Schnittkanten führen.

Kreissägeblätter mit besonderer Form der Zahnflanken („Bombastic“, „Spacecut“) ergeben riefenfreie, glatte Schnittkanten bei PLEXIGLAS®, wenn sie in einer technisch weiter entwickelten Sägemaschine verwendet werden, die u. a. mit Frequenzregelung und Vorschubsystem arbeitet.

Beim Zuschneiden von PLEXIGLAS® XT allgemein sowie PLEXIGLAS® GS als dickere Platten und Blöcke sollte die Kreissäge mit einer Sprühvorrichtung ausgerüstet sein, die sich auch nachträglich einbauen lässt: Nach dem Prinzip der Wasserstrahlpumpe reißt die Druckluft die Kühl- bzw. Schmierflüssigkeit mit und verteilt sie als feinen Sprühnebel auf das rotierende Sägeblatt. Abb. 5 zeigt eine derartige Vorrichtung.

In der Praxis wird diese Kühlung jedoch leider häufig nicht angewendet, z. B. weil unterhalb des Sägetisches kein Platz für die Montage ist bzw. die Berufsgenossenschaft auf die Beibehaltung des Spaltkeils besteht, besonders wenn die Säge auch für andere Materialien verwendet wird.

Bisweilen entstehen Schwierigkeiten auch durch den Einfluss der Emulsion. Bei nachfolgenden Bedruckungen, Verklebungen usw. wird eine zusätzliche Reinigung nötig.

Durch umfangreiche Testreihen konnten wir ein Standardsägeblatt ausfindig machen, das – zur obigen, empfohlenen Typengruppe gehörend – mit ca. **13 mm Zahnteilung ein Optimum für PLEXIGLAS® XT darstellt.**

Mit diesem können auch dicke Platten und Zuschnittpakete **ohne zusätzliche Kühlung** geschnitten werden.

Alle Dicken von PLEXIGLAS® XT einschließlich 25 mm sowie noch dickere Plattenpakete konnten damit problemlos gesägt werden. Dabei ist das Schnittergebnis nahezu **unabhängig** von der Vorschubgeschwindigkeit. Der Spannungszustand in der Schnittkante ist niedrig, so dass die Gefahr der **Spannungsrisssbildung minimiert** ist: Ein Vorteil, den der Verarbeiter z. B. für anschließende Verklebungen nutzen kann.

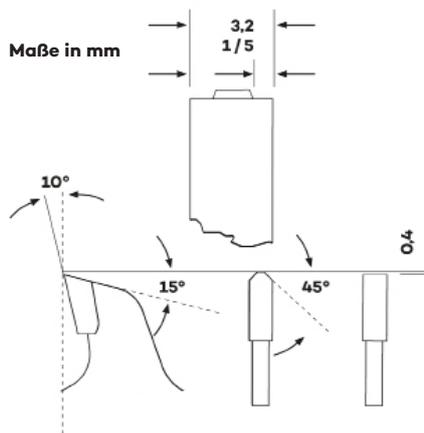
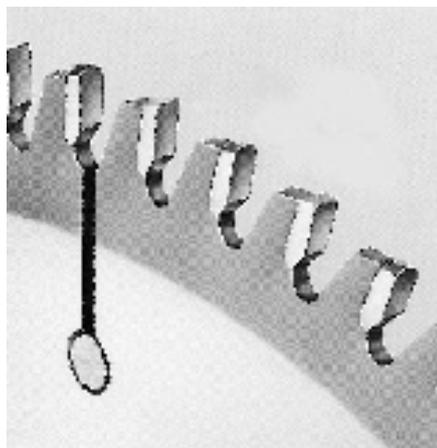


Abb. 4b: Optimiertes Kreissägeblatt; Zahnform: Trapez-Flachzahn, Durchmesser: 300 mm, Zähnezah: 72, Zahnteilung: ~ 13 mm

Dieses Sägeblatt kann nicht nur zum Sägen von PLEXIGLAS® XT, sondern auch für PLEXIGLAS® GS in allen Dicken verwendet werden. Seine Vorteile werden besonders deutlich bei Materialdicken ab **3 mm**. Es sollte dann benutzt werden, wenn keine Sprühkühlung eingesetzt werden kann. Allgemein ist die Schmierkühlung jedoch auch weiterhin zu bevorzugen, sofern deren Verwendung möglich ist.

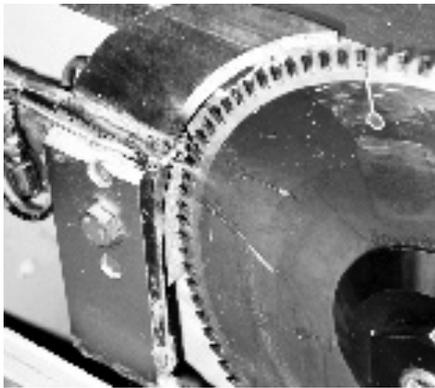


Abb. 5: Sprühnebel an der Kreissäge



Abb. 7: Trennschnitt mit Bandsäge

2.2 Bandsägen

Für Kurvenschnitte und das Besäumen von Formteilen aus PLEXIGLAS® werden häufig die in der Holz- und Metallindustrie üblichen Bandsägen eingesetzt. Ihre Blätter sind grundsätzlich leicht geschränkt. Dies führt bei allen Materialien zu etwas rauerer Schnittkanten, als man sie von der Kreissäge gewohnt ist. Daher muss in der Regel die Kante nachbearbeitet werden. Die jeweilige Bandbreite des Blattes – sie kann zwischen 3 und 13 mm liegen – wird bestimmt von dem gewünschten Formschnitt und dem eingesetzten Maschinentyp. Die Anzahl der Zähne sollte zwischen 3 und 8 Stück/cm Bandlänge betragen. Die Bandgeschwindigkeit (= Schnittgeschwindigkeit) kann zwischen 1000 und 3000 m/min variieren (siehe Abb. 6).

Als Faustregel gilt: Je kleiner die Schnittgeschwindigkeit, um so größer die Zahl der Zähne.

Es ist darauf zu achten, dass die Platten während des Schnittvorganges weder flattern noch vibrieren.

Abb. 6 zeigt, dass die optimale Schnittgeschwindigkeit beispielsweise bei 1675 m/min liegt, wenn der Durchmesser des Bandsägers 380 mm beträgt, und die Drehzahl der Arbeitsspindel bei 1400 U/min liegt.

Bei horizontal laufenden Bandsägeblättern, die zum Abtrennen von Formteilerändern eingesetzt werden, erzielen Bandbreiten über 13 mm eine bessere Führung des Sägeblatts. Vergewissern Sie sich, ob durch die Fixierung des Formteils auf einer gestaltgetreuen Auflage die Gefahr des plötzlichen Einreißen ausgeschlossen ist.

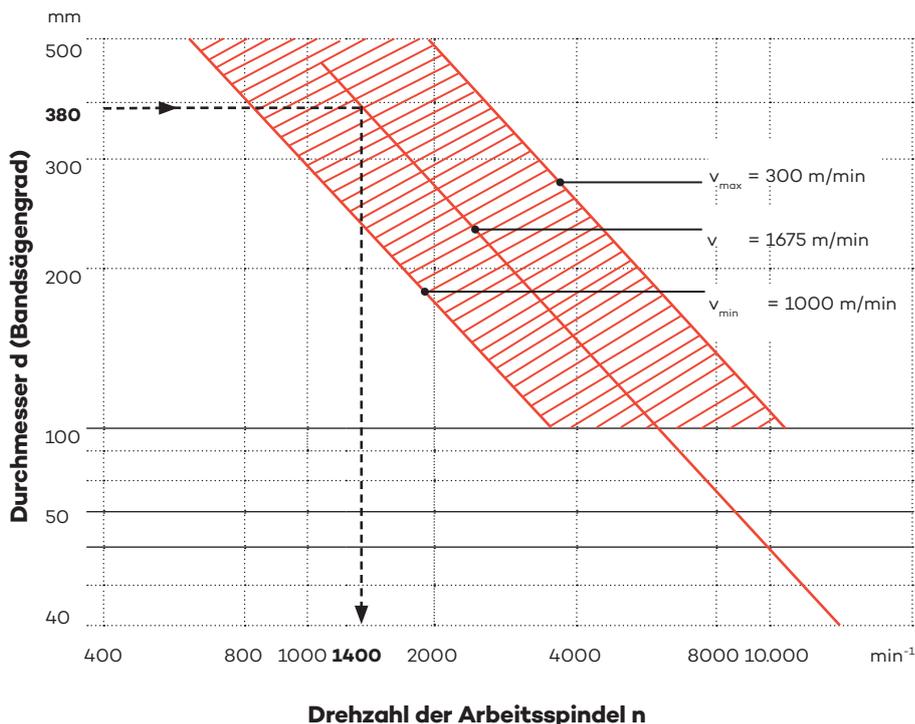


Abb. 6: Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten, Durchmesser und Drehzahlen beim Bandsägen von PLEXIGLAS®

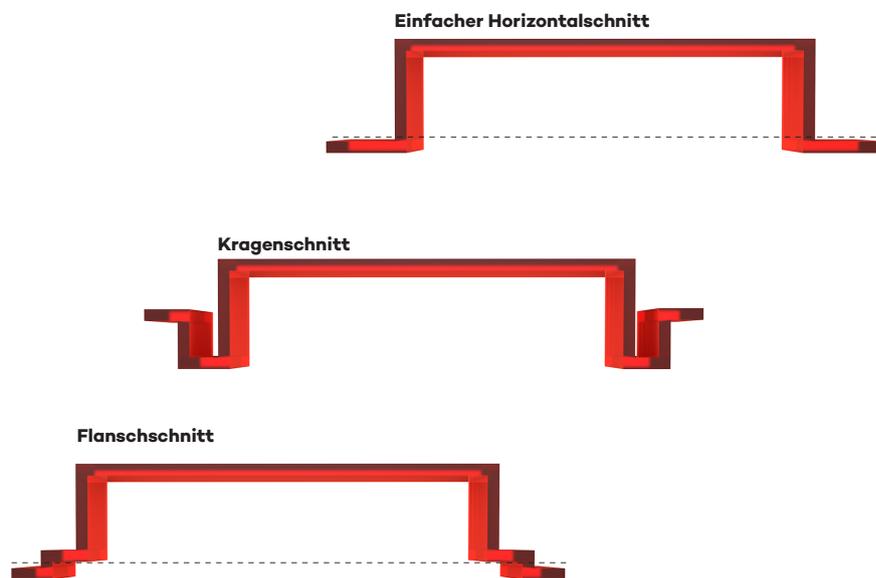


Abb. 8: Mögliche Trennschnitte mit der Horizontalbandsäge

2.3 Schwing- und Dekupiersägen

Für lochartige Ausarbeitungen mit häufig wechselnder Schnittrichtung eignen sich bei dünnen Platten Schwing- bzw. Dekupiersägen mit Laubsägeblättern oder Spiralsägedrähten. Die anfallenden Späne sollten während der Bearbeitung mit Druckluft weggeblasen oder abgesaugt werden. Geringer Vorschub und eine Schnittgeschwindigkeit unter 1500 m/min verhindern eine zu starke Erwärmung des Materials. Vorteilhaft sind Maschinen, die bei der Auf- und Abwärtsbewegung auch eine Bewegung in horizontaler Richtung ausführen.

2.4 Stichsägen

Für die Nachbearbeitung, zum Einpassen oder Herausschneiden von Aussparungen haben sich Stichsägen bewährt. Die Schnittkanten fallen jedoch relativ grob aus und benötigen eventuell eine Nachbearbeitung. Das Blatt der Stichsäge sollte feinzahnig und leicht geschränkt sein. Die Verpackung der Blätter muss den Hinweis tragen, dass sie für die Bearbeitung von harten Kunststoffen geeignet sind.

Beim Arbeiten mit der Stichsäge sind folgende Hinweise zu beachten:

- Pendelhub auf Null bis 4 mm Plattendicke, darüber auf Stellung 1 bis 2, mittleren Vorschub wählen,
- hohe Schnittgeschwindigkeit einstellen,
- nur mit laufender Maschine an das Werkstück herangehen,
- Sägeschuh fest auf die Schutzfolie aufsetzen,
- PLEXIGLAS®, besonders PLEXIGLAS® XT ab 3 mm Dicke, mit Wasser oder Druckluft kühlen.

Bei Aussparungen sollten an den Schnittkantenecken Löcher vor-gebohrt werden, um Kerbwirkungen und damit Bruchgefahr am Werkstück zu vermeiden.

2.5 Handsägen

Beim Basteln, aber auch bei künstlerischen Arbeiten kann PLEXIGLAS® mit feinzahnigen Handsägen, wie zum Beispiel Fuchsschwanz, Bügel-



Abb. 9: Schwingsäge schneidet Schriftzug PLEXIGLAS®

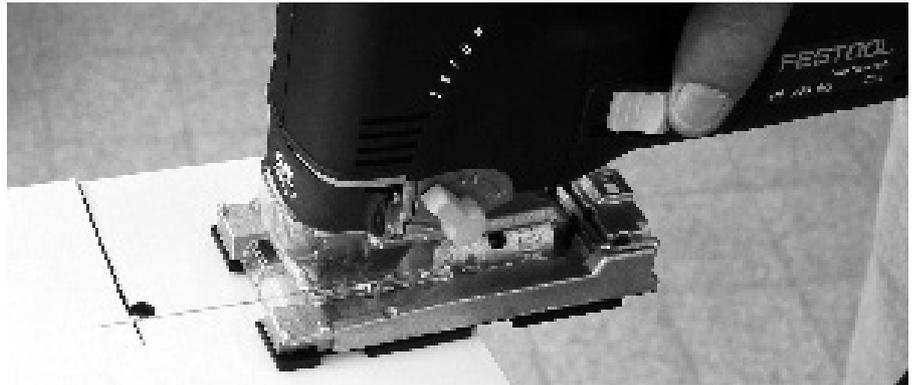


Abb. 10: Stichsägen mit Anbohrung

und Laubsägen, bearbeitet werden. Bei sorgfältiger Handhabung sind gute Ergebnisse möglich.

2.6 Stanzen und Schneiden

Für das Stanzen oder Schneiden bzw. Abscheren müssen PLEXIGLAS® XT auf 100 bis 140 °C, PLEXIGLAS® GS bis 150 °C **erwärmt** werden. Für die Stanz- bzw. Schneidmesser empfiehlt sich eine Temperatur von 120 bis 130 °C. Die Plattendicke sollte nicht über 4 mm liegen. Bei Bandschnittstahl fallen die Kanten nahezu rechtwinklig aus, wenn der Keilwinkel des Stanzwerkzeugs 20° beträgt.

Beim Stanzen und Schneiden mit erwärmtem Material sind bei den Werkstoffen Schrumpfung und Wärmeausdehnung zu beachten.

2.7 Ritzbrechen

Platten aus PLEXIGLAS® lassen sich bis zu einer Materialdicke von 3 mm mit einem Ritzmesser entlang eines Lineals oder einer Kurvenschablone mit nicht zu engen Radien ritzen und anschließend sauber brechen. Dieses

Verfahren wird oft von Hobbybastlern, aber auch auf der Baustelle angewendet, wenn kein anderes Werkzeug zur Verfügung steht. So entstehen im Gegensatz zum Sägen und Fräsen spannungsarme Bruchflächen, die nicht getempert werden müssen. Die Kanten der Bruchflächen sollten mit einer Ziehklinge entschärft werden.

Schlagzähe Materialien wie PLEXIGLAS® Resist sind zum Ritzbrechen nicht geeignet.

2.8 Laserschneiden

PLEXIGLAS® Platten sind im Allgemeinen mit CO₂-Lasern gut zu schneiden. Die bei Acrylgläsern erreichbare glänzende Schnittkante kann je nach Sorte, Dicke und Einfärbung unterschiedlich ausfallen. Bei stark eingefärbten Sorten kann es zu einer matten Oberfläche kommen. Hier sind Vorversuche und eventuell eine dem Einzelfall angepasste Einstellung des Lasers zu empfehlen.

Die Leistung des Lasers liegt im Allgemeinen zwischen 250 und 1000 W. Auf den meisten Anlagen werden außer PLEXIGLAS® auch andere



Abb. 11: Ritzen und Brechen

Werkstoffe gelasert. Empfehlungen zur Laser-Leistung sind deshalb im Einzelfall schwerlich zu geben, zumal diese von mehreren Faktoren abhängig ist, wie Reinheit und Wassergehalt des Laser-Gases, Gasdurchsatz, Zustand der IR-Optik u. a.

Eigene Untersuchungen wurden mit verschiedenen Plattendicken und unterschiedlichem Glanzgrad der Schnittkante bei Laser-Leistungen zwischen 300 und 700 W durchgeführt.

Entsprechend der Laserleistung ist der Vorschub auf die Plattendicke abzustimmen, um die gewünschten glänzenden Schnittkanten zu erzielen: dünne Platten schneller, dicke Platten langsamer. Ist der Vorschub zu gering, werden die Kanten matt, ist er zu schnell, bilden sich Rillen. Rillenbildung kann aber auch durch ungenügend präzise Führung des Lasers entstehen.

Bei Platten größerer Dicke fallen die Schnittkanten stets etwas schräg aus. Der Laserstrahl ist auf die Mitte der Plattendicke zu fokussieren. Wird er höher oder tiefer eingestellt, kommt es zu V-förmigen oder bei

dickeren Platten zu konkaven Ausbildungen der Schnittkanten. Um die Kanten bestmöglich rechteckig zu erhalten, ist empfehlenswert, folgende Linsen-Brennweiten an den Lasern zu verwenden (Quelle: Fa. Messer Griesheim):

- bis 6 mm Plattendicke: 2 1/2"-Linse
- 6 bis 15 mm Plattendicke: 5"-Linse
- über 15 mm Plattendicke: 10"-Linse.

Die Laser-Optik hat zwischen 5" und 10" Brennweite keinen Einfluss auf das Aussehen der Schnittkante, aber gemeinsam mit der Fokusslage und der Plattendicke auf die Winkligkeit des Schnittes.

Um Rauchgas-Rückschlag auf die Linse zu vermeiden, ist eine minimale Pressluftspülung (mit Öl- und Wasserabscheider) am Laserkopf in der Regel ausreichend.

Gleichzeitig müssen die entstehenden Dämpfe auf der Strahlaustrittseite geeignet abgeführt werden, z.B. mit leichter Absaugung oder ebenfalls Luftspülung.

Zusätzlich zur beschriebenen Luftspülung oder Absaugung der Dämpfe

verfügen manche Anlagen über Düsen am Schneidkopf zur Spülung mit Inertgas, z.B. Stickstoff. Für normale Trennschnitte ist dies nicht erforderlich, kann für Präzisionsteile jedoch sinnvoll sein.

Eventuelle Laserstrahl-Rückschläge infolge planen Unterlagen-Materials für die PLEXIGLAS® Platten können diese optisch beeinträchtigen und die Linse verschmutzen. Rippenauflagen schließen dies weitgehend aus. Ein in Geschwindigkeit bzw. Leistung z.B. an Ecken, Winkeln, Spitzen usw. geregelter Laserstrahl kann das Schneidergebnis verbessern.

Der computergesteuerte Laserstrahl schneidet selbst komplizierteste Formen. Entsprechende Anlagen können z.B. Tiefziehteile sogar dreidimensional schneiden. Die in unmittelbarer Nähe der Schnittkante entstehenden Spannungen sind gegebenenfalls durch anschließendes Tempern abzubauen, um die Gefahr der Spannungsrisbildung zu vermeiden (siehe 8 Tempern).

2.9 Wasserstrahlschneiden

Das Trennen von Kunststoffplatten mit Wasserstrahlschneidanlagen ist ähnlich dem Laserschneiden. Es ist etwas kostengünstiger, erlaubt jedoch nicht so hohe Schnittgeschwindigkeiten und ergibt keine glänzenden Schnittkanten. Diese Technik bietet zwei Verfahren:

- Schneiden mit einem reinen Wasserstrahl und
- Schneiden mit abrasiven (schmirgelnden) Zusätzen im Wasser.

Das Schneiden mit reinem Wasserstrahl bringt bei Acrylglas keine guten Ergebnisse, mit abrasiven Wasserzusätzen ist es bei PLEXIGLAS® möglich.

Die Schnittfläche fällt dabei wie geschmirgelt aus. Die jeweilige Vorschubgeschwindigkeit ist abhängig von der Plattendicke, der gewünschten Schnittgüte und der Schleifmittelkörnigkeit. Ein Beispiel: Die Schnittgeschwindigkeit für PLEXIGLAS® GS, 10 mm dick, liegt bei etwa 100 mm/min.

3. Bohren

Achtung: Für die handelsüblichen Spiral- bzw. Wendelbohrer (für Metall) gilt bei deren Verwendung mit Acrylglas grundsätzlich, dass sie zuvor werkstoffgerecht umgeschliffen werden (siehe auch 1.7 Werkzeuge).

3.1 Spiral- bzw. Wendelbohrer

Um Spiral- bzw. Wendelbohrer bei PLEXIGLAS® werkstoffgerecht einsetzen zu können, muss der Spitzenwinkel von normalerweise 120° auf 60° bis 90° verringert werden. **Der Spanwinkel muss auf einen Wert zwischen 4° und 0° zurückgeschliffen werden.** Nur dann kann der Bohrer richtig arbeiten: **Er schabt, statt zu schneiden, Ausbrüche der Bohrung beim Austritt aus der Platte werden somit vermieden (siehe Abb. 12).** Der Freiwinkel sollte mindestens 3° betragen. Bei größeren Bohrdurchmessern – etwa ab 8 mm – ist es vorteilhaft, die Querschneide anzuspitzen, damit der Anpressdruck bei Beginn der Bohrung vermindert wird. Um jede Kerbwirkung auszuschließen, werden die Bohrungen leicht angefast bzw. gesenkt. Spiralbohrer-Typen mit kleinerem Drallwinkel ($\beta = 12^\circ$ bis 16°) zur besseren Spanabführung sind vorteilhaft, müssen aber – wie bereits beschrieben – ebenfalls umgeschliffen werden.

Ab einer Materialdicke von mehr als 5 mm sollte mit Kühlschmierstoff oder acrylglasverträglichem Bohrl (Emulsion in Wasser) gekühlt bzw. geschmiert werden. Bei tiefen Bohrungen kann es vorteilhaft sein, nur mit Bohrl zu arbeiten.

Abb. 13 verdeutlicht die optimalen Bohrbedingungen: Bei einem Vorschub zwischen 0,1 und 0,3 mm/Umdrehung und einem Durchmesser des Bohrers von 25 mm liegt die günstigste Drehzahl bei 510 U/min. Unter diesen Bedingungen und der Verwendung von Bohrl entstehen seidenmatte, fast durchsichtige Bohrungswand-Oberflächen. Eine weitere Verbesserung der Oberflächenqualität ist durch Verwendung der in der Metallbearbeitung bekannten Reibahlen möglich.

Schliff- und Arbeitsdaten	
PLEXIGLAS® GS und XT	
Freiwinkel α	3° bis 8°
Spanwinkel γ	0° bis 4°
Spitzenwinkel σ	60° bis 90°
Drallwinkel β	12° bis 16°, meist 30°
Schnittgeschwindigkeit v_c	10 bis 60 m/min
Vorschub f	0,1 bis 0,3 mm/U

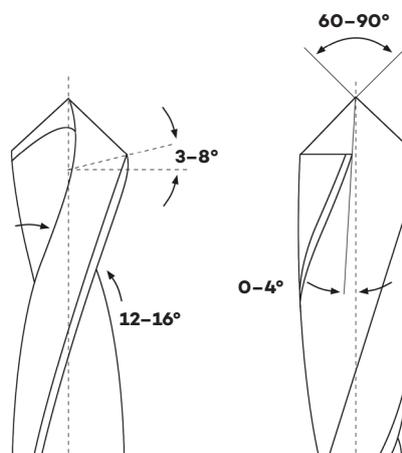


Abb. 12: Richtiger Anschliff von HSS-Bohrern für PLEXIGLAS® (Schneidkanten müssen schaben statt schneiden!)

Die Fotos von Abb. 14 verdeutlichen den Einfluss von Drehzahl bzw. Schnittgeschwindigkeit und Vorschub auf die Qualität der Bohrung, hier PLEXIGLAS® GS:

Oben: Zu hohe Drehzahl und/oder zu großer Vorschub: krümeliger Span, unsaubere Bohrung.

Mitte: Zu niedrige Drehzahl und/oder zu geringer Vorschub: Überhitzung, Zersetzungerscheinungen im Bohrloch, verschmolzener Span.

Unten: Optimale Drehzahl und richtiger Vorschub: Glatte Bohroberfläche, gleichmäßig zusammenhängender Fließspan.

Beim Bohren **dünnere** Platten ist es vorteilhaft, sie mit einer festen, planen Unterlage zusammen zu spannen, um das „Ausmuscheln“ oder Ausbrechen der unteren Lochkante zu vermeiden. Bei Bohrbeginn sollte der Bohrer langsam und vorsichtig aufgesetzt werden. Sobald die Schneiden das Material voll erfasst haben, kann der Vorschub erhöht werden. Unmittelbar vor dem Durchstoßen der Unterkante wird der Vorschub wieder zurückgenommen.

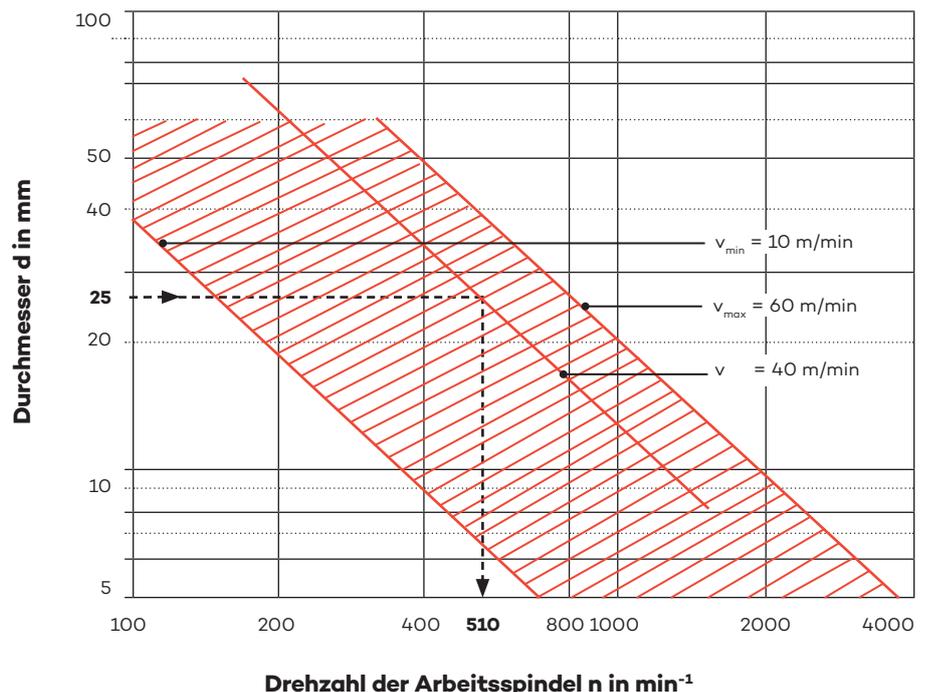


Abb. 13: Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten, Durchmesser und Drehzahlen beim Bohren von PLEXIGLAS®

Bei dickwandigem Material, bei tieferen Bohrungen und Sacklöchern sollte, wenn der Vorschub mit der Hand vorgenommen wird, der Bohrer wiederholt „gelüftet“ werden, um Überhitzung auszuschließen. Bohrungen in Drehteilen oder in langen Werkstücken lassen sich vorteilhaft auf Drehbänken herstellen.

3.2 Spezialbohrer und Senker

Spezialwerkzeuge sind für PLEXIGLAS® zu empfehlen, wenn neben der normalen Werkstattarbeit – beispielsweise an der Baustelle – an Formteilen oder eingebauten Teilen mit der Handbohrmaschine gearbeitet wird. Ihre konstruktiven Eigenschaften tragen dazu bei, dass das Material nicht flattert oder einreißt.

Die gebräuchlichen Spezialbohrer und Senker sind:

a) Stufenbohrer

Dieser einschneidige Bohrer arbeitet rattermarkenfrei und garantiert eine saubere riefenfreie zylindrische Bohrung. Mit der jeweils nächsten Bohrstufe wird das Loch zugleich angefast und die Wirtschaftlichkeit des Arbeitsvorgangs erhöht.

b) Kegelbohrer

Es entstehen leicht konische Bohrungen, aber das „Ausmuscheln“ des Bohrlochs an der Austrittseite wird verhindert. Dreischneidige Ausführung.

c) Spezialsenker

Eignet sich besonders zum Entgraten vorhandener Löcher, gute Spanführung durch schräge Bohrung, keine Rattermarken, einschneidig.

d) Fräsbohrer

Mit ihm können sehr einfach auch Langlöcher herausgearbeitet werden.

e) Bohrseker

Dieser mehrschneidige Senker empfiehlt sich beim Entgraten, Anfasen und Senken.

Bei allen Spezialbohrern muss auf die einwandfreie Beschaffenheit ihrer Spitze geachtet werden.

Die Drehzahlen dieser Werkzeuge unterscheiden sich meist deutlich von denen der Spiralbohrer. Die Werkzeuge

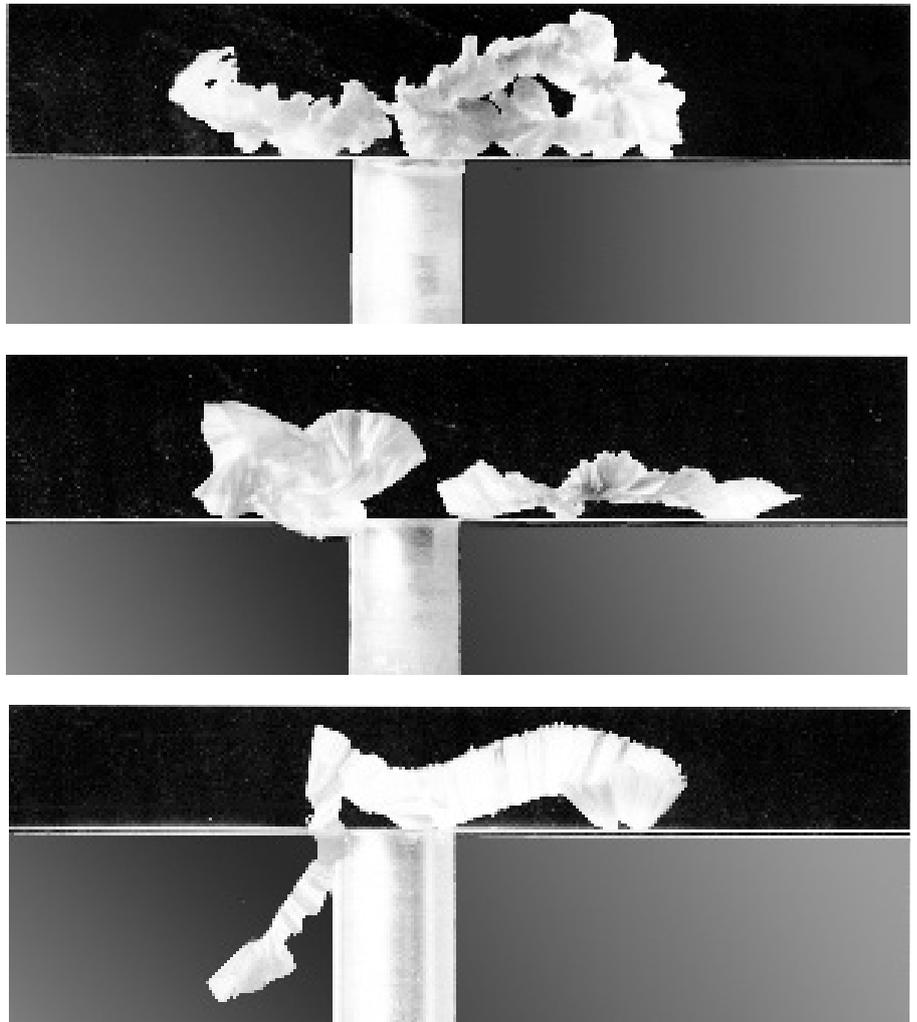


Abb. 14: Verschiedene Späne

a), b), c), e) werden bei allen Werkstoffen dem Einzelfall angepasst **langsam** laufend verwendet. Beim Typ d) sind dagegen – dem Fräsen ähnlich – Drehzahlen oft oberhalb 10.000 U/min üblich.

3.3 Auskreisen

Große Bohrungen in dünnen Platten lassen sich bei PLEXIGLAS® mit folgenden Werkzeugen herstellen:

- Kreisschneider (Abb. 16)
- Sägeglocke und Lochsäge (Abb. 17)
- Fingerfräser (Abb. 18) in Fräsmaschine oder vergleichbarer Maschine mit drehbarem Spannteller.

Besonders beim Auskreisen ist die Schnittgeschwindigkeit dem jeweiligen Einzelfall anzupassen. Verwendet werden handelsübliche Werkzeuge, wie sie auch bei der Metallverarbeitung eingesetzt werden.

Bei PLEXIGLAS® XT ist Wasserkühlung vorteilhaft, wenn mit der Sägeglocke oder der Lochsäge gearbeitet wird.

Kreisschneider müssen für PLEXIGLAS® einen Spanwinkel von 0° aufweisen. Wie beim Bohren, ist es auch beim Auskreisen dünner Platten vorteilhaft, sie mit einer festen, planen Unterlage zusammenzuspannen, um an der Schnittfläche auch eine saubere Unterkante sicherzustellen.

Auskreisungen bis ca. 60 mm Durchmesser können mit einer **Sägeglocke** oder **Lochsäge** vorgenommen werden. Beide haben gegenüber dem Kreisschneider den Vorteil, dass sie auch in Verbindung mit einer Handbohrmaschine zu verwenden sind.

Der Mittelpunkt der Auskreisung wird normalerweise mit einem Zentrierbohrer vorgebohrt, so dass sich der Auskreisvorgang stabilisiert.

Das Auskreisen mit einem Fingerfräser wird mit hochtourig laufenden Fräsmaschinen (ab ca. 10.000 U/min) vorgenommen oder mit einfacheren Vorrichtungen, die mit einem (Hand-) Fräsmotor ausgerüstet sind. Mit diesem Werkzeug können in planes Material große Löcher gefräst oder – da keine Zentrierbohrung erforderlich ist – runde Scheiben herausgearbeitet werden. Voraussetzung ist, dass die Maschinen mit drehbaren Tischen ausgerüstet sind. Das Aufspannen der Platte erfolgt mechanisch oder durch Ansaugen mit Vakuum. Auf jeden Fall muss eine feste Verbindung sichergestellt sein, denn nur so wird ein Flattern oder Einreißen des Materials vermieden.

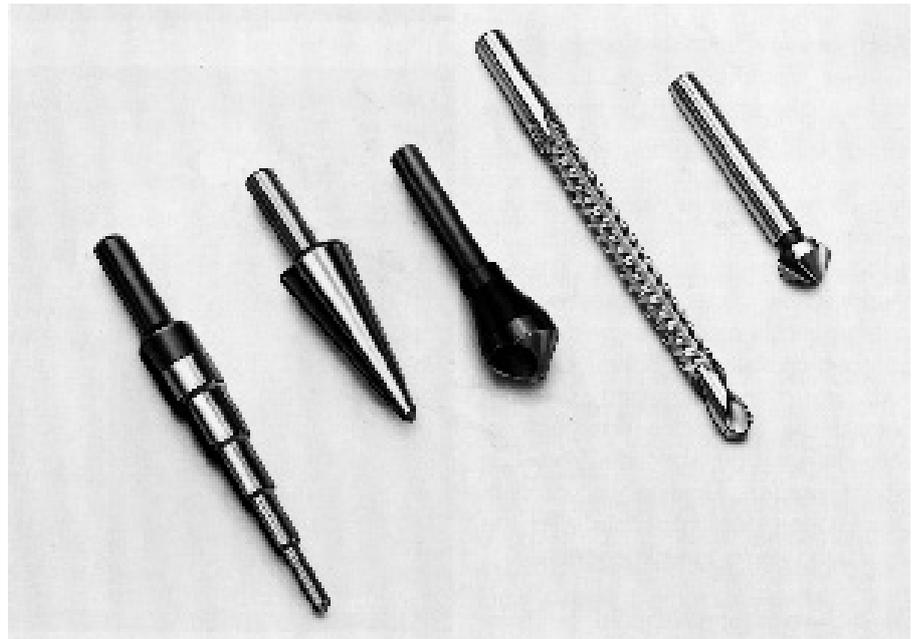


Abb. 15: Verschiedene Spezialbohrwerkzeuge (siehe Erläuterungen im Text)

3.4 Gewindeschneiden

Zum Schneiden von Innen- und Außengewinden in PLEXIGLAS® werden die handelsüblichen Gewindebohrer und Schneideisen eingesetzt.

Bei PLEXIGLAS® sind acrylglasverträgliche Kühlschmierstoffe empfehlenswert.

Auch beim späteren Verschrauben muss unbedingt darauf geachtet werden, dass beispielsweise die Metallschrauben keinen Ölfilm haben oder das Öl kunststoffverträglich ist. In Innengewinden ist die Verwendung von Kunststoff-Schrauben, z. B. aus Polyamid, vorteilhaft.

Grundsätzlich besteht für alle Kunststoffe beim Gewindeschneiden Bruchgefahr durch Kerbwirkung. Dies gilt besonders für extrudiertes Acrylglas; daher bei PLEXIGLAS® XT besser vermeiden. Deshalb sollte die Befestigungsart der Verschraubung an in die Platten geschnittenen Gewinden nur dann gewählt werden, wenn keine andere – beispielsweise Kleben, Klemmen oder Verschrauben durch ein Durchgangsloch – möglich ist.

Die Kernbohrung wird etwa 0,1 mm größer ausgeführt als bei Stahl. Um den Verschleiß der Gewinde gering zu halten, bei ihrer Reparatur, oder um die Stabilität des Geräteteils zu erhöhen, ist es von Vorteil, das Innengewinde durch einen Gewindeeinsatz aus Metall zu verstärken, der mit unterschiedlichen Verfahren eingebracht werden kann.

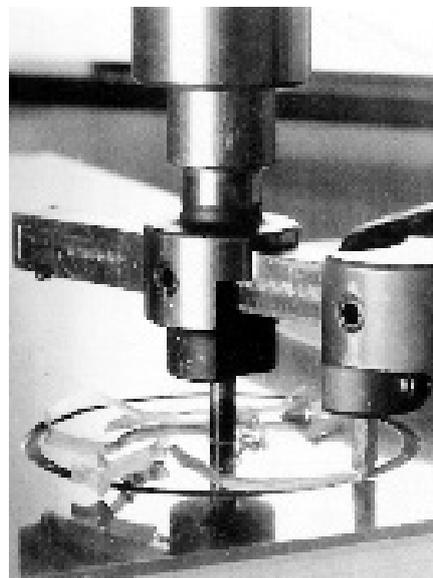


Abb. 16: Kreisschneider

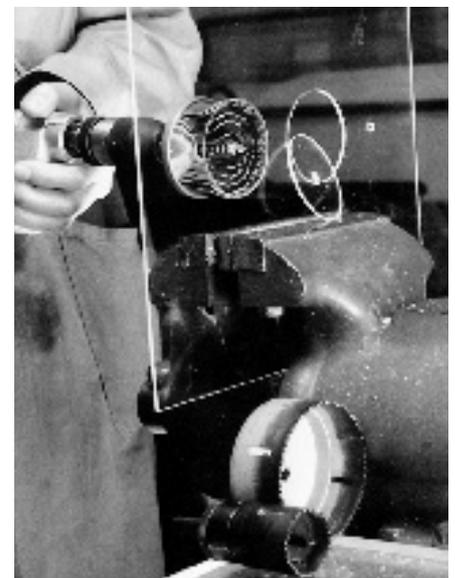


Abb. 17: Sägeglocke und Lochsäge

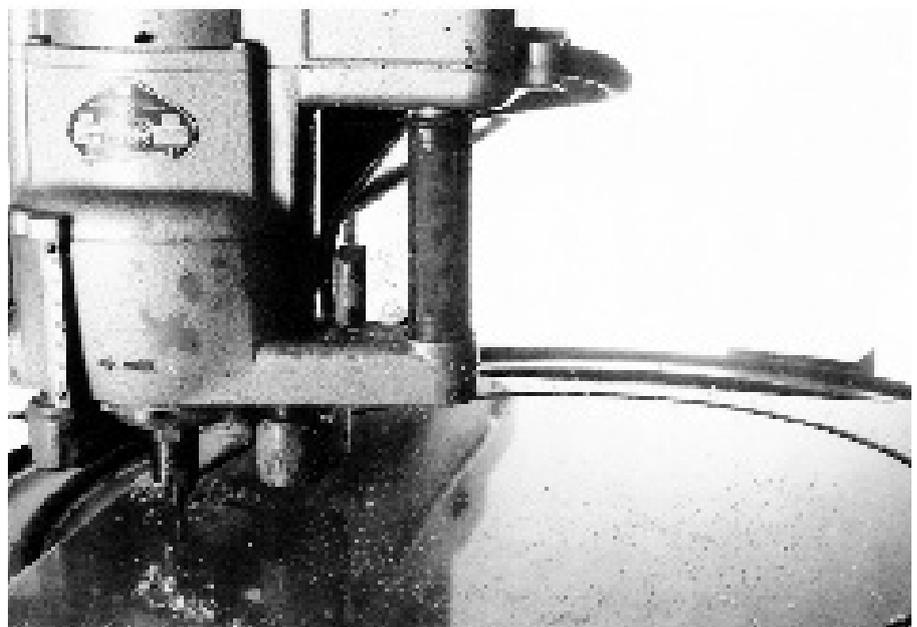


Abb. 18: Fingerfräser

4. Fräsen

Bei PLEXIGLAS® wird die Frästechnik angewendet, um Sägekanten oder Stanz- und Scherschnitte nachzuarbeiten, Rundungen bzw. Kurvenlinien zu erzeugen und Formteile zu besäumen.

Gegenüber dem Sägen werden dabei zwei Vorteile besonders deutlich:

Aus dem Plattenmaterial kann fast jeder beliebige Umriss sehr genau herausgearbeitet werden, ohne dass Ausbrüche an der Unterkante der Schnittstelle drohen. Die wesentlich bessere Schnittqualität reduziert außerdem den Aufwand für die Nachbearbeitung.

Zur Bearbeitung können grundsätzlich alle handelsüblichen Arten von Fräsmaschinen angewendet werden. Die Palette reicht von der einfachen Handfräsmaschine bis zum numerisch gesteuerten Automaten. Bei den Werkzeugen sind zwar auch mehrschneidige Walzenfräser üblich, doch sollten beim Fräsen mit kleineren Durchmessern stets ein- oder zweischneidige Fingerfräser mit guter Spanabführung eingesetzt werden, um eine hohe Schnittgeschwindigkeit und damit ein gutes Fräsbild zu erzielen. Bei mehrschneidigen Fräsern und hoher Schnittgeschwindigkeit besteht die Gefahr, dass sich die Zähne zusetzen. Allerdings muss bei einschneidigen Fräsern das Span-

futter mit Hilfe von Justierschrauben sorgfältig ausgewuchtet werden. Geschieht dies nicht, kann die Unwucht zu Rattermarken am Werkstück und/oder zu Schäden an der Maschine führen.

Abb. 19 zeigt, dass beim Fräsen gute Ergebnisse erzielt werden z.B. sowohl mit einem Besäumfräser von 8 mm Durchmesser bei 11000 U/min als auch mit einem Diamantfräskopf mit 90 mm Durchmesser, der mit 15.000 U/min arbeitet, da die jeweiligen Schnittgeschwindigkeiten dann noch im empfehlenswerten Bereich liegen. Zwar richtet sich die Wahl der Fräser nach der jeweiligen Bearbeitungsaufgabe, doch in jedem Fall ist sicherzustellen, dass folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

Schliff- und Arbeitsdaten	
PLEXIGLAS® GS und XT	
Freiwinkel α	2° bis 10°
Spanwinkel γ	0° bis 5°
Schnittgeschwindigkeit v_c	200 bis 4500 m/min
Vorschub f	bis 0,5 mm/U
Spantiefe a	bis 6 mm

Wie beim Sägen kommt es auch beim Fräsen auf die richtige Schneiden-Geometrie an. Mit den nachfolgend genannten Fräser-Typen lassen

sich einwandfreie Fräskanten beim Besäumen und Nutenfräsen bei PLEXIGLAS® XT erzielen, wobei gleiches für PLEXIGLAS® GS gilt.

Kennzeichen dieser zweischneidigen Voll-Hartmetall-Fräser (Abb. 22, a + b) ist für das Besäumen:

- der große Spanwinkel für gute Spanabfuhr
- und für das Nuten:
- eine Schneide bis Fräsermitte erleichtert das „Eintauchen-ins-Material“.

Zum Besäumen von Plattenpaketen (mit auf den Platten belassenen PE-Oberflächenschutzfolien) haben sich Fräser ohne Drall als optimal erwiesen, z.B. PLE CUT (Abb. 22, c). Mit diesem Fräser-Typ wird das Auseinanderspreizen der Einzelplatten vermieden.

Im Normalfall muss beim Fräsen von Acrylgläsern nicht gekühlt werden. Beim Einsatz von mehrschneidigen Werkzeugen größeren Durchmessers ist Kühlen vorteilhaft, bei Walzenfräsern oft erforderlich. Zu verwenden sind acrylglasverträgliche Kühlschmierstoffe.

Bei zahlreichen Verarbeitungsverfahren müssen die Plattenkanten angeschrägt oder angefast sein, beispielsweise beim Kleben mit Polymerisationsklebstoffen. Dies gelingt mit einem Fräser oft besser als mit einer schwenkbaren Kreissäge.

Auch bei Rohren ist Anfasen mit dem Fräser möglich (sinngemäß zu Abb. 20).

Nach dem Kleben oder Umformen müssen oft Wülste oder Flansche auf gleiche Breite abgearbeitet oder ganz entfernt werden. Auch dazu eignen sich Fräser mit entsprechenden Distanzrollen, z.B. Kugellagern, an denen das Werkstück entlang geführt wird (siehe Abb. 21).

Das Fräsen mit Diamantwerkzeugen ist zu empfehlen, wenn – ähnlich wie beim Polieren – hochglänzende Oberflächen erzielt werden sollen (siehe 7.2 Polieren).

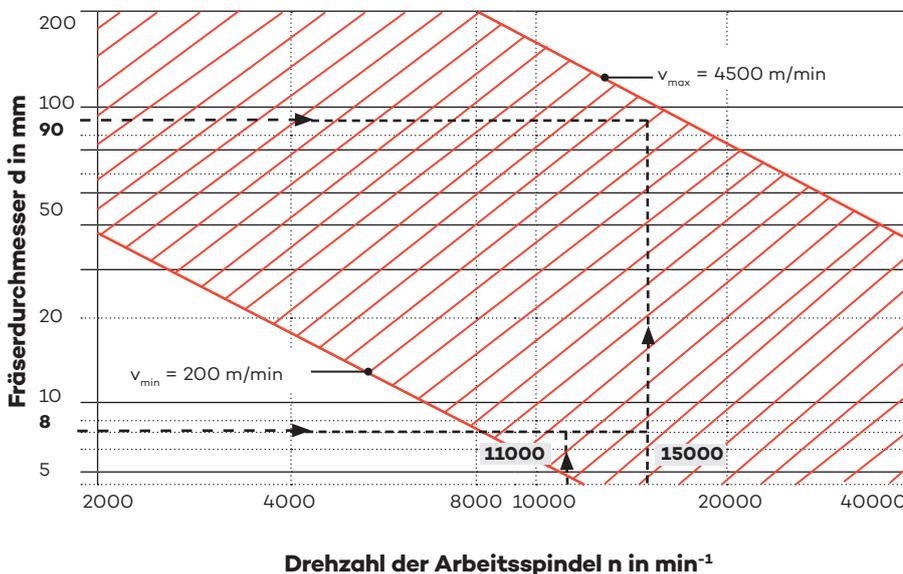


Abb. 19: Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten, Durchmesser und Drehzahlen beim Fräsen von PLEXIGLAS®

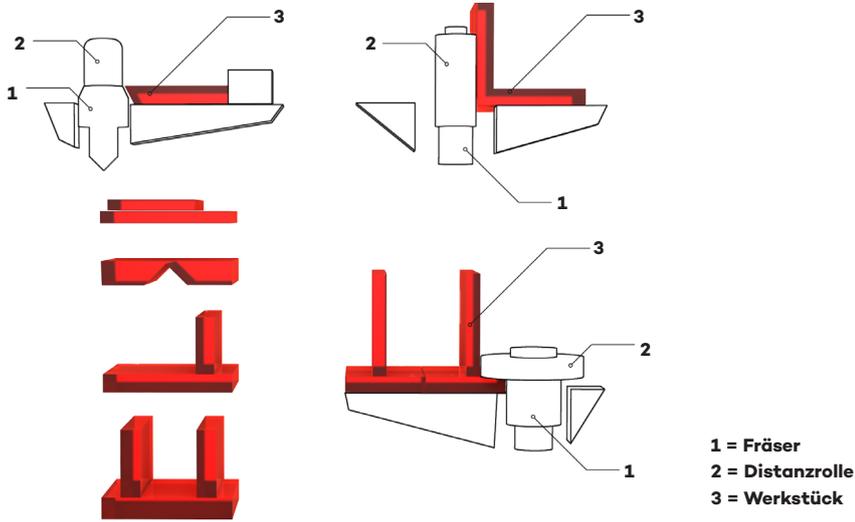


Abb. 20: Anfasen von Platten

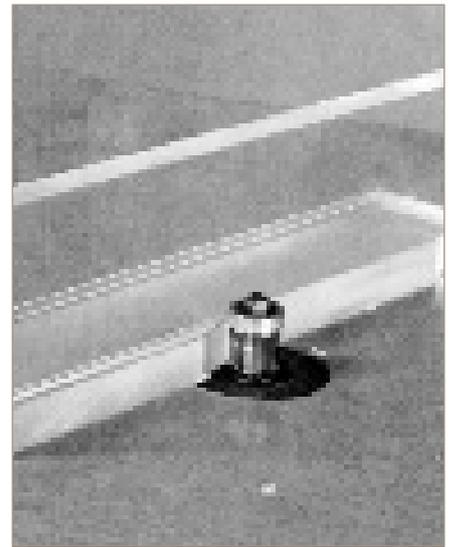


Abb. 21: Abfräsen von Klebewülsten

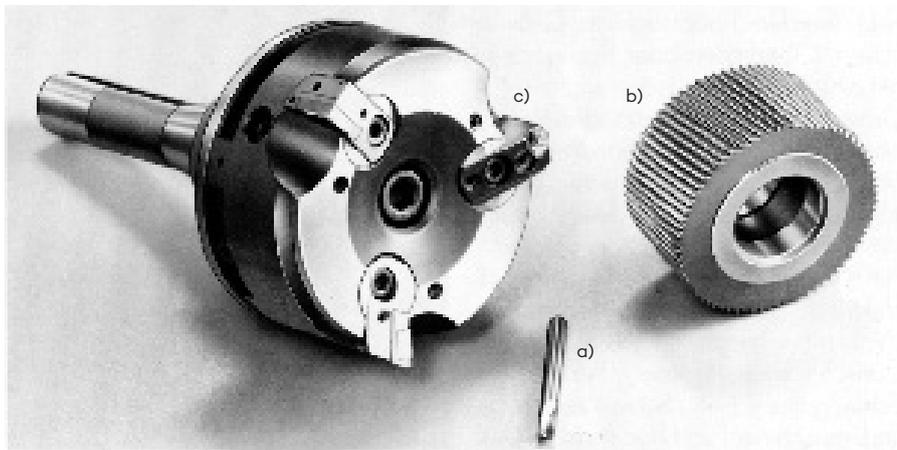


Abb. 24: Fräsen von PLEXIGLAS® mit Walzenstirnfräser; weitere verschiedene Fräser-Typen: a) Zweischnieder, b) Walzenfräser, c) Diamantfräser

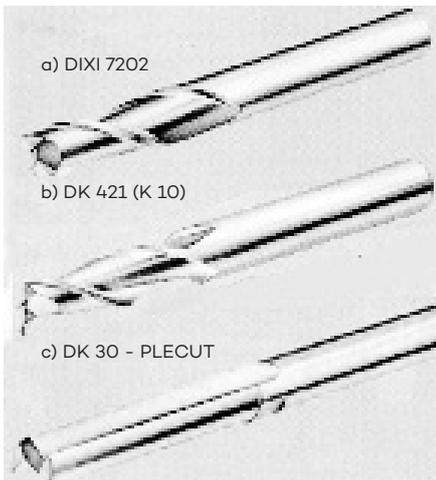


Abb. 22: Optimale Fräser zum Besäumen und Nuten

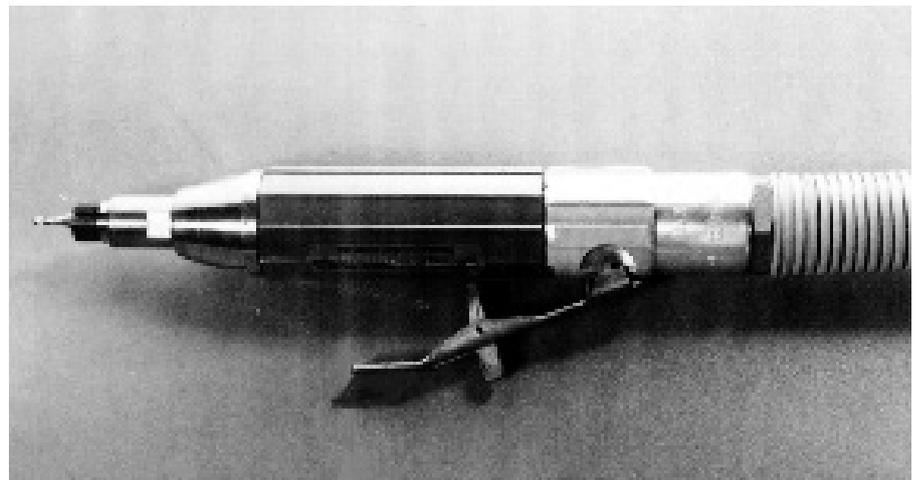


Abb. 23: Pneumatisch angetriebene Frässpindel

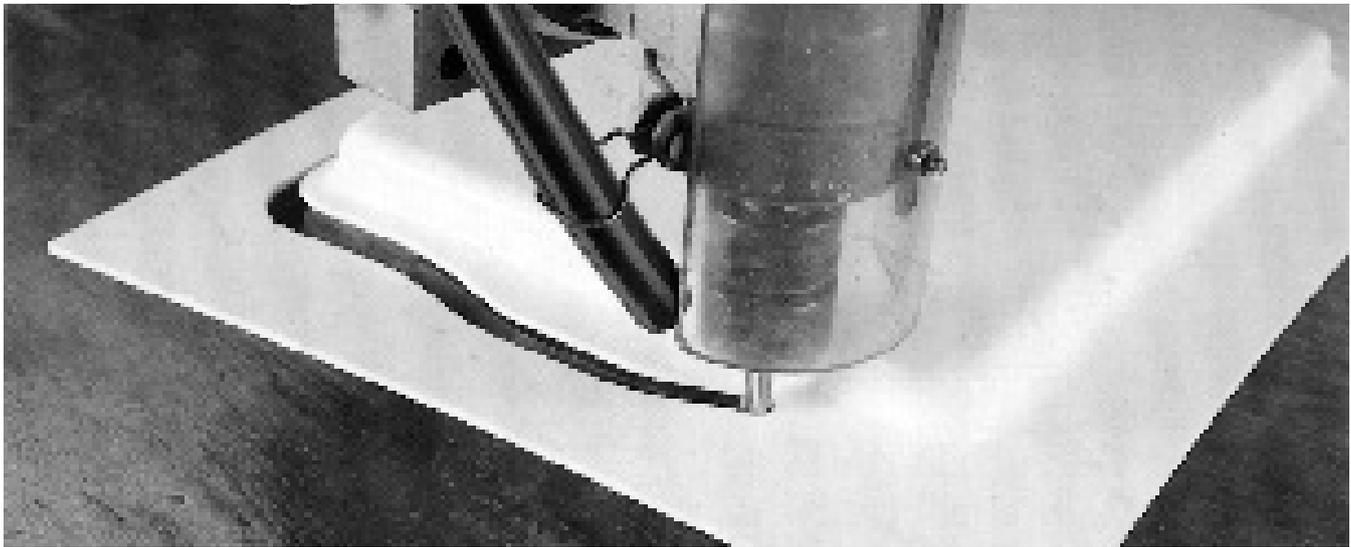


Abb. 25: Besäumen eines Formteils durch Kopierfräsen

4.1 Kopierfräsen

Zum Abrunden der Ecken, Ausschneiden von Kreisen, Buchstaben oder beliebig gestalteten Flächen werden Kopierfräsen eingesetzt. Bei Oberfräsen liegt die Schablone im allgemeinen unter dem Werkstück. Hier sind auch die Haltevorrichtungen (Anschlag, Ansaugbohrung für Vakuum u. a.) untergebracht. Die Schablone wird entweder an einem Führungsstift vorbeigeführt oder sie ist drehbar gelagert.

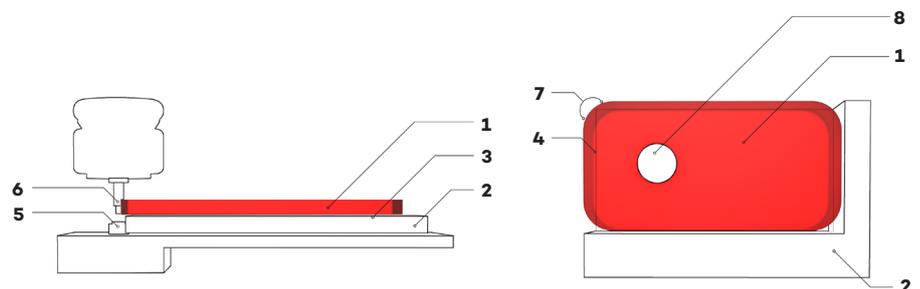


Abb. 26: Prinzipskizze zum Kopierfräsen mit einer Oberfräse
(Abrunden von Ecken: 1 = Werkstück, 2 = Aufnahme, 3 = Anschlag, 4 = Schablone, 5 = Führungsstift, 6 = Fräser, 7 = Arbeitsbereich des Fräasers, 8 = Vorschub)

4.2 Gravieren

Für industrielle oder handwerkliche Gravurarbeiten werden hauptsächlich Gravierfräsen, Oberfräsen oder Kopierfräsen mit einschneidigem Fräswerkzeug eingesetzt, die elektronisch oder von einem handgeführten Stab, beispielsweise in einer Schriftschablone gesteuert werden.

Für künstlerische Gravuren eignen sich elektrisch angetriebene biegsame Wellen, pneumatisch angetriebene Fräs- oder Schleifgriffel und hochtourige elektronische Diamantschreiber.



Abb. 27: Gravieren mit einer CNC-gesteuerten Portalfräsmaschine; einschneidiger Gravierstichel

5. Drehen

Zum Drehen von PLEXIGLAS® werden die auch in der Metallbearbeitung üblichen Drehbänke eingesetzt. Die **Schnittgeschwindigkeiten** sollten möglichst hoch sein, sie richten sich nach dem Werkstück und der Art der Drehbank. Als Richtwert gilt: **Schnittgeschwindigkeit zehnmal höher als bei Stahl**. Voraussetzung für ein gutes Schnittergebnis ist der einwandfreie Schliff des Drehstahls.

Wie beim Bohren zeigt auch beim Drehen ein zusammenhängender Span (Fließspan) an, dass Werkzeugschliff, Vorschub und Schnittgeschwindigkeit richtig gewählt und optimal aufeinander abgestimmt sind.

In allen Fällen sollten die Spitzenradien der Drehstähle mindestens 0,5 mm groß sein. Feingeschliffene Oberflächen werden mit einem rundgeschliffenen Drehstahl, bei hoher Schnittgeschwindigkeit, geringem Vorschub und minimaler Spantiefe erzielt. Diese Fläche kann dann ohne vorheriges Schleifen poliert werden.

Abb. 28 zeigt, dass bei einem Drehstück mit einem Durchmesser von beispielsweise 40 mm gute Arbeitsbedingungen vorliegen, wenn eine Schnittgeschwindigkeit gewählt wird, die zwischen den für eine übliche Drehbank typischen Drehzahl-Stufen von 224 bis 1250 U/min liegen.

Drehstähle mit Hartmetallaufgabe eignen sich gut zum groben Schruppen, die Spantiefe sollte jedoch 6 mm nicht überschreiten. Zum anschließenden Schlichten werden üblicherweise HSS-Werkzeuge verwendet. Dennoch entscheiden über die Oberflächengüte des Werkstücks nicht nur die Werkzeuge, sondern auch Schnittgeschwindigkeit und Vorschub.

Zum Kühlen kann ein acrylglasverträglicher Kühlschmierstoff eingesetzt werden.

Schliff- und Arbeitsdaten	
PLEXIGLAS® GS und XT	
Freiwinkel α	5° bis 10°
Spanwinkel γ	0° bis -4°
Anstellwinkel κ	ca. 45°
Schnittgeschwindigkeit v_c	20 bis 300 m/min
Vorschub f	0,1 bis 0,5 mm/U
Spantiefe a	bis 6 mm

Bei der Verwendung sorgfältig polierter Diamant-Werkzeuge auf völlig vibrationsfrei arbeitenden Präzisionsdrehbänken werden hochglänzende, einwandfreie Oberflächen erzielt. Die Schnittgeschwindigkeit kann höher sein

als beim Drehen mit anderen Werkzeugen. Bei dieser Präzisionsarbeit muss allerdings auf das sonst empfohlene Kühlen verzichtet werden, um optische Störungen zu vermeiden.

Rundscheiben aus Plattenmaterial (Abb. 29a und Abb. 30) werden sehr wirtschaftlich auf der Drehbank hergestellt: Rohzuschnitte zwischen Spannfutter und Reitstock zu einem Paket zusammenspannen und in mehreren Arbeitsgängen auf den gewünschten Durchmesser bringen.

Drehstahlbreite und Anstellwinkel richten sich nach der Scheibendicke. Für dünne Scheiben sollten breite Stähle mit kleinem Anstellwinkel verwendet werden. Auch zum Abstechen von Formrändern ist das Drehen in besonderem Maß geeignet (siehe Abb. 34).

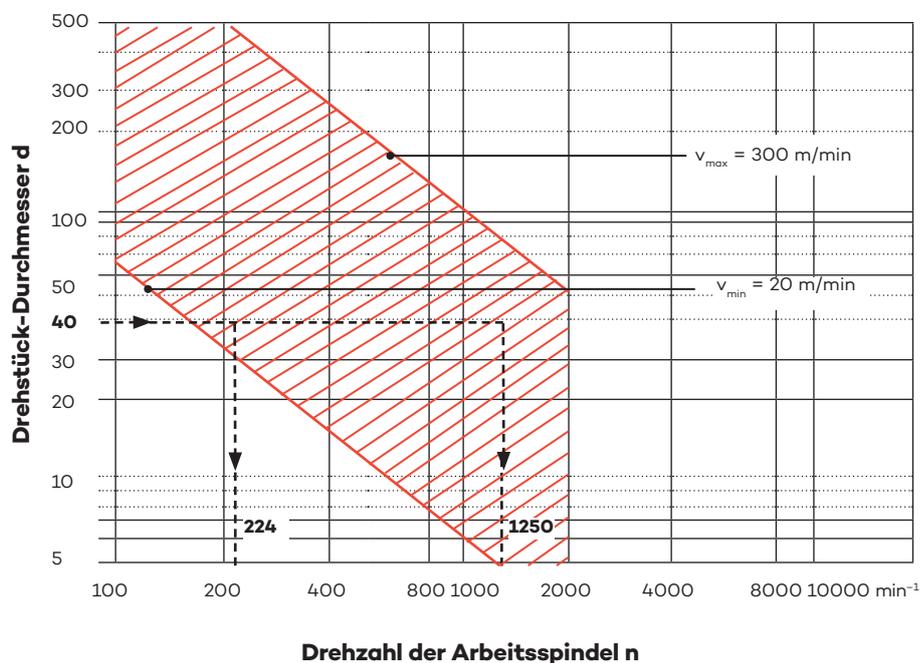


Abb. 28: Empfohlene Schnittgeschwindigkeiten, Werkstückdurchmesser und Drehzahlen beim Drehen von PLEXIGLAS®

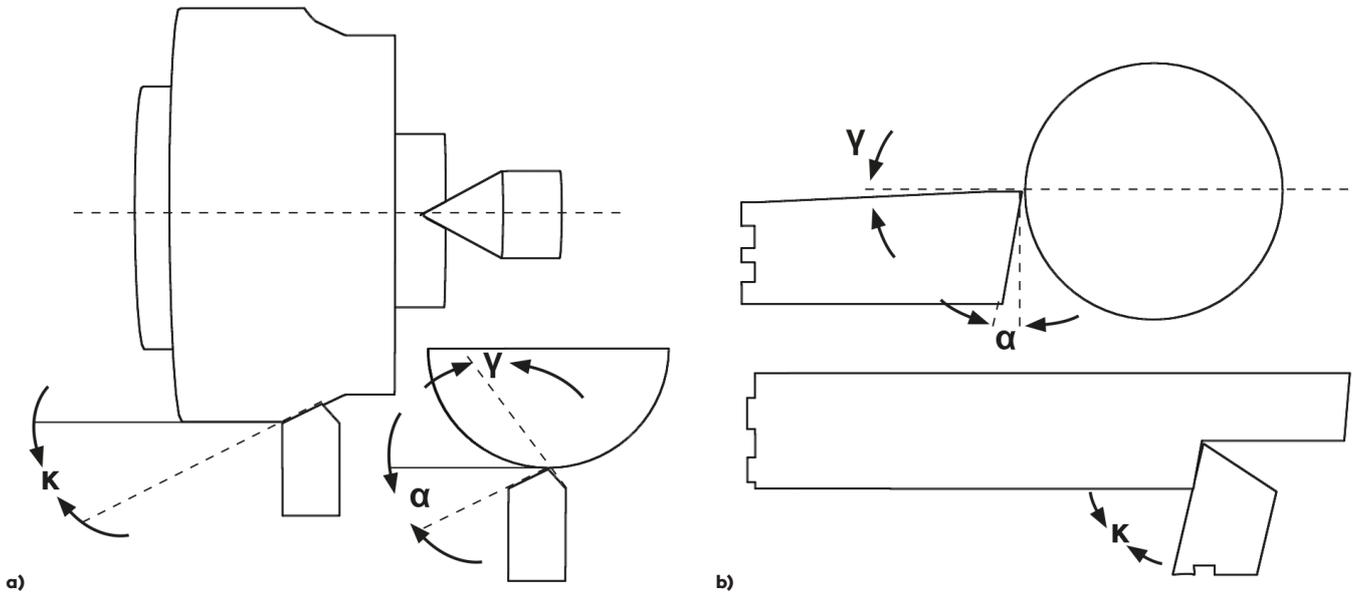


Abb. 29: Winkelbezeichnungen an Drehstäben



Abb. 30: Scheiben-Runddrehen zwischen Spannfutter und Reitstock

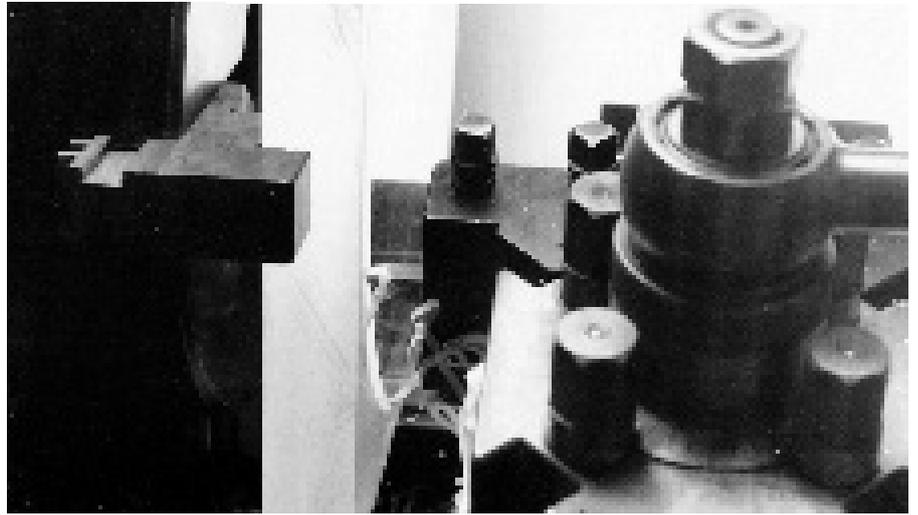


Abb. 31: Flächiges Abdrehen eines PLEXIGLAS® GS Blockes

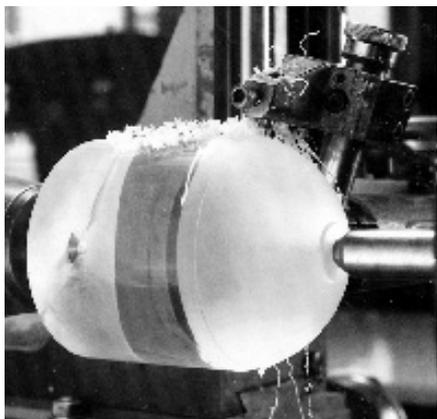


Abb. 32: Drehen einer Kugel aus PLEXIGLAS® GS Rundstab mit Kugeldrehvorrichtung

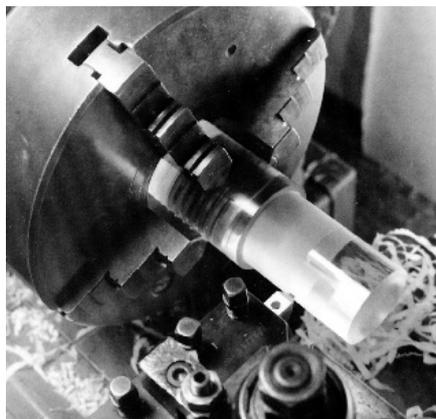


Abb. 33: Mit HSS-Drehstahl vorgearbeitetes Werkstück, mit Diamant poliert



Abb. 34: Abstechen des Formteil-Randes

6. Feilen-Abziehen-Hobeln

PLEXIGLAS® lässt sich mit allen üblichen Feilen und nicht zu groben Raspeln bearbeiten. Sie sollten zuvor nicht zur Metallbearbeitung verwendet worden sein. Die Auswahl der Werkzeuge richtet sich nach der auszuführenden Arbeit, z.B. Schruppen oder Schlichten.

Zum Entgraten gesägter, gefräster oder gedrehter Teile werden auch Dreikantschaber und Ziehklingen verwendet, vor allem, wenn dünne Kanten nachbearbeitet werden sollen.

PLEXIGLAS® lässt sich auch auf Abrichthobelmaschinen, wie sie in der Holzverarbeitung eingesetzt werden, bearbeiten.

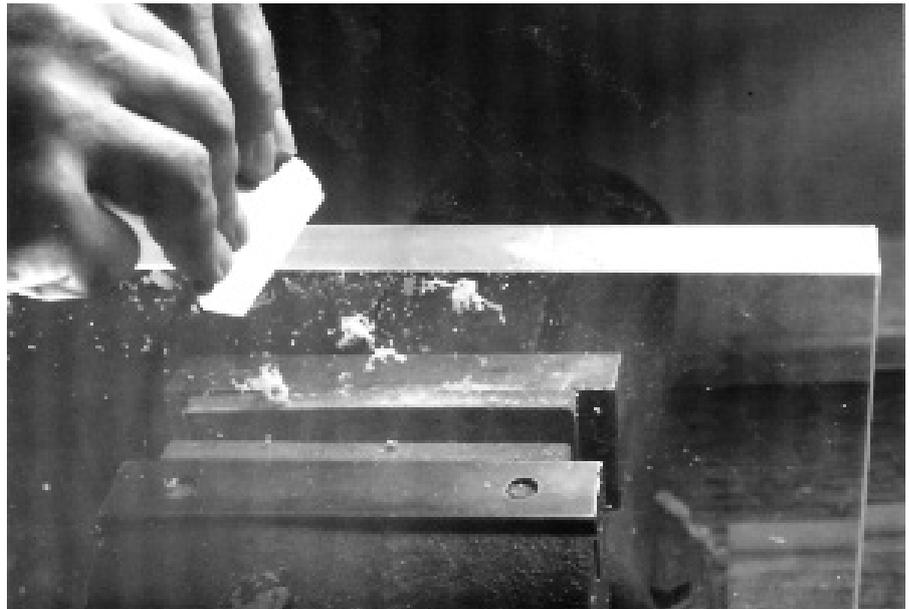


Abb. 35: Abziehen von PLEXIGLAS® mit Ziehklinge



Abb. 36: Glätten der Kanten mit Abrichthobel

7. Schleifen und Polieren

Durch Schleifen und anschließendes Polieren erhalten nach der spanenden Bearbeitung aufgeraute und daher matte PLEXIGLAS® **Schnittkanten** wieder eine hochglänzende, durchsichtige Oberfläche.

Auch stark verkratzte oder verschrammte **Flächen** lassen sich so aufarbeiten. **Partielles Polieren, besonders wenn vorher geschliffen wurde, verändert durch den damit verbundenen Materialabtrag die Oberfläche und bleibt optisch erkennbar.**

Auch Produkte mit beschichteter Oberfläche, z. B. No Drop, Alltop, Heatstop oder Spiegel, dürfen auf der Fläche weder geschliffen noch poliert werden, um deren Vergütung nicht zu verletzen.

7.1 Schleifen

Um Wärmespannungen im Werkstück und das Zusetzen der Reibflächen zu vermeiden, sollte stets nass geschliffen werden. Bei der Auswahl der Körnung des Schleifmittels entscheidet die Tiefe der Bearbeitungsspuren oder Kratzer: Je tiefer die Bearbeitungsspuren, desto gröber die Körnung. Der Schleifvorgang erfolgt in der Regel in mehreren Stufen mit immer feinerer Körnung. Zweckmäßig ist es, in drei Stufen vorzugehen:

1. grob, Körnung 60,
2. mittel, Körnung 220,
3. fein, Körnung 400 bis 600.

Grundsätzlich muss jeder Schleifvorgang die Spuren des vorangegangenen gänzlich beseitigen.

Das Schleifen kann von Hand mit Schleifpapier oder beschichtetem Schleifklotz erfolgen. Kreisende Bewegungen sind dabei zweckmäßig.

Bei **maschinellem Schleifen**, beispielsweise mit rotierenden Schleiftellern, Schwingschleifern oder Bandschleifmaschinen (Bandgeschwindigkeit ca. 10 m/s) sollte das Werkstück leicht bewegt, nicht zu lange und zu fest aufgedrückt

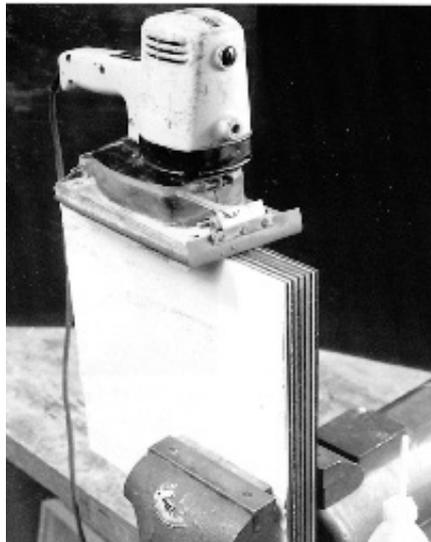


Abb. 37: Schleifen der Kante eines Zuschnittpakets mit Schwingschleifer

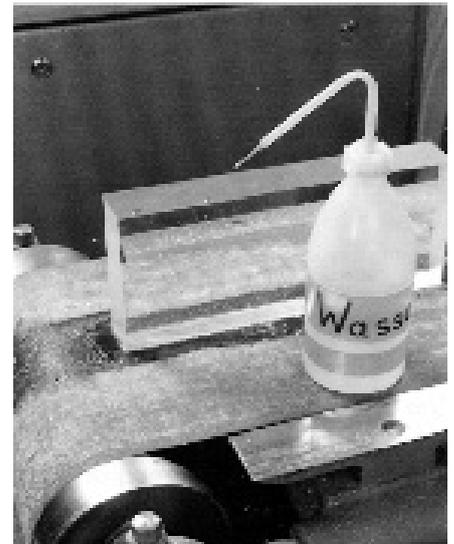


Abb. 38: Nassschleifen auf einer Bandschleifmaschine

werden (trotz **Nassschleifen**), da durch die dabei entstehende Reibungswärme Spannungen und Oberflächenschäden auftreten können.

Insbesondere bei Drehteilen oder nicht planen Oberflächen kann auch mit feiner Stahlwolle, z. B. Typ 00, nass gearbeitet werden.

Beim mechanischen Aufräumen der Oberfläche durch **Schleifen** (vor dem Polieren) oder **Mattieren** durch Sandstrahlen werden die Oberflächen schmutz- und griffempfindlich. (Ausführliche Informationen darüber enthält „Verarbeitungs-Richtlinien, Oberflächenbehandeln“, Kapitel 5).

7.2 Polieren

Bei PLEXIGLAS® GS und PLEXIGLAS® XT kann die Schnittkante problemlos poliert werden. Das Polieren der Fläche ist – wie bereits erwähnt – weniger empfehlenswert. Bei PLEXIGLAS® GS und XT stehen drei Verfahren zur Verfügung:

- Polieren mit Band, Schwabbel-scheibe oder Tuch,
- Flampolieren und
- Diamantpolieren.

Üblicherweise werden zum Polieren Wachse und Pasten verwendet, es ist aber auch mit handelsüblicher Autopolitur möglich.

Unmittelbar nach der Bearbeitung sind die Spuren sämtlicher Poliermittel sorgfältig zu entfernen bzw. mit Wasser abzuspülen. Daher ist es vorteilhaft, wasserlösliche Pasten zu verwenden, z. B. „Acrylgas POLIER & REPAIR Paste“ von Burnus.

Da beim Polieren mit sehr weichen Werkstoffen – **Filzband, Stoffschwabbel-Scheibe** oder **Handschuhstoff** – gearbeitet wird, muss die zu polierende Oberfläche feingeschliffen sein. Fehlt diese Voraussetzung, wird die Oberfläche zwar glänzend, Bearbeitungsriefen und Kratzerspuren bleiben jedoch sichtbar. Bei der Kantenbearbeitung reicht das Schlichten mit einem Schaber oder einer Ziehklinge („Abziehen“), wenn anschließend auf einem Filzband poliert werden kann.

Wie beim Schleifen, gilt auch hier: **Das Material nicht zu lange und zu stark an das Polierwerkzeug drücken.**

Nur so wird eine reibungsbedingte Überhitzung der Werkstoffoberfläche und damit eine thermische Schädigung bzw. das Entstehen von Oberflächenspannungen (und somit Rissen) verhindert. Im Einzelfall kann es sinnvoll sein, das Material nach dem Polieren spannungsfrei zu tempern (siehe 8 Tempern).

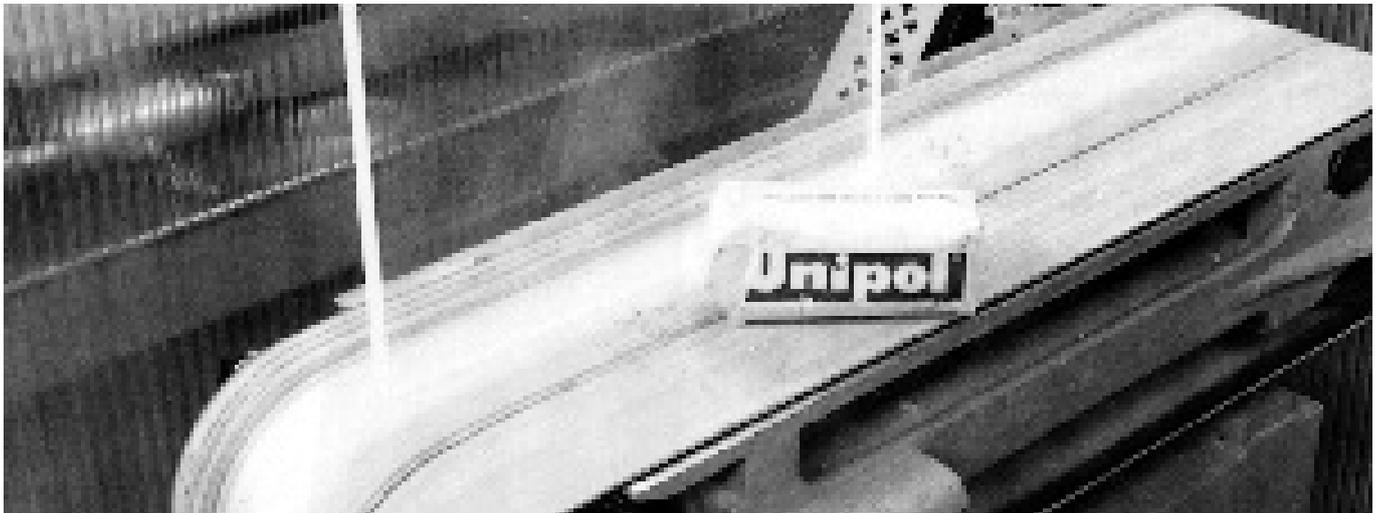


Abb. 39: Polieren am Filzband



Abb. 40: Polieren an der Stoffschwabbelscheibe

Poliert wird im allgemeinen mit einem Filzrollband oder einer rotierenden Stoffschwabbelscheibe unter Verwendung von besonderen Polierwachsen. Die Brillanz der Oberfläche kann noch erhöht werden, wenn per Hand mit einem besonders weichen und nicht fasernden Material (Handschuhfutterstoff) oder mit Watte und Poliermilch nachgearbeitet wird.

Kanten und kleine Teile werden vorzugsweise auf **Filzbändern** poliert. Hier können sie besser gehalten bzw. geführt werden als an der größeren, rotierenden Stoffschwabbelscheibe. Das Werkstück muss beim Polieren ständig kreisend bewegt werden, so dass Unebenheiten der Filzbänder oder der Stoffschwabbelscheibe keine Schäden am Material verursachen. Die Geschwindigkeit des Filzbandes sollte ca. 20 m/s betragen, also doppelt so schnell als beim Schleifen sein.

Bei größeren Stückzahlen sind Polierautomaten besonders zu empfehlen, wenn es auf scharfe Ecken und Kanten ankommt, beispielsweise bei der Herstellung von Bilderwürfeln.

Die **Stoffschwabbelscheibe** eignet sich sehr gut zum Polieren großer auch gekrümmter Flächen. Das rotierende Stoffpaket besteht aus Nessel und/oder Flanell, deren Stofflagen möglichst locker angeordnet sind, um Reibungswärme durch Ventilation gut abzuführen. Vor dem Polieren wird etwas Wachs auf die rotierende Schwabbelscheibe aufgetragen. Die Polierscheibe sollte stets frei von altem, hart gewordenem Wachs sein. Zum „Abziehen“ kann ein altes Handsägeblatt verwendet werden. Die Umfangsgeschwindigkeit der Stoffschwabbelscheibe liegt zwischen 20 und 40 m/s.

Eine weitere Möglichkeit der Endbearbeitung von Schnittkanten bei PLEXIGLAS® GS und PLEXIGLAS® XT

ist das **Flamppolieren**. Zwar entfällt hier das Schlichten als zusätzlicher Arbeitsgang, doch müssen die Kanten frei von Rückständen, wie anhaftende Späne oder Handschweiß, sein. Nach dem Flamppolieren sind in der Regel die Riefen des vorangegangenen Sägens oder FräSENS noch zu erkennen. Die gegenüber der Schwabbelscheibe höhere Wirtschaftlichkeit des Flamppolierens kann also immer dann genutzt werden, wenn an das Polierergebnis keine allzu hohen Anforderungen gestellt werden, insbesondere bei den am häufigsten verwendeten farblosen und dünneren Materialien. Die gegebenenfalls durch das Flamppolieren entstehenden zu hohen Oberflächenspannungen schließen dieses Verfahren bei dickeren Platten meist aus. Flamppolieren kann bei stark eingefärbten Platten schwierig sein und zu einem matten Finish oder einer Verfärbung führen.



Abb. 41: Diamantpolieren

Polieren von PLEXIGLAS®				
Verfahren	'klassisch': Nassschleifen + Schwabbel/Filzband	Flammpolieren	Diamantpolierfräsen	Polierpflegen (Polierpaste)
Oberflächenqualität	sehr gut	mäßig	gut bis sehr gut	sehr gut
Spannungszustand	mittel	sehr hoch	mittel	niedrig
Zeitaufwand	hoch bis sehr hoch	niedrig	niedrig	niedrig bis hoch
Investition	mittel	hoch	sehr hoch	niedrig

Wird nicht sorgfältig gearbeitet, kann es auch zu einem „Überschlagen“ der Flamme auf die Werkstückfläche hinter der Schnittkante und damit zu thermisch bedingten Materialspannungen kommen. Sie können bei der weiteren Bearbeitung oder im späteren Einsatz Rissbildung hervorrufen, wenn sie z.B. mit Klebstoff- und Lacklösmitteln oder mit Reinigungssubstanzen in Verbindung kommen. Um dies zu vermeiden, ist auch hier in bestimmten Fällen Tempern unabdingbar (siehe 8 Tempern).

Es gibt Halbautomaten zum Flammpolieren von geraden Kanten planer Platten in unterschiedlichen Längen. Dabei speist ein Acetylen-/Sauerstoff-Gemisch die Polierflamme. Acetylen-/Pressluft-Gemische führen zu weniger guten Polierergebnissen.

Die Ausführung des Brenners und seiner Spitze ist von Fall zu Fall der jeweiligen Aufgabe eventuell durch Vorversuche anzupassen.

Zum manuellen Flammpolieren, beispielsweise von geschwungenen Schnittkanten an Fertigteilen oder der Innenwand von Bohrungen, werden Tischgeräte eingesetzt, deren Flamme durch ein Wasserstoff-/Sauerstoffgemisch entsteht.

Beim **Diamantpolieren** von PLEXIGLAS® entfällt das vorausgehende Schlichten. Zerspanen und Polieren erfolgt in einem Arbeitsgang. Verwendet werden Fräsmesserköpfe, die mit mindestens zwei Diamantschneiden besetzt sind, oder diamantbestückte Drehstähle. Auf gute Spanabführung ist zu achten. Das Werkzeug sollte immer einer Werkstoffgruppe, z.B. PLEXIGLAS®, vorbehalten bleiben.

Erforderlich ist der Einsatz hochwertiger Präzisionswerkzeuge und Maschinen, in die das Werkstück eingespannt bzw. in denen es bewegt wird. An- und Nachschliff sowie das Einstellen der Diamantschneiden sind stets vom Hersteller vorzunehmen.

Die Maschine muss völlig schwingungsfrei arbeiten, um Resonanzlinien am Werkstück zu vermeiden. Diese Voraussetzungen erfüllen handelsübliche Kantenpolierfräsen.

Diamantpolieren erlaubt hohe Standzeiten, ist also für Serienfertigungen besonders zu empfehlen. Die beim Diamantpolierfräsen entstehenden scharfen Kanten sind zweckmäßigerweise mit einer Ziehklinge abzuziehen.

Bei mechanisch herausgearbeiteten Kleinteilen aus PLEXIGLAS® ist oft **Trommelpolieren** angebracht:

Die Werkstücke kommen in eine Trommelpolieranlage, in die zusätzlich Schleif-Pulver und Holzstücke in bestimmter Geometrie als Füllgut beigemischt werden. Nach normalerweise drei Arbeitsgängen – Feinschleifen (6 bis 24 Stunden) – Polieren (ca. 16 Stunden) – Finishen (ca. 12 Stunden) sind die behandelten PLEXIGLAS® Teile hochglänzend.

8. Tempern

Tempern bedeutet: Kunststoffteile aufheizen und langsam abkühlen.

Kunststoffe widerstehen selbst recht hohen Zugspannungen, solange nicht gleichzeitig korrosive Medien auf sie einwirken.

Ursachen für Zugspannungen sind beispielsweise:

- spanabhebende Bearbeitung, wie Sägen, Fräsen, Drehen und Schleifen,
- Warmformung, besonders Abkanten,
- unterschiedliche Erwärmung,
- Schrumpf von Klebstoffen,
- Deformation beim Befestigen (Klammern, Bohrungen, Schrauben),
- Schrumpf nach örtlicher Überhitzung durch falschen Werkzeugschliff oder Polieren,
- behinderte thermische Ausdehnung,
- herstellungsbedingte Eigenspannungen bei PLEXIGLAS® XT und besonders bei Rohren,
- äußere Belastungen.

Wirken zusätzlich korrosive Medien ein – zum Beispiel Lösungsmittel und Verdünnungen beim Kleben, Bedrucken oder Lackieren, Monomer-Dämpfe beim Laser-Schneiden oder Flammpolieren, Weichmacher aus PVC-Isolierungen, Dichtungen, Folien und aggressive Reinigungsmitteln – kann es zu **Rissbildungen** und Unbrauchbarkeit der Teile kommen, auch wenn diese Medien bei spannungsfreien Teilen keinen Schaden hervorrufen. **Deshalb muss das gleichzeitige Vorhandensein von Zugspannung und korrosivem Medium verhindert werden.**

Da die Verwendung schädlicher Substanzen während des Gebrauchs von vornherein nicht ausgeschlossen werden kann, gilt es, die Zugspannung durch „**Spannungsfrei-Tempern**“ zu beseitigen: In geeigneten Wärmeschranken werden die Teile aus PLEXIGLAS® je nach Dicke unterschiedlich lange Zeit auf Temperaturen unterhalb der Einweichungstemperatur erwärmt und danach langsam abgekühlt. Zu schnelles Abkühlen schafft eine kalte, steife Außenhaut; da das Material im Innern beim Abkühlen weiter schrumpft, entstehen neue Zugspannungen.

Es gelten folgende Temperbedingungen:

Temperaturen:

- PLEXIGLAS® GS: 80 °C (nicht umgeformte Teile bis maximal 100 °C)
- PLEXIGLAS® XT: 70 °C bis 80 °C (nicht umgeformte Teile bis maximal 85 °C)

Temperaturzeit:

- PLEXIGLAS® GS und
- PLEXIGLAS® XT:
Die Materialdicke in mm dividiert durch 3 entspricht der Temperaturzeit in Stunden, jedoch nicht unter 2 Stunden.

Abkühlung:

Die Abkühlzeit im Ofen in Stunden entspricht bei PLEXIGLAS® der Materialdicke in mm dividiert durch 4, die Abkühlgeschwindigkeit darf keinesfalls über 15 °C pro Stunde hinausgehen.

Die Entnahmetemperatur darf keinesfalls über 60 °C für PLEXIGLAS® liegen.

9. Reinigung und Pflege

Zum Reinigen und Pflegen von PLEXIGLAS® ist lediglich klares Wasser erforderlich. Bei stärkerem Verschmutzungsgrad sollte es erwärmt und eventuell ein nicht scheuerndes Haushaltsspülmittel beigegeben werden. **Trockenes Abreiben ist in jedem Fall zu vermeiden.** Vor dem abschließenden Trocknen, beispielsweise mit Schwamm, Fensterleder oder Handschuhfutterstoff, ist darauf zu achten, dass alle Schmutzpartikel entfernt sind.

Kunststoffe laden sich – besonders nach intensivem Reiben – elektrostatisch auf und können dann Staub anziehen. Daher wird für leichte Verschmutzungen unmittelbar oder nach intensiver Vorreinigung anschließend z. B. der „Antistatischer Kunststoff-Reiniger + Pfleger (AKU)“ von Burnus aufgesprüht und mit weichem Tuch nachgewischt, aber nicht trockengerieben. Die staubabweisende Wirkung bleibt über längere Zeit erhalten.

Fenster- oder Verglasungsflächen können mit einem Hochdruck-Sprühreinigungsgerät, eventuell mit Spülmittelzusatz gereinigt werden.



Abb. 42: Pflegemittel

NACHHALTIGKEIT

Die Sustainable Development Goals (SDGs), die von den Vereinten Nationen im Jahr 2015 beschlossen worden sind, haben alle ein Ziel: Bis 2030 sollen die Bewohner des Planeten Erde gleichermaßen ein Leben in Würde führen können.

Dazu haben die Vereinten Nationen 17 Ziele formuliert, die die globalen Nachhaltigkeitsanstrengungen unterstützen sollen. Die SDGs unterstützen uns als Unternehmen dabei, unsere Nachhaltigkeitsstrategie zu schärfen, Innovationen voranzutreiben, neue Geschäftschancen zu identifizieren und diese auch zu nutzen.

Die Produkte und Lösungen von Röhm leisten einen messbaren Beitrag zur Erreichung dieser Ziele. So übernehmen wir Verantwortung.



Röhm GmbH
Acrylic Products

Riedbahnstraße 70
64331 Weiterstadt
Deutschland

www.plexiglas.de
www.roehm.com

® = registrierte Marke

PLEXIGLAS ist eine registrierte Marke der Röhm GmbH, Darmstadt, Deutschland.

Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001 (Qualität) und DIN EN ISO 14001 (Umwelt)

Unsere Informationen entsprechen unseren heutigen Kenntnissen und Erfahrungen nach unserem besten Wissen. Wir geben sie jedoch ohne Verbindlichkeit weiter. Änderungen im Rahmen des technischen Fortschritts und der betrieblichen Weiterentwicklung bleiben vorbehalten. Unsere Informationen beschreiben lediglich die Beschaffenheit unserer Produkte und Leistungen und stellen keine Garantien dar. Der Abnehmer ist von einer sorgfältigen Prüfung der Funktionen bzw. Anwendungsmöglichkeiten der Produkte durch dafür qualifiziertes Personal nicht befreit. Dies gilt auch hinsichtlich der Wahrung von Schutzrechten Dritter. Die Erwähnung von Handelsnamen anderer Unternehmen ist keine Empfehlung und schließt die Verwendung anderer gleichartiger Produkte nicht aus.