

PERSPEX®
FROM LUCITE®

Workshop Handbook
Verarbeitungshinweise
Manuel d'atelier



LUCITE®
The source of inspiration

INHALT	SEITE
1.0 EINLEITUNG	2
2.0 EIGENSCHAFTEN VON PERSPEX FROM LUCITE	2
3.0 TECHNISCHE KONSTRUKTIONSDATEN	2
4.0 BRENNVERHALTEN	3
5.0 SCHUTZFOLIEN	3
6.0 LAGERUNG	3
7.0 VORBEREITUNG FÜR DIE VERARBEITUNG	3
7.1 Reinigung	4
8.0 SPANENDE VERARBEITUNG	4
8.1 Schneidwerkzeuge	4
8.2 Sägen	5
8.3 Ritzbrechen	6
8.4 Laserschneiden	7
8.5 Bohren	8
8.6 Schrauben und Gewindeschneiden	8
8.7 Drehen	9
8.8 Besäumen	9
8.9 Gravieren	9
8.10 Fräsen	9
8.11 Oberflächenbearbeitung	11
9.0 WARMFORMEN (ALLGEMEIN)	12
9.1 Warmformmethoden	16
9.2 Formen Mehrfacher Krümmungen	21
9.3 Vakuumformen	23
10.0 KLEBEN	24
11.0 BEDRUCKEN, LACKIEREN UND OBERFLÄCHENDEKORATION	25
12.0 SPANNUNGEN IN ACRYLGLASPLATTEN	25
12.1 Tempern	26
12.2 Normalisieren	26
13.0 SICHERHEIT	27
14.0 CHEMIKALIENBESTÄNDIGKEIT	28
15.0 SPRECHEN SIE MIT UNS	32
16.0 ANHANG	33
16.1 Namen und Adressen von Lieferanten	33

1.0 EINLEITUNG

Aus Perspex® from Lucite®-Acrylglasplatten lassen sich technische Präzisionskomponenten sowohl für Haushalts- als auch Industrieprodukte herstellen. Zu den typischen Anwendungen gehören Leuchttransparente, allgemeine Verglasungsanwendungen und Sicherheitsverglasungen, Dachlichter, Möbel, Beleuchtungskörper und zahlreiche Produkte für Medizin und Chemie.

Es gibt zwei Arten von Perspex®: gegossene und extrudierte Acrylglasplatten. Perspex GS gegossene Platten sind in verschiedenen Stärken und Farben erhältlich, darunter Blöcke und Oberflächenstrukturen. Extrudierte Platten, Perspex XT, sind als farblose Platten und in verschiedenen Opal- und eingefärbten Tönen sowie in schlagzäh-modifizierten Ausführungen erhältlich.

Zwischen gegossenen und extrudierten Perspex-Platten gibt es aufgrund der unterschiedlichen Molekularstruktur Eigenschaftsunterschiede. Sie können sich auf das Verarbeitungsverhalten auswirken. Das vorliegende Handbuch weist auf diese Unterschiede hin, sofern sie maßgeblich sind. Sonst kann davon ausgegangen werden, dass das Verarbeitungsverhalten für beide Produkte sehr ähnlich ist.

2.0 EIGENSCHAFTEN VON PERSPEX

- Außergewöhnliche Lichtdurchlässigkeit, praktisch keine Farbverzerrung – selbst im Blockformat.
- Hervorragende Witterungsbeständigkeit im Freien.
- Gute Schlagzähigkeit.
- Eine harte Hochglanzoberfläche.
- Hohe Zugfestigkeit und Steifheit.
- Einfach warmformbar auf konventionellen Werkzeugen.
- Einfach zu reinigen.
- Vollständig recycelbar.

3.0 TECHNISCHE KONSTRUKTIONSDATEN

Die langfristigen mechanischen Eigenschaften von Perspex from Lucite hängen von der Temperatur und den einwirkenden Spannungen ab. Bei der Konstruktion technischer Komponenten sind diese Faktoren zu berücksichtigen. **Tabelle 1** vermittelt eine Übersicht über die maximalen lang- und kurzfristigen Nennspannungen auf Basis mechanischer Bruchstudien, die technische Komponenten aus gegossenen Perspex-Acrylglasplatten unbeschadet überstehen.

Tabelle 1 Konstruktionsdaten für gegossene Perspex® from Lucite®-Acrylglasplatten bei 20° C.

EIGENSCHAFT	EINHEIT	KURZFRISTIG (6 STUNDEN)	LANGFRISTIG (10 JAHRE)
Zugfestigkeit (nicht exponiert)	kgf/cm ²	170	88
	MPa	17	8.6
	lbf/in ²	2500	1250
Zugfestigkeit (exponiert)	kgf/cm ²	140	70
	MPa	14	7
	lbf/in ²	2000	1000
Modul	kgf/cm ²	2.5 x 10 ⁴	1.3 x 10 ⁴
	GPa	2.5	1.2
	lbf/in ²	3.6 x 10 ⁵	1.8 x 10 ⁵
Poisson'sche Verhältniszahl		0.39	0.40

4.0 BRENNVERHALTEN

Perspex from Lucite ist ein brennbares Material und brennt weiter, wenn es entzündet wird. Gegossene Perspex®-Acrylglasplatten brennen nach der Entzündung ungefähr gleich schnell wie Hartholz. Anders als viele andere Kunststoffmaterialien gibt brennendes Perspex nur sehr wenig Rauch ab. Dies ist ein wichtiger Aspekt der Brandsicherheit.

Perspex from Lucite XT extrudierte Platten brennen ähnlich wie gegossene Platten, aber bei extrudierten Platten bilden sich nach einiger Zeit Tropfen, die weiterbrennen. Weitere Einzelheiten über da Verhalten von Perspex in zahlreichen internationalen Brandtests sind der Veröffentlichung **236, Verglasungen** zu entnehmen.

5.0 SCHUTZFOLIEN

Die Oberflächen von Perspex from Lucite sind zum Schutz bei Handhabung, Lagerung und Verarbeitung mit Folien abgedeckt. Gegossene Perspex-Acrylglasplatten sind beidseitig mit einer Polyethylen-Selbstklebefolie versehen.

6.0 LAGERUNG

Perspex from Lucite-Acrylglasplatten sollten möglichst lange senkrecht gelagert werden, ohne die Schutzfolie zu entfernen. Am besten werden die Platten in vertikalen Gestellen mit einer Breite von nicht mehr als 30 mm gelagert, die ausreichend Stabilität bieten. Die Platten können daraus ohne eine nennenswerte Beschädigungsgefahr entnommen werden. Horizontale Gestelle werden nicht für die Lagerung von Perspex-Platten empfohlen, weil Fremdstoffe die Folienoberfläche bei der Entnahme beschädigen können. Um eine Beschädigung der Schutzfolie zu verhindern, müssen alle Perspex-Platten in einem kühlen, gut belüfteten, trockenen Raum gelagert werden, in dem die Temperatur möglichst konstant gehalten wird.

7.0 VORBEREITUNG FÜR DIE VERARBEITUNG

Die Schutzfolie kann während der Verarbeitung vielfach auf der Platte verbleiben. Auf der Folie lassen sich auch Verarbeitungsmarkierungen anbringen. Die Folie muss vor dem Thermoformen entfernt werden, obwohl sie im Fall von extrudierten Perspex® from Lucite® XT-Acrylglasplatten oft auf der Platte belassen werden kann, vorausgesetzt die Platten werden nur leicht geformt und die Folie befindet sich in

einem guten Zustand. Kratzer, Schnitte oder andere Mängel hinterlassen auf der Plattenoberfläche Markierungen. Es ist folglich Sache des Kunden zu entscheiden, ob die Folie während des Warmformens auf der Platte gelassen oder entfernt werden soll.

7.1 Reinigung

Oberflächen von Artikeln aus Perspex® from Lucite® müssen gewöhnlich erst nach der Verarbeitung und vor der Verpackung gereinigt werden. Wenn jedoch ein Oberflächen-Dekorationsprozeß geplant ist, wie z.B. Vakuummetallisieren oder Siebdrucken, empfiehlt es sich, die zu dekorierenden Plattenoberflächen mit sauberem Wasser und Wildleder oder einem weichen Tuch abzuwaschen. Dies hat den Vorteil, dass Spuren statischer Aufladung nach Entfernung der Schutzfolie von der Platte entfernt werden, die anderenfalls Staub anziehen könnten. Für die Allzweckreinigung kann Perspex® einfach mit kaltem sauberem Wasser mit einem kleinen Reinigungsmittelzusatz gewaschen werden. Die Verwendung von Lösemitteln wie methylierten Alkoholen, Terpentin, Testbenzin oder Marken-Fensterreinigungsprodukten ist weder notwendig noch empfehlenswert.

8.0 SPANENDE BEARBEITUNG

Die Bearbeitungsbedingungen für gegossene Perspex from Lucite-Acryglasplatten sind ähnlich wie die für Weichmessing oder Hartaluminium, mit zwei wesentlichen Unterschieden.

1. Perspex erweicht beim Erwärmen auf Temperaturen über 80° C. Bei der spanenden Bearbeitung kann wesentliche Wärme entstehen und Spannungen verursachen, weshalb es wichtig ist, die Wärmeentwicklung auf ein Minimum zu reduzieren. Dies erzielt man am besten mit einem Kühlmittel, das auch als Schneidflüssigkeit fungiert und Späne aus dem Schneidbereich entfernt.
2. Perspex ist ein sprödes Material. Deshalb darf nur mit geringem Andruck und niedriger Vorschubgeschwindigkeit geschnitten werden. Verschiedene Kühlmittel können verwendet werden, einschließlich Wasser und Wasser-/Luftnebel, lösliche Öle und Druckluft. Lösliche Öle müssen als Öl- in Wasseremulsion vorliegen und dürfen keine Lösemittel enthalten, die eine Haarrissbildung verursachen können.

Bei der spanenden Bearbeitung, wie z.B. beim Bohren oder Schneiden von Perspex from Lucite, kann die Wärmeentwicklung Spannungen im Arbeitsstück erzeugen, die zu einer Haarrissbildung führen, d.h. zu einem Phänomen, das vielen Kunststoffmaterialien unter Spannungseinwirkung gemein ist. Die Gefahr der Haarrissbildung kann durch einfaches Tempern reduziert oder eliminiert werden, und es empfiehlt sich, alle spanend bearbeiteten Komponenten aus Perspex zu tempern. Auf Seite 28 wird der Temperprozess im Einzelnen beschrieben.

8.1 Schneidwerkzeuge

Um bei Perspex from Lucite eine hohe Oberflächengüte zu erzielen, müssen sämtliche Schneidwerkzeuge stets scharf sein. Die meisten für die Bearbeitung von Kunststoffen, Holz oder weichen Metallen konzipierten Handwerkzeuge eignen sich auch für Perspex®, mit Ausnahme von Laminatschneidgeräten, Fallmessern und Stanzwerkzeugen. Die meisten Elektrowerkzeuge können ebenfalls verwendet werden; mit HSS¹⁾-Werkzeugen lässt sich eine gute Schnittqualität herstellen. Für längere Arbeitsgänge sollten Wolframkarbid-bestückte Schneiden und -Werkzeuge verwendet werden, um eine längere Lebensdauer zu erhalten. Für genaue Arbeiten, insbesondere wenn ein sehr gutes Oberflächenfinish benötigt wird, eignen sich besonders diamantbestückte Werkzeuge für die spanende Bearbeitung von Perspex.

8.2 Sägen

Für kleinere Arbeiten kann Perspex® from Lucite® mit feingezahnten Handsägen, wie z.B. einer Schweif- oder Bügelsäge, getrennt werden. Das Arbeitsstück muss gut befestigt sein, und nur geringer Druck darf angewandt werden. Motorsägen mit jedem zweiten Zahn abgeschrägt, wie sie für Aluminium verwendet werden, werden besonders für das Sägen von Perspex empfohlen, ebenso wie Band-, Stich- und Schweifsägen. **Tabelle 2** vermittelt einen Überblick über die empfohlenen Sägebedingungen für Perspex.

Tabelle 2 Bedingungen für das Sägen von Perspex from Lucite

SÄGETYP	OPTIMALE SÄGEBLATT-GESCHWINDIGKEIT (ca.)	OPTIMALER SÄGEZAHNABSTAND		EMPFEHLUNG
		PLATTEN-STÄRKE	ZÄHNE/cm	
Bandsäge	1500 m/min	bis zu 3 mm 3-13 mm über 13 mm	6-8 4-5 1.5-2	Sägeführungen möglichst nahe zusammenhalten, um ein Verdrehen des Sägeblattes zu vermeiden
Kreissäge (hartmetall-bestückt)	3000 m/min	Alle Stärken	0.8-1.6	siehe Abbildung 1
Schweifsäge	nicht kritisch	bis zu 6 mm	5-6	Blatt zum Stillstand kommen lassen, bevor es aus der Schnittkerbe gezogen wird.

¹⁾ HSS = Werkzeugstahl-Schneiden

Abbildung 1 zeigt ein empfohlenes TCT²-Kreissägeblatt, das sich für das Schneiden von Perspex® from Lucite®-Acrylglasplatten eignet.

Abbildung 1 Ein für das Schneiden von Perspex® geeignetes Wolfram-Karbid-bestücktes Sägeblatt

Abbildung 1a

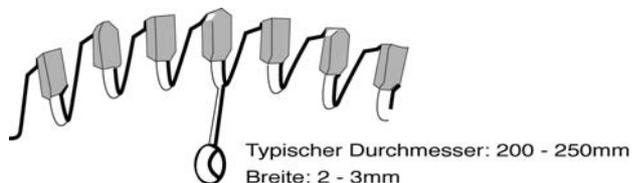


Abbildung 1b

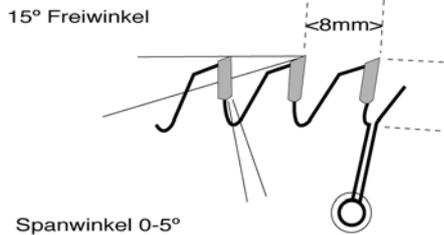
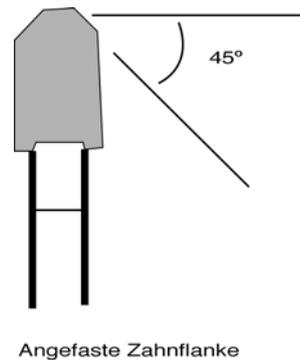


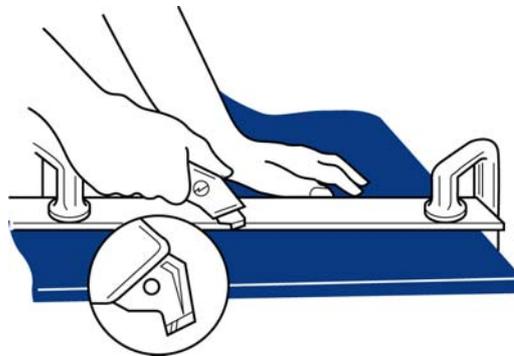
Abbildung 1c



8.3 Ritzbrechen

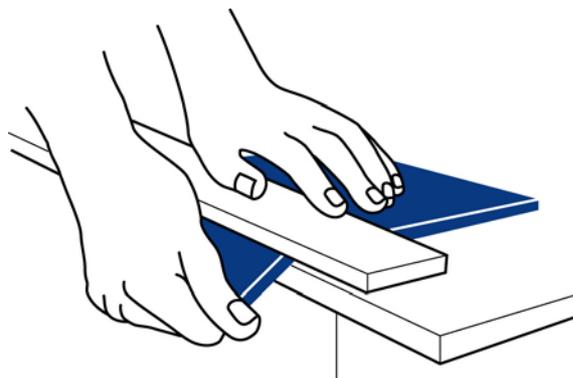
Perspex® from Lucite® -Platten bis zu 4 mm Stärke können geradlinig durch tiefe Ritzen an der Oberfläche mit einer scharfen Stahlreißnadel und anschließendes Brechen getrennt werden. Dabei wird die Platte so eingespannt, dass die Ritzspur oben liegt und genau entlang einer Werkbankkante führt. Die Technik, die für Perspex® XT IM-Platten nicht anwendbar ist, fordert einige Übung und eignet sich am besten für kleine Stücke aus dünnen extrudierten Platten. Ein geeignetes Anreißinstrument ist das STANLEY-Messer Nr. 5194. Die **Abbildungen 2 und 2a** zeigen den Vorgang im Einzelnen.

Abbildung 2 Ritzbrechen von Perspex



2) TCT Wolframkarbid-Schneiden

Abbildung 2a Brechen der eingeritzten Linie



8.4 Laserschneiden

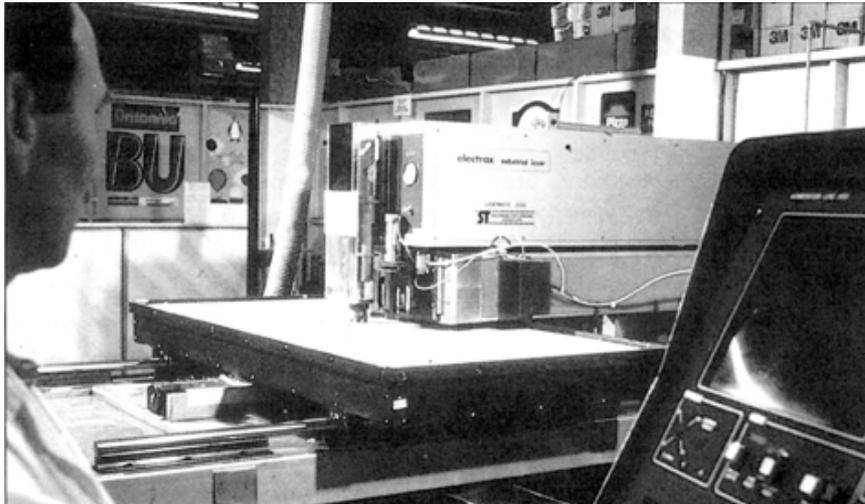
Perspex® from Lucite® kann mit Lasergeräten geschnitten werden (**siehe Abbildung 3**) und sehr komplizierte Profile können mit dieser Technik ausgeschnitten werden. Plattenstärken bis zu 25 mm können geschnitten werden, doch ist unter Umständen ein gewisses Experimentieren erforderlich, um ein optimales Kantenfinish bei Stärken über 12 mm zu erzielen. Um die Kante von Laser geschnittenem Perspex® können gewisse Spannungen entstehen, weshalb der Laserstrahl genau fokussiert werden muss. Wenn im Bereich einer Laser geschnittenen Kante geklebt oder oberflächendekoriert werden muss, ist es unter Umständen erforderlich, einen kurzen Temperzyklus durchzuführen (siehe unten), um die Gefahr einer Haarrissbildung entlang der Kante zu verhindern.

Unter Umständen ist es vorteilhaft, die obere Schutzfolie zu entfernen, um den Kantenpoliereffekt des Laserstrahls zu nutzen.

HINWEIS:

Beim Laserschneiden von Perspex wie von anderen Materialien ist es sehr wichtig, dass der Schneidkopf mit einem geeigneten Belüftungssystem versehen wird, um Spuren von unangenehmen oder sogar toxischen Verbrennungsdämpfen abzuführen. Im Zweifelsfall ist der Rat des Maschinenherstellers einzuholen. Vor dem Laserschneiden von Perspex sind die Sicherheitshinweise über Entflammbarkeit und Verbrennungsprodukte zu beachten (siehe Seite 28).

Abbildung 3 Laserschneidmaschine

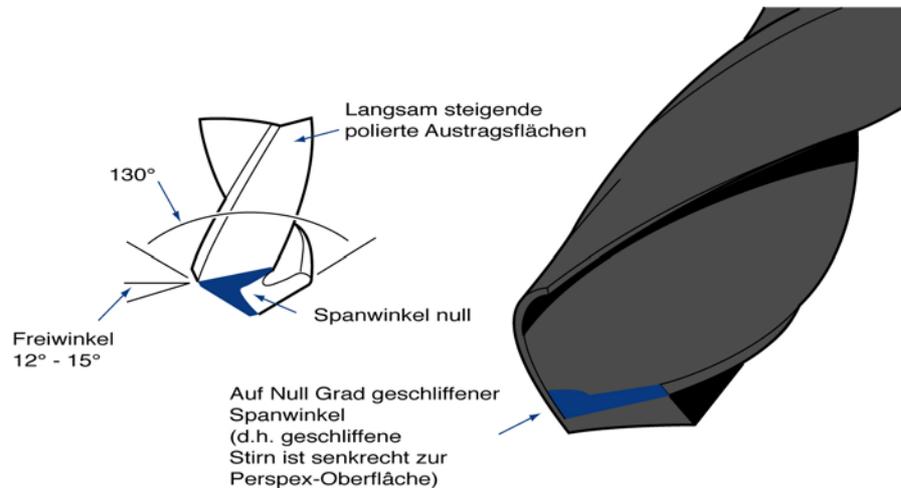


8.5 Bohren

Standard-Spiralbohrer für die Holzbearbeitung können für alle normalen Bohrarbeiten an Perspex® from Lucite® verwendet werden. Es empfiehlt sich, Spiralbohrer nachzuschleifen, um einen Spanwinkel von Null zu erhalten.

Abbildung 4 zeigt die bevorzugten Schneidwinkel.

Abbildung 4 Standard-Bohrer (130°) mit nachgeschliffenen Schneidkanten für das Bohren von Perspex®



Nach Möglichkeit sollte das Arbeitsstück auf der Unterseite entweder mit Abfall-Perspex oder Hartholz unterstützt werden, um eine Splitterbildung zu verhindern, wenn die Spitze auf der Unterseite durchtritt. Auf keinen Fall darf die Perspex-Platte vor dem Bohren mit einem Körner markiert werden. Ein kleines Markierloch kann gebohrt werden, um die Bohrung zu lokalisieren.

Beim Bohren tiefer Löcher in Perspex müssen Kühlmittel verwendet werden. Beim Bohren müssen die Bohrspäne regelmäßig aus der Bohrung entfernt werden.

Lochsägen können für die Herstellung größerer Löcher mit einem Durchmesser über 12 mm verwendet werden. Für das Bohren großer Löcher in dünnen extrudierten Platten haben sich Kegelschneidbohrer bewährt, insbesondere wenn es nicht möglich ist, das Werkstück zu unterstützen.

8.6 Schrauben und Gewindeschneiden

Für das Gewindeschneiden von Perspex from Lucite eignen sich Standardwerkzeuge, doch nach Möglichkeit sollten Grobgewinde hergestellt werden, die weniger schadensanfällig sind. Schmiermittel sind wichtig, wobei Wasser oder lösliches Öl vorgezogen werden. Die Gewinde dürfen nicht überbeansprucht werden. Gewinde sollten nicht in Perspex geschnitten werden, wenn die Verbindung häufig gelöst werden muss. In diesen Fällen sind Metallinserts vorzuziehen.

8.7 Drehen

Perspex® from Lucite® kann auf konventionellen Metalldrehmaschinen bearbeitet werden. Wichtig ist aber, dass das Werkstück durch Kühlmittel und niedrige Vorschubgeschwindigkeiten kühl gehalten wird. Eine Überhitzung des Werkstücks kann zu lokalen Verformungen und Toleranzverlust führen. Später kann es auch zu einer Haarrissbildung kommen.

Der Drehstahl muss korrekt geschliffen werden. HSS-Werkzeuge werden vorgezogen, mit einem Spanwinkel von Null und seinem Freiwinkel von 15 bis 20°. Die feinkörnige Struktur von HSS-Werkzeugen führt zu einem besseren Finish als TCT-Werkzeuge, doch müssen alle Schleifflächen sehr scharf gehalten werden.

Schneidgeschwindigkeiten von 90-150 m/Minute sind typisch für das Drehen von Perspex®. Um ein erstklassiges Finish zu erhalten, sollten Geschwindigkeiten von 15-30 m/Minute angewandt werden.

Das Diamantschneiden empfiehlt sich besonders, wenn nach dem Drehen ein gutes poliertes Oberflächenfinish benötigt wird.

8.8 Besäumen

Für die schnelle spanende Bearbeitung von Perspex from Lucite eignet sich eine Besäummaschine. Für die Holzbearbeitung ausgerüstete Maschinen sind geeignet, doch werden Werkzeuge mit zwei Schneidmessern vorgezogen. Besäumt wird trocken, da Späne leicht zu entfernen sind.

8.9 Gravieren

Perspex from Lucite lässt sich leicht mit Hilfe eines Pantographen oder mit CNC-Maschinen gravieren. Die Lasertechnik eignet sich für die Herstellung bemerkenswert feiner Details auf Perspex. Flüssige Kühlmittel sind im Allgemeinen nicht erforderlich. Ein direkt auf die Schnittstelle gerichteter Druckluftstrahl entfernt Späne und kühlt das Werkzeug. Die Gravuren werden am zweckmäßigsten mit einem gebräuchlichen Wachs gefüllt. Lacke können ebenfalls verwendet werden, doch sind nur Lacksorten zulässig, die für den Gebrauch mit Acrylglasplatten vorgesehen und damit kompatibel sind. Wenn Perspex graviert und mit Lack gefüllt werden soll – insbesondere für den Einsatz im Freien – müssen die gravierten Teile vor dem Füllen getempert werden, um eine anschließende Haarrissbildung zu verhindern.

8.10 Fräsen

Fräsen ist heute wahrscheinlich die wichtigste Bearbeitungstechnik für Perspex from Lucite. Fräswerkzeuge mit einem festen Kopf, beweglichen Kopf sowie tragbare Standard-Holzbearbeitungsfräser eignen sich für Perspex, wenn die gleichen Schneidgeschwindigkeiten wie für Holz verwendet werden.

FRÄSER	SPINDELGESCHWINDIGKEIT
Durchmesse 6-12 mm oder weniger	ca 24000 U/m
>12 mm	ca 18000 U/m

Schneidwerkzeuge mit zwei Auskehlungen, die geschliffen und gehont sind und einen Freiwinkel von ca. 12° oder mehr aufweisen, sind besonders empfehlenswert.

Gefräst wird gewöhnlich trocken. Dennoch sollten die Frässpäne entfernt und das Werkzeug mit Hilfe eines Druckluftstrahls gekühlt werden.

HSS-Schneidwerkzeuge führen beim Werkstück zu besseren Ergebnissen als TCT-Werkzeuge, trotz kürzerer Lebensdauer. Deshalb müssen sie regelmäßig geschärft werden.

Abbildung 5 Fräsmaschine von Pacer Systems Ltd.



Abbildung 6 Fräsmaschine von Spandex plc.



Abbildung 7 Diamantpoliermaschine von C.R. Clarke Ltd.



8.11 Oberflächenbearbeitung

Spanend bearbeitete Oberflächen von Perspex® from Lucite® sind gewöhnlich matt, sofern nicht diamantbestückte Schneidwerkzeuge verwendet werden. Bearbeitungsmarkierungen werden am besten durch Abziehen mit einer auf 90° eingestellten scharfen Klinge oder Schleifen gefolgt von der Wiederherstellung des Glanzfinishes durch Polieren entfernt.

Schleifen

Eine im Futter eingespannte oder tragbare Schmirgelscheibe kann verwendet werden, ebenso wie Schleifbänder, um Maschinenmarkierungen oder Sägeschnittmarkierungen von Perspex from Lucite-Kanten zu entfernen.

Es sollte trocken geschliffen werden. Nur mit geringem Anpressdruck arbeiten, um ein Aufweichen oder Schmelzen der Oberfläche zu vermeiden.

Nach dem Schleifen muss die Acrylglasplatte getempert werden, bevor sie verklebt oder bedruckt wird.

Polieren

Die Verwendung einer Baumwoll-Schwabbelnscheibe ist die traditionelle Poliertechnik für Perspex from Lucite. Die Kanten müssen zuerst durch Abziehen oder Schleifen vorbereitet werden, um sämtliche Maschinenmarkierungen zu entfernen. Anschließend kann eine milde abrasive Polierseife aufgetragen werden. Empfohlen wird eine mäßige Drehzahl und nur ein sehr geringer Andruck. Anderenfalls kann es zu einer Überhitzung kommen.

Diamantpolieren: Diese Technik kann für gerade Kanten mit hervorragenden Ergebnissen verwendet werden. Sie führt nicht zu den abgerundeten Kanten, die oft durch Schwabbelnscheiben entstehen. Siehe **Abbildung 7**. Diamantpolieren führt zu sehr geringen Spannungen in der Oberfläche.

Flammpolieren: Die Flammpolieretechnik eignet sich ideal für die Politur dünner Perspex®-Kanten, insbesondere klar extrudierter Platten für POS-Artikel, weil sie schnell und wirksam ist. Eine gute Fräs- oder Abziehkante ist wesentlich für das Flammpolieren. Spezialausrüstungen werden angeboten, aber auch eine kleine lötlampenartige Gasflamme kann verwendet werden. Die Technik setzt etwas Übung voraus, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Nur der heißeste Teil der Flamme darf kurz auf dem Werkstück auftreffen, und die Flamme muss schnell darüber geführt werden. Besondere Vorsicht ist geboten, dass die Oberfläche nicht entzündet. Es ist darauf hinzuweisen, dass Flammpolieren zu hohen Eigenspannungen in Kanten führt. Wenn flammpolierte Kanten verklebt oder dekoriert werden sollen, müssen die Werkstücke zuvor getempert werden.

Flammpolieren kann bei stark eingefärbten Platten schwierig sein und zu einem matten Finish oder einer Verfärbung führen.

Hinweis:

Vor dem Flammpolieren lesen Sie bitte die Sicherheitshinweise über die Entzündlichkeit auf Seite 30 durch.

Handpolieren eignet sich für die Wiederherstellung des ursprünglichen Glanzfinishes durch Entfernung kleiner Kratzspuren. Tiefe Kratzspuren sollten zuerst durch Verwendung von wasserfestem 600er Schleifpapier mit einer leichten kreisenden Bewegung entfernt werden. Um eine optische Verzerrung zu verhindern, sollte der geschliffene Bereich viel größer sein als die beschädigte Oberfläche. Anschließend kann die matte aufgeraute Oberfläche mit einer Acryl-Markenpolitur, die von Ihrem Perspex from Lucite-Händler erhältlich ist, auf Hochglanz gebracht werden. Eine gute

Metallpolitur für Silberartikel kann verwendet werden, sofern das Produkt geprüft und als mit Perspex kompatibel befunden wurde.

9.0 WARMFORMEN (THERMOFORMEN)

Allgemeines

Perspex® from Lucite® muss zum Warmformen gleichmäßig erwärmt werden. Gegossenes Material erfordert im Allgemeinen eine leicht höhere Temperatur als extrudiertes Material. Die optimale Heizzeit und Temperatur hängen von der Stärke der Platte, der Art des verwendeten Werkzeugs und dem gewünschten Grad der Dehnung ab.

Zwischen dem Warmformen von gegossenen und extrudierten Platten gibt es fundamentale Unterschiede. Um optimale Ergebnisse zu erzielen, müssen diese bekannt sein, bevor Material warmgeformt wird. So haben Perspex XT extrudierte Platten z.B. eine niedrigere Festigkeit der Schmelze als gegossene Platten, sie erweichen schneller und können mit sehr geringer Kraft gedehnt werden. Aus diesem Grund eignen sie sich besser für das Vakuumformen als gegossene Platten, welche eine größere Kraft erforderlich machen und eine geringere Elastizität besitzen. Wenn extrudierte Platten überhitzt werden, beginnen sie sich unter ihrem eigenen Gewicht zu dehnen, wenn sie vertikal in einen Ofen gehängt werden. Deshalb ist die Kontrolle der Erwärmungszeit und -temperatur kritisch, wenn die Platten im Ofen erwärmt werden.

Die Erwärmung extrudierter Platten auf einem horizontalen Ofeneinsatz wird nicht empfohlen, weil auf der heißen Plattenoberfläche schnell Markierungen entstehen und sie schnell auf dem Einsatz festkleben kann. Infrarot erwärmte Vakuum-Formmaschinen tragen zur Lösung dieses Problems bei und sind die empfohlene Option für das Warmformen extrudierter Perspex from Lucite-Platten.

Gegossene Perspex®-Platten eignen sich besser für das Warmformen mittels mechanischer Formpresstechniken, bei denen durch Klemmen und Pressen eine größere Kraft angewandt werden kann.

Erwärmen

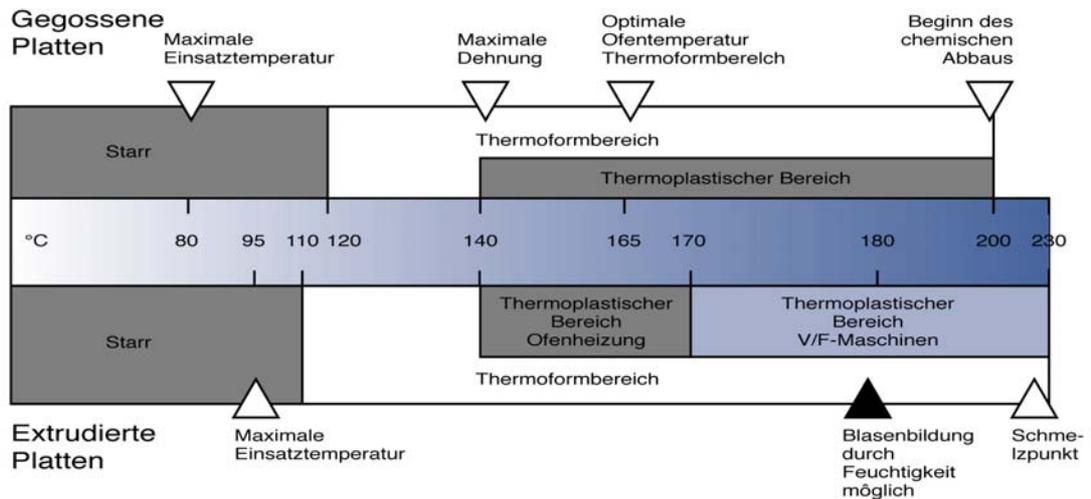
Bei der Erwärmung gegossener Perspex from Lucite-Platten auf 140 bis 170°C werden sie elastisch und gummiartig und können durch Anwendung von Kraft, wie Druckluft oder mechanische Klemmen, zu komplexen Formen verstreckt werden. Wenn sie in dieser Form gehalten und unter 90°C abgekühlt werden, behalten sie diese Form bei. Bei Wiedererwärmung bilden sie sich zu der ursprünglichen flachen Platte zurück.

Wenn Perspex® XT extrudierte Platten auf diese Temperatur erwärmt werden, verhalten sie sich ähnlich wie gegossene Platten, abgesehen davon, dass sie einfacher zu verformen sind, weniger Kraft erforderlich machen und eher fließen als sich dehnen. Folglich bilden sich Formteile aus extrudierten Platten bei der Wiedererwärmung nicht in den ursprünglichen flachen Zustand zurück.

Abbildung 8 veranschaulicht die Wirkung der Erwärmung auf gegossene und extrudierte Platten. Als Daumenregel sollte die Warmformtemperatur für gegossene Platten 170°C und für extrudierte Platten 155°C betragen.

Beim Erwärmen schlagzähmodifizierter Perspex-Typen wird die Platte bei Formtemperatur opak. Dies ist vollständig normal, und die Klarheit kehrt zurück, wenn die Formteile wieder Raumtemperatur erreicht haben.

Abbildung 8 Erwärmen von Perspex® from Lucite®: Übergangphasen



Abgesehen vom Abkanten, ist die gesamte Oberfläche der Platte möglichst gleichmäßig zu erwärmen. Für gegossene Platten eignet sich dazu am besten ein Umluftofen mit genauer Temperaturregelung. Sowohl klare als auch eingefärbte Platten können auf horizontale saubere Hordenbleche im Ofen gelegt werden. Wenn eine besonders hohe optische Qualität gefordert ist, sollten die Platten jedoch vertikal aufgehängt werden, um Oberflächenbeschädigungen oder Kontamination während der Erwärmung zu verhindern. Geeignete Aufhängklemmen können so konstruiert werden, dass die Platten entlang ihrer größten Abmessung aufgehängt werden. Das vertikale Aufhängen von Platten empfiehlt sich ebenfalls für die Erwärmung extrudierter Platten in einem Umluftofen.

Abbildung 9 veranschaulicht die Beziehung zwischen Temperatur, Druck und Ausdehnung während des Warmformens.

Abbildung 9 Temperatur-/Druckverhältnis und Ausdehnung bei kontrollierter Ofenerwärmung.

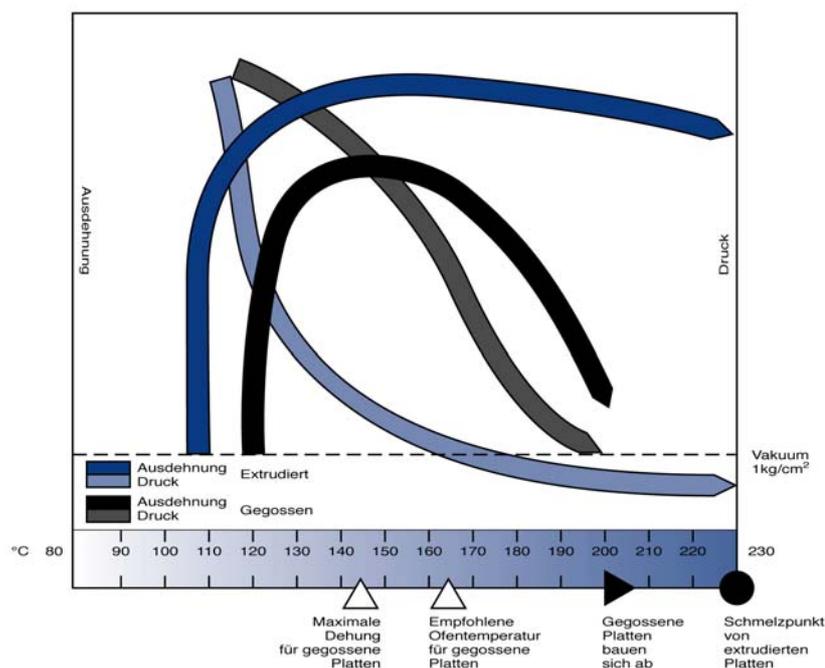
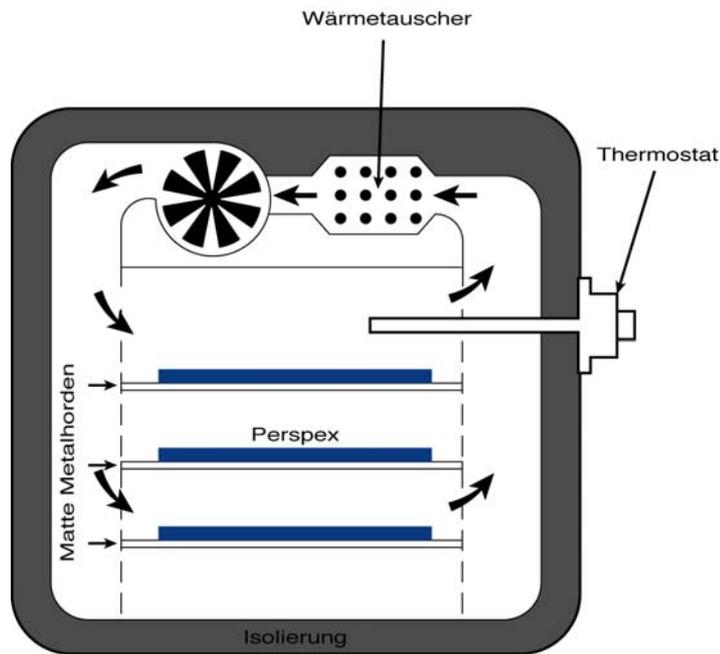


Abbildung 10 ist ein Diagramm eines typischen Umluftofens, der sich für die Erwärmung von Perspex® from Lucite®-Platten eignet.

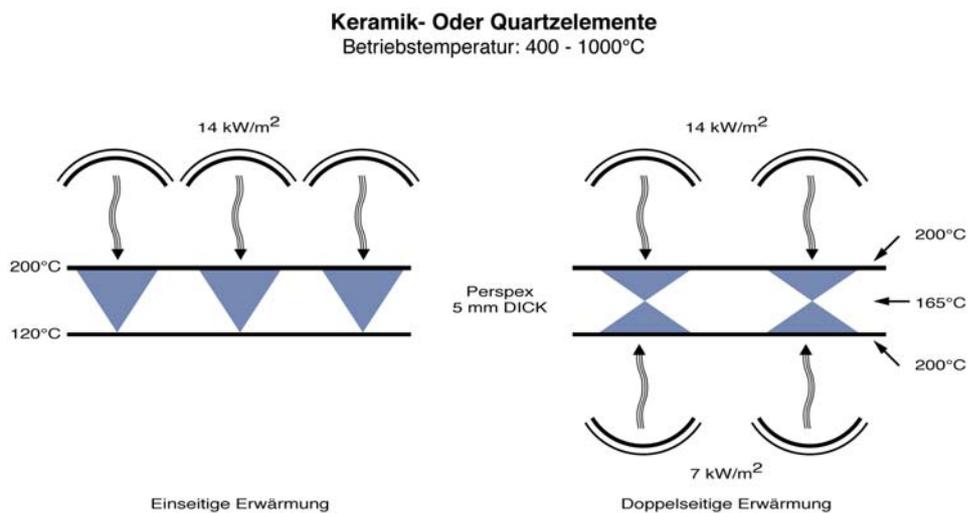
Abbildung 10 Umluftofen



Alternativ zu Umluftöfen können bestimmte Infrarot-Heizgeräte für die Erwärmung von Perspex®-Platten verwendet werden, z.B. Quarz- und Keramikelemente. Diese können die Perspex-Oberflächen sehr schnell erwärmen. Deshalb müssen Heizelemente und Heizplatten so konstruiert sein, dass sie eine gleichmäßige Erwärmung unter sorgfältig kontrollierten Bedingungen gewährleisten, um eine Überhitzung und einen Abbau der Platte zu verhindern.

Abbildung 11 veranschaulicht die Erwärmung von Perspex from Lucite mit typischen Infrarot-Heizelementen.

Abbildung 11 Infrarot-Erwärmung von Perspex



Bei Verwendung von Infrarot-Heizelementen sollte die Platte gleichmäßig auf beiden Seiten erwärmt werden, d.h. unter Verwendung doppelseitiger Heizplatten.

SICHERHEITSHINWEIS

Auf Vakuumformmaschinen verwendete Infrarot-Heizelemente können die Temperatur der Platte sehr schnell erhöhen, und eine Überhitzung ist möglich. Wenn die Oberflächentemperatur von Perspex® from Lucite® 200°C übersteigt, kommt es zu einem Materialabbau, gefolgt von Zersetzung und der Freigabe entzündlicher Zersetzungsgase. Die ersten Anzeichen dafür sind bei gegossenen Platten eine Blasenbildung auf der Oberfläche, gefolgt von einem knisternden Geräusch, wenn die Platte beginnt, sich zu zersetzen.

Wenn Blasen in extrudierten Platten auftreten, ohne dass es Anzeichen einer Zersetzung gibt, ist dies wahrscheinlich eher auf absorbierte Feuchtigkeit zurückzuführen. Dann ist ein Trocknungszyklus bei einer Temperatur von 90 bis 95°C über Nacht erforderlich.

Schwindung

Die Verarbeitungsverfahren für gegossene und extrudierte Perspex®-Platten unterscheiden sich wesentlich voneinander, und beide Materialien weisen bei Erwärmung auf Warmformtemperatur eine gewisse Schwindung auf. Wenn beispielsweise gegossene Platten erwärmt werden, schrumpfen sie, so dass sie nach der Abkühlung rund 2% kürzer und schmaler sind und eine wahrnehmbar größere Stärke aufweisen. Anschließend findet beim Wiedererwärmen keine weitere Schwindung statt, aber diese Anfangsschwindung muss berücksichtigt werden, wenn die Platte vor dem Warmformen zugeschnitten wird.

Wenn extrudierte Platten erwärmt werden, weisen sie in Extrusionsrichtung eine größere Schwindung auf und sehr wenig Schwindung quer zur Extrusionsrichtung. Es ist schwierig, für extrudierte Platten genaue Schwindungswerte anzugeben, weil dies von der Stärke und der Erwärmungsdauer abhängt. Allgemein schrumpfen 2 mm starke Platten etwas stärker als 5 mm starke Platten, im typischen Fall beträgt die Schwindung aber nicht mehr als 5%.

Wenn die Platten vor der Erwärmung kalt in einen Rahmen gespannt werden, ist die Schwindung begrenzt, und gewöhnlich sollte keine Schwindungstoleranz benötigt werden.

Abkühlung

Nach dem Warmformen sollten gegossene Platten im Werkzeug verbleiben, bis sie sich auf eine Temperatur von rund 60°C abgekühlt haben. Wichtig ist dabei eine gleichmäßige Abkühlung, um ein Verziehen des Formteils und Spannungen zu verhindern. Die Formteile sollten aber nicht zu lange im Werkzeug gelassen werden, weil sie sich sonst auf das Werkzeug zusammenziehen und beim Herausnehmen beschädigt werden.

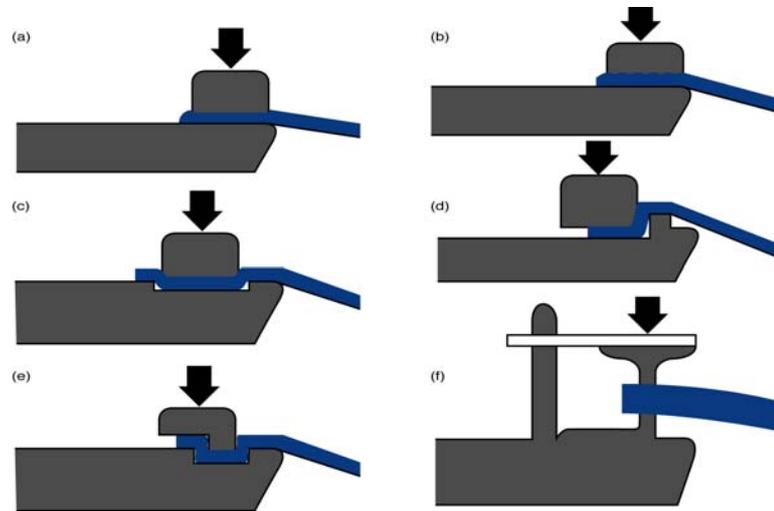
Perspex® XT kann bei einer leicht höheren Temperatur aus dem Werkzeug genommen werden, z.B. bei 70 bis 80°C. Um ein Verwerfen großer flacher Formteile zu vermeiden, sollten sie in Kühlgestelle gelegt werden. Dabei können sie gegebenenfalls in entgegengesetzter Richtung gezogen werden, bis Raumtemperatur erreicht ist.

Auswirkungen des Warmformens auf den Farbton

Bestimmte Perspex from Lucite-Farbtöne können sich während des Erwärmungsprozesses, besonders bei Überhitzen der Platte, leicht verändern. Deshalb sollte man sich stets vergewissern, dass die erste Oberfläche immer die „Vorzeigeseite“ ist, da die zweite Oberfläche nach der Erwärmung leicht matter sein kann. Wichtig ist auch, darauf zu achten, dass es beim Dehnen gefärbter Platten während des Warmformens zu einer unvermeidlichen Verdünnung der Platte und möglicherweise zu einer Verringerung der Opazität kommen kann.

Abbildung 14 zeigt typische Einspannmethode für die Befestigung der heißen Platte unter dem Blasring mittels Kniehebelpressen.

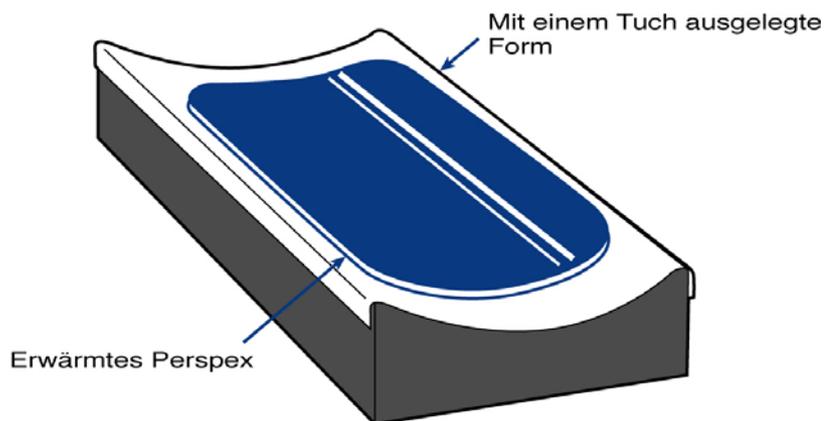
Abbildung 14 Einspannmethode für das Warmformen von Perspex® from Lucite®



Formen einfacher Krümmungen

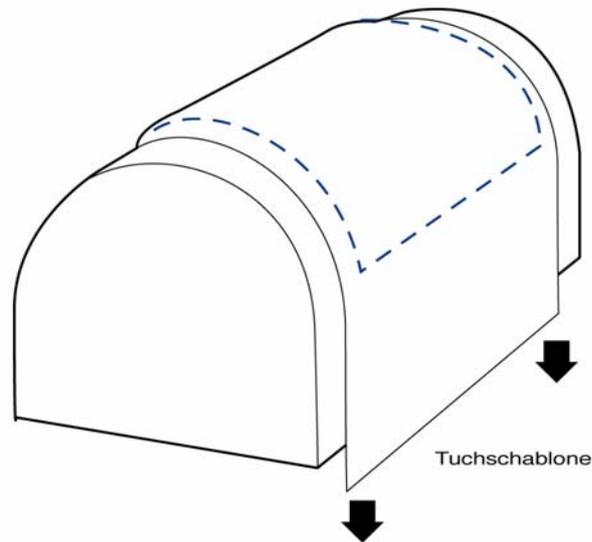
Das Formen einfacher Krümmungen erfordert wenig Kraft, weil dabei praktisch keine Dehnung erzielt wird. **Abbildung 15** zeigt ein typisches Werkzeug für die Herstellung von Motorrad-Windschutzscheiben. Das heiße Perspex® wird auf das Werkzeug gelegt, das mit mehreren Schichten Tuch ausgelegt ist, um Oberflächenmarkierungen zu verhindern. Die Platte nimmt dann die Form der Krümmung an.

Abbildung 15 Formen einfacher Krümmungen



Das Streckformen ist eine weitere Technik für die Herstellung einfacher Krümmungen. Dabei ist eine etwas höhere Kraft erforderlich, um die heiße Platte über ein Rundwerkzeug zu ziehen und sie dort mit einer Tuschablone zu halten, bis sie sich abgekühlt hat. Siehe **Abbildung 16**.

Abbildung 16 Streckformen

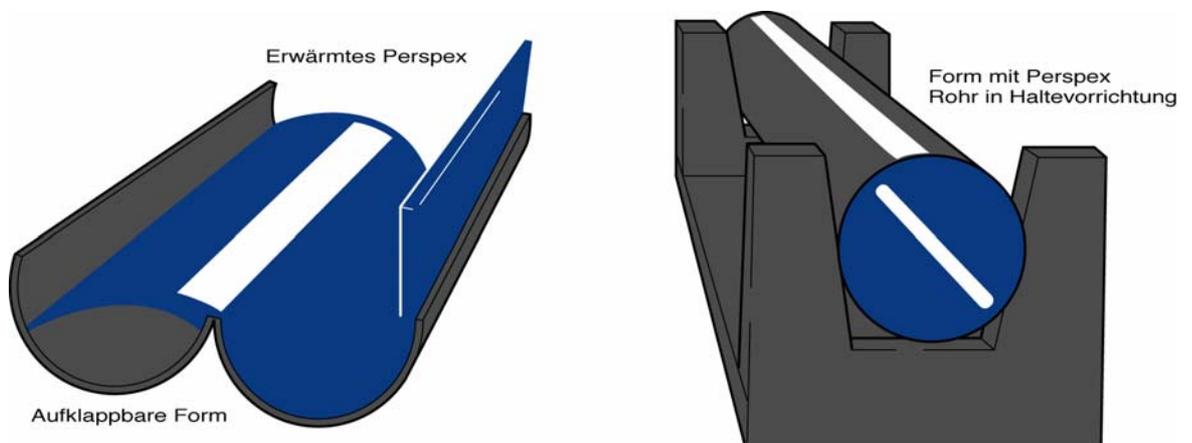


Rohre

Aus erwärmten Perspex® from Lucite®-Platten können Rohre hergestellt werden, indem das Perspex® in ein mehrteiliges zylindrisches Werkzeug gelegt und das Werkzeug in einer Einspannrichtung fixiert wird. Dabei ist die Wärmekontraktion zu berücksichtigen, und die genaue Größe des Rohlings muss durch Versuch festgestellt werden. Die Verbindungskante im Formteil kann mit Klebstoff verklebt werden.

Abbildung 17 zeigt das Verfahren und die verwendeten Werkzeuge. Die Technik eignet sich zur Herstellung von Rohren mit großem Durchmesser, beispielsweise für Ausstellungsmodelle, die durch Extrusion oder Gießen nur schwer herzustellen sind.

Abbildung 17 Herstellung eines Rohrs aus Perspex from Lucite



Abkanten

Abkanten ist eine sehr wichtige Technik für die Herstellung von Ausstellungsobjekten, POS-Artikeln und vielen anderen Komponenten aus Perspex® from Lucite®, einschließlich Kästen, Regale, Leuchtenabdeckungen, Nahrungsmittelbehälter usw.

Die Perspex®-Platte wird mit Hilfe eines Heizelementes, gewöhnlich einem Heizdraht, entlang einer schmalen Linie erwärmt. Wenn die Formtemperatur erreicht ist, wird die Platte abgekantet und solange festgehalten oder festgeklemmt, bis sie abgekühlt ist. Zu den für das Abkanten geeigneten Heizelementen gehören Nichromdraht und elektrische Heizbänder, je nach Radius der erforderlichen Krümmung und Stärke der verwendeten Platte. Für Platten mit einer Stärke über 5 mm empfiehlt sich eine doppelseitige Erwärmung. Solche Ausrüstungen lassen sich selbst herstellen, doch sind im Handel hervorragende Maschinen dieser Art erhältlich. **Abbildung 18** zeigt ein typisches Haltegestell zum Abkühlen von abgekantetem Perspex.

Wenn eine scharfe Abkantung an einer starken gegossenen Platte hergestellt werden muss, kann es nützlich sein, eine „V“-Kerbe entlang der Innenseite auf ca. halbe Plattentiefe herzustellen. Dies bewirkt, dass Material entfernt wird und es einfacher ist, eine scharfe Abkantung herzustellen, allerdings auch unter der Gefahr, dass eine schwächere Kante entsteht.

Abbildung 18 Haltegestell zum Abkühlen von abgekantetem Perspex from Lucite

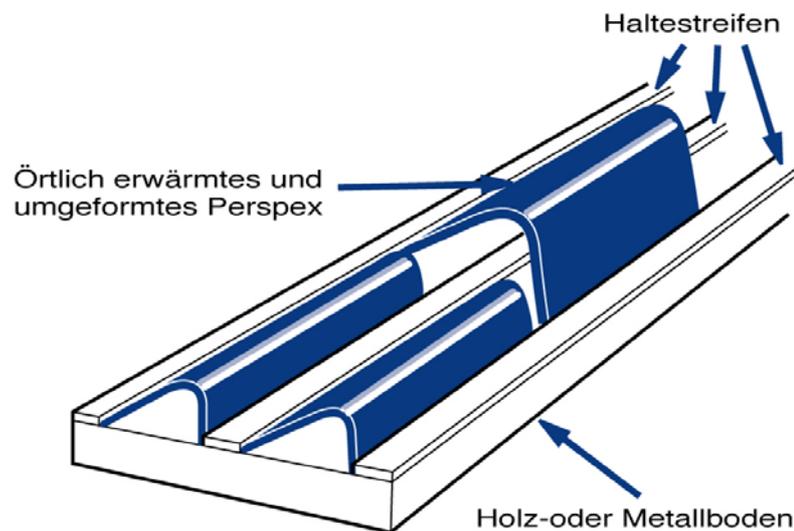
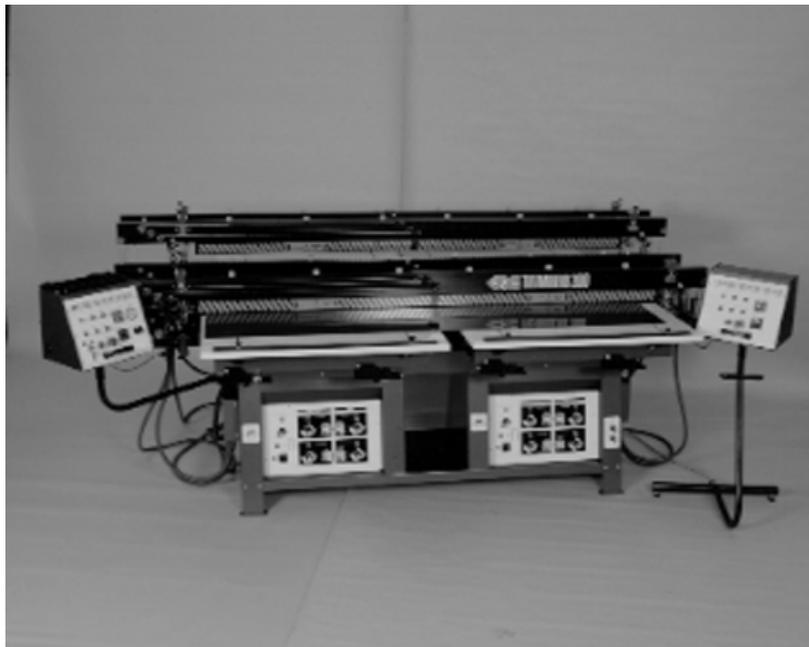


Abbildung 19 zeigt eine beliebte Abkantmaschine von C.R. Clarke Ltd. Für eine scharfe Abkantung sollte die Breite der zu beheizenden Zone das Vier bis Sechsfache der Plattenstärke betragen. Beim Abkanten langer flacher Teile kann es entlang der Krümmungslinie zu einem gewissen Verzug kommen. Dies ist beim Abkanten immer möglich und sehr schwer zu verhindern. Wenn die Verformung absolut nicht akzeptabel ist, sind die einzigen Alternativen das Warmformen der gesamten Platte oder Kleben.

Abbildung 19 Für Perspex® from Lucite® geeignete Abkantmaschine



Um den Verzug zu reduzieren, empfiehlt es sich, eine möglichst rechtwinklige Krümmung herzustellen, weil diese dem Panel zusätzliche Steifheit verleiht. Je flacher der Krümmungswinkel, desto größer ist gewöhnlich die Materialwerfung.

HINWEIS:

1) Durch örtliches Erwärmen von Perspex® entstehen Spannungen. Sie werden durch die Schwindung der Platte im erwärmten Bereich verursacht. In Gegenwart von Lösemitteln in Klebstoffen, Druckfarben oder Spraylacken kann es insbesondere bei extrudierten Platten zu einer Spannungsrisssbildung kommen. Um diese Gefahr zu verhindern, sollten die Formteile nach dem Abkanten getempert werden.

Für die Herstellung von Sonnenliegen-Abdeckungen durch Abkanten von Perspex 0X02 MÜSSEN die Empfehlungen über das Tempern befolgt werden. Desinfektionslösungen, die gewöhnlich in Sonnenstudios verwendet werden, enthalten Alkohole, so dass es zu einer ernsthaften Haarrisssbildung kommen kann, wenn die Abdeckungen nach dem Abkanten nicht getempert werden. Einzelheiten zum Tempern, siehe Seite 26.

2) Metallkontakt-Heizelemente sind unter Umständen für Perspex® XT nicht geeignet, weil sie auf der Oberfläche der Platte kleben und Markierungen verursachen.

9.2 FORMEN MEHRFACHER KRÜMMUNGEN

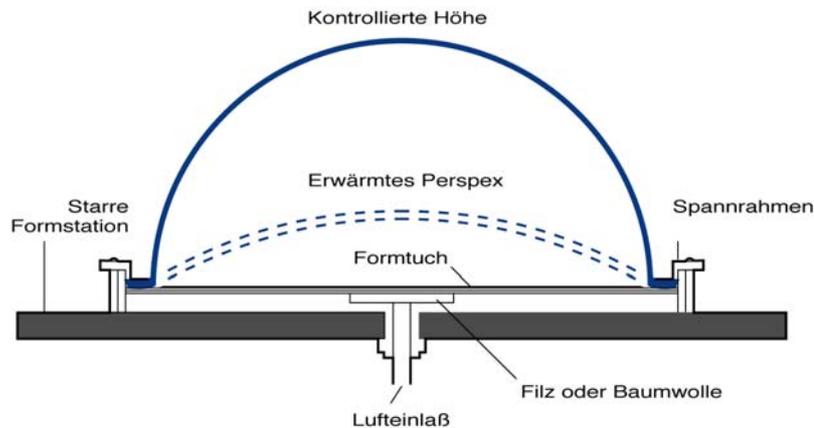
Bei dieser Technik wird die erwärmte Platte an den Kanten festgeklemmt, worauf mit verschiedenen Mitteln, wie z.B. Luftdruck, Formpressen usw., ein dreidimensionales Formteil hergestellt wird.

Freiformen mit Hilfe von Druckluft ohne Werkzeug

Die erwärmte Platte wird aus dem Ofen genommen, auf eine Formstation gelegt und festgeklemmt. Anschließend wird Druckluft zugeführt, bis die Kuppel die gewünschte Form und Höhe hat (siehe **Abbildung 20**). Luftdrücke von $0,3 \text{ N/mm}^2$ sind ausreichen, doch ist ein um so geringerer Druck erforderlich, je größer die Kuppel ist. Für starke Platten ist ein größerer Luftdruck erforderlich als für dünne Platten. Bei der Verarbeitung extrudierter Platten ist größere Vorsicht geboten. Es empfiehlt sich, eine Transportplatte für die Erwärmung und den Transport der Platte zur Formstation zu verwenden, um einen Wärmeverlust zu verhindern, der zu Formteilmarkierungen führen kann. Die Transportplatte sollte deshalb mit mehrerer Lagen Tuch abgedeckt und in der Mitte mit einer Öffnung versehen sein, durch die die Luft eingeblasen werden kann.

Gelegentlich kann es auch von Vorteil sein, die Luft mittels Bandheizelementen an der Luftleitung vorzuerwärmen, um Kühlmarkierungen auf der extrudierten Platte zu verhindern.

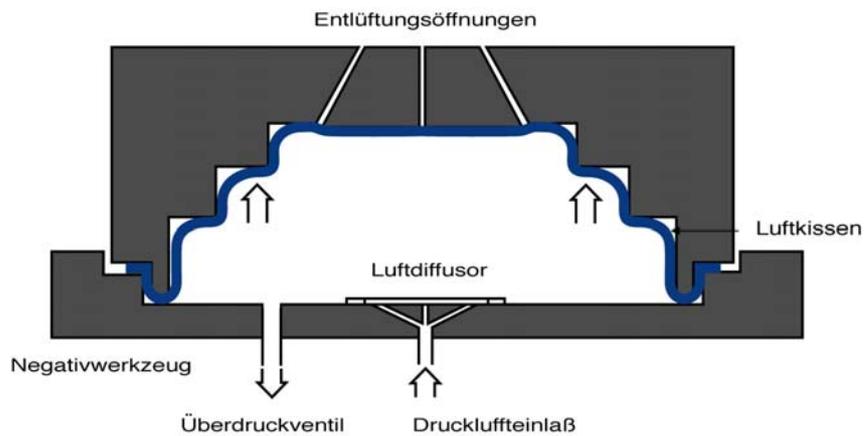
Abbildung 20 Blastechnik mit Druckluft und Formstation



Formen mit Negativwerkzeug und Luftdruck

Perspex® from Lucite® gegossene Acrylglasplatten können in Werkzeugen mit Druckluft geformt werden, um eine genaue Konturenwiedergabe zu erzielen. Die Werkzeuge können aus Metall oder harzverklebten Materialien und sogar Hartholz sein. Wichtig ist, dass die Werkzeuge in der Lage sind, den hohen Luftdrücken standzuhalten. **Abbildung 21** zeigt eine typische Werkzeugkonstruktion: Merke die Entlüftungsbohrungen zum Abführen eingeschlossener Luft.

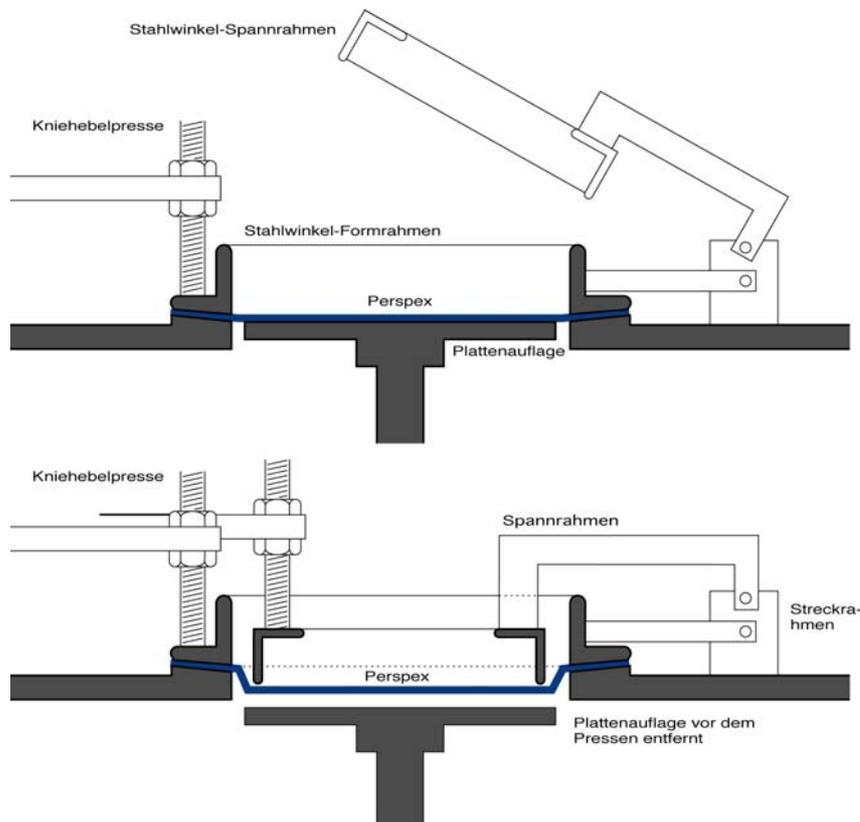
Abbildung 21 Hochdruckblasen in eine Negativform



Verformen mit Positivwerkzeugen

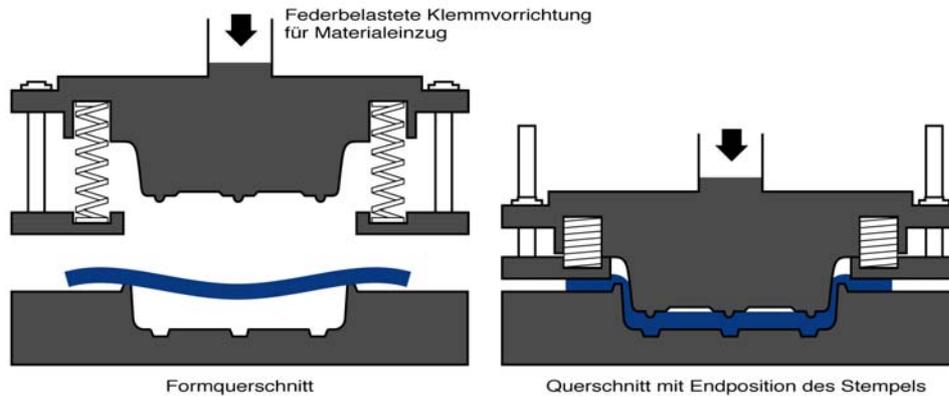
Für die meisten Formprozesse in Verbindung mit Perspex[®] from Lucite[®] werden Positivwerkzeuge der einfachsten Konstruktion verwendet. Für viele Artikel, bei denen optimale Klarheit beibehalten werden muss, empfiehlt sich eine rahmenartige Vorrichtung, die das Perspex[®] nur am Umfang des flachen Bereichs berührt, so dass die ursprüngliche hochwertige Oberfläche der Platte beibehalten wird. (Siehe **Abbildungen 22a** und **22b**).

Abbildungen 22a und **22b** Formen von Schalen mit Rahmenwerkzeug



Die **Abbildungen 23** und **24** veranschaulichen komplexere Verfahren für das Formen von Perspex® from Lucite® mit Pressen, die mit druckluftunterstützten Kolben ausgerüstet sind.

Abbildung 23 Formpressen mit Stempel und Negativform



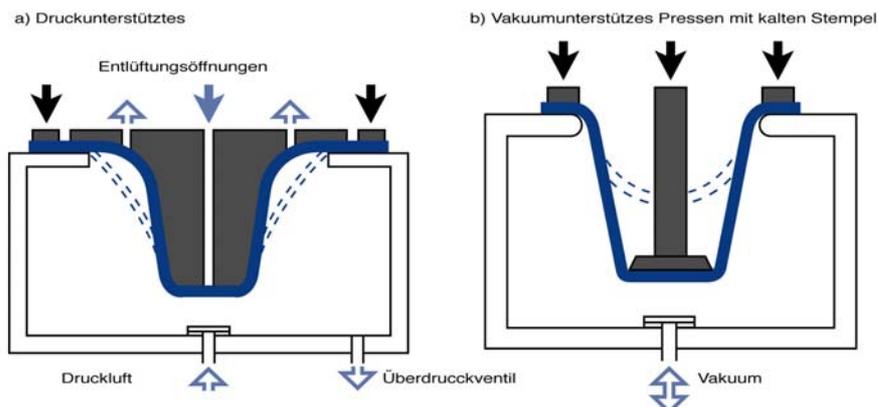
9.3 VAKUUMFORMEN

Das Vakuumformen ist eine beliebte Technik für das Formen von Artikeln aus Polymer-Plattenmaterial. Viele kommerzielle computergeregelte Vakuumformmaschinen, die mit Infrarot-Heizplatten ausgerüstet sind, stehen für die Hochgeschwindigkeitsverarbeitung zur Verfügung. Perspex® XT extrudierte Platten eignen sich ideal für Vakuumformprozesse, weil sie infolge der geringeren Schmelzstärke mit relativ geringen Vakuumkräften gezogen werden können, eine hohe Dehnbarkeit aufweisen und damit eine gute Definition im Werkzeug ermöglichen. Gegossene Perspex®-Acrylglasplatten benötigen höhere Formkräfte und eignen sich damit weniger für Niederdruck-Vakuumformprozesse, es sei denn, die Formen sind groß und von der Konstruktion her einfach, wie z.B. Badewannen.

Werkzeuge

Für längere Produktionszyklen und erstklassige Konturen wiedergabe sollten Werkzeuge aus Gussaluminium mit Wasserkühlkanälen verwendet werden. Ein glattes mattes Werkzeugfinish wird empfohlen. Staubpartikel dürfen nicht in das Werkzeug gelangen, weil sie besonders beim Formen klarer Platten Markierungen verursachen. Die Werkzeugtemperaturen sollten im Bereich von 80 °C bis 95 °C gehalten werden.

Abbildung 24 Pressformen mit Luft/Vakuum



Erwärmung

Für Platten mit einer Stärke über 2 mm ist beidseitiges Erwärmen empfehlenswert. Es ist schwierig, genaue Empfehlungen zu den Heizzeiten und -bedingungen zu geben, weil diese von der Maschinenkonstruktion abhängen. Der Maschinenhersteller kann Informationen dazu liefern. Allgemein gesagt, werden die oberen Heizelemente gewöhnlich auf eine Leistung von 20 kW/m², die unteren Heizelemente auf 8 kW/m² eingestellt. Davon ausgehend sollte die Platte sorgfältig erwärmt und regelmäßig geprüft werden, bis sie zum Formen bereit ist. Dies erfordert einiges Experimentieren. Besonders wichtig ist aber, dass die Platte nicht überhitzt wird und sich auf das untere Heizelement durchbiegt, weil dadurch die Maschine beschädigt und eine Feuergefahr entstehen kann. Es empfiehlt sich, Luft in den Ofenhohlraum einzublasen, um so die warme Platte gegen Ende des Erwärmungszyklus zu unterstützen.

Extrudierte Perspex[®] from Lucite[®]-Platten können Feuchtigkeit aufnehmen, die beim Vakuumformen zu einer Blasenbildung führen kann. Wenn beim Vakuumformen von Perspex[®] XT Feuchtigkeitsblasen auftreten, sollte die Platte vor der Verwendung vorzugsweise nach Entfernung der Schutzfolie getrocknet werden. Eine Trocknungsdauer von mindestens 24 Stunden bei 90° C bis 95° C kann erforderlich sein.

Abkühlen

Die Formteile sollten möglichst bald im noch recht warmen Zustand aus der Form genommen werden, weil sie anderenfalls auf das Werkzeug schrumpfen können und schwer zu entfernen sind. Wenn sie zu heiß aus dem Werkzeug genommen werden, können sie sich verformen. Die Verwendung von Kühlgestellen kann vorteilhaft sein, wenn schnelle Zykluszeiten erwünscht sind, ohne Gefahr einer Verformung zu laufen. Aber auch hier müssen die idealen Bedingungen experimentell ermittelt werden.

10.0 KLEBEN

Alle Perspex[®]-Typen können mit Acrylklebstoffen verklebt werden. Verschiedene Tensol[®]-Klebstoffe werden von Bostik Ltd. hergestellt. Entsprechende Anfragen sind an diese Firma zu richten.

Die Auswahl des richtigen Klebstoffs ist ausschlaggebend für die Herstellung guter Klebverbindungen mit hoher Festigkeit, Haltbarkeit und optischer Klarheit.

LAMINIEREN/KASCHIEREN

Zwei Perspex[®] from Lucite[®]-Platten können unter Verwendung des lösemittelfreien, klaren Klebstoffs Tensol[®] 70 aus der Bostik-Palette miteinander laminiert werden. Mit der entsprechenden EVO-PLAS-Flasche appliziertes Tensol[®] 70 führt zu einer Klebverbindung, die bei Außenanwendungen haltbar ist, hervorragende optische Klarheit und gute mechanische Festigkeit aufweist. Für das Laminieren von Perspex[®] mit Polycarbonat oder für die Einkapselung von Gegenständen zwischen Platten wird empfohlen, sich direkt an Bostik zu wenden.

KANTENVERBINDUNGEN

Das Lösemittelschweißen ist die schnellste und einfachste Technik für die Herstellung von Kantenverbindungen. Die besten Ergebnisse erzielt man einfach und sicher durch Anwendung von ETRU-FIX/Tensol[®] 12 mit der entsprechenden EVO-PLAS-Flasche. Zu den Eigenschaften dieses Systems, das für Innenanwendungen vorgesehen ist, gehören gute Beständigkeit gegen Haarrissbildung selbst in abgekanteten Bereichen sowie hohe Klarheit und blasenfreie Verbindungen. Gefüllte Systeme wie Tensol[®] 12 bieten leicht bessere Fugenfülleigenschaften.

Für Außenanwendungen ist ein hochhaltbarer Klebstoff wie Tensol® 70 notwendig. Beim Kleben von Teilen aus Perspex XT ist bei Verwendung von Tensol® 12 oder Tensol® 70 besondere Vorsicht geboten, um die Entstehung von Spannungsrissen zu verhindern. Dies gilt besonders für die Verbindung abgekanteter Teile; hier kann ETRU-FIX besser geeignet sein.

VERKLEBEN MIT ANDEREN SUBSTRATEN (Metall, Holz, Glas usw.)

Am einfachsten wird Perspex® from Lucite® mit anderen Substraten durch Verwendung eines Cyanacrylat-Klebstoffs verbunden – hier empfiehlt sich Bostik 7452. Dieses System eignet sich für das Kleben kleiner Bereiche von Perspex mit Perspex ebenso wie für die Befestigung von Armaturen an Perspex.

Wenn hohe mechanische Festigkeit gefordert ist, sollte ein gehärteter Acrylklebstoff wie Evo-tech® TA 431 verwendet werden.

VERSIEGELUNG

Fugen in Perspex from Lucite und verschiedenen anderen Materialien können effizient mit einem acrylkompatiblen Silikon-Dichtungsmaterial oder MS-Polymer versiegelt werden. Um eine Haarrissbildung zu verhindern, muss das Dichtungsmittel neutral aushärten. Ein Typ mit geringem Modul wie Bondflex® Low Modulus Silicone Sealant eignet sich am besten für den Ausgleich von Bewegungen in/zwischen den einzelnen Komponenten.

Das Bostik-Sortiment an Klebstoffen, Reinigungslösemitteln, MIRROR ADHESIVE (Spiegelklebstoff) und ANTI-STATIC CLEANER (Antistatikreiniger) ist von den meisten Perspex-Händlern erhältlich. Alternativ können Sie sich auch direkt an Bostik Ltd. wenden (Telefon +44 116 268 9254) – Adresse im Anhang.

Vor dem Verkleben sollte der Anwender das entsprechende Sicherheitsdatenblatt einsehen und sich vergewissern, dass der Klebstoff sich für die vorgesehene Anwendung eignet.

11.0 BEDRUCKEN, LACKIEREN UND OBERFLÄCHENDEKORATION

Perspex® from Lucite® lässt sich leicht siebbedrucken, lackieren und mit der Heißprägetechnik dekorieren. Für die Verwendung auf Acrylglasplatten formulierte Lacke und Siebdruckfarben müssen verwendet werden. Es wird mit Nachdruck empfohlen, die Plattenoberflächen vor dem Dekorieren zu waschen, um maximale Gebrauchseigenschaften im Freien zu erzielen. Siebdruckfarben sind für warmgeformte Teile erhältlich. Es muss gewährleistet sein, dass auf Perspex® aufgetragene Siebdruckfarben und Lacke eine ausreichende UV-Stabilität besitzen. Weitere Einzelheiten über die Oberflächendekoration von Perspex, siehe **261, Firmenwerbung**.

12.0 SPANNUNGEN IN ACRYLGLASPLATTEN

Spannungen sind ein Phänomen, das bei jedem Werkstoff auftritt, so auch bei Acryl. Sie entstehen durch Einwirkung von Kraft und können im Extremfall zu einem vollständigen mechanischen Versagen der Platte führen. Lange bevor diese Grenzwerte erreicht sind zeigen sich auf der Acrylglasplatte mit der Zeit feine Haarrisse oder Spannungsrisse, die im besten Fall unscheinbar sind und im schlimmsten Fall die mechanischen Eigenschaften des Materials beeinträchtigen können.

Spannungen können beim Warmformen bei zu niedriger Temperatur, durch Anwendung mechanischer Kraft oder Entstehung von Wärme während der Verarbeitung, z.B. beim Bohren, entstehen. Haarrisse werden durch Abbau von Spannungen, insbesondere inhärenter Spannungen, induziert, die das Ergebnis der

Einwirkung von chemischen Lösemitteln (Umwelt-Spannungsrisse), Klebstoffen, Siebdruckfarben oder gegenüber hoher Strahlungsenergie sind. Deshalb ist es wichtig, dass bei der spanenden Bearbeitung oder beim Warmformen nur minimale Spannungen in der Acrylglasplatte induziert werden und dass die Formteile so konstruiert werden, dass übermäßige mechanische Belastungen im Gebrauch vermieden werden. Extrudierte Acrylglasplatten besitzen eine geringere Spannungstoleranz als gegossene Platten, und bei der Verwendung dieses Materials muss den Konstruktionsparametern besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Eigenspannungen (d.h. eingefrorene Spannungen) können gewöhnlich nach dem Formen oder Verarbeiten durch einen Temperprozess beseitigt werden. Es handelt sich dabei um einen sachten Wärmekonditionierprozess, der den Abbau von Spannungen ohne Rissbildung und damit die Herstellung spannungsfreier Komponenten ermöglicht. Ein Temperprozess ist immer für Teile angezeigt, die verklebt oder siebbedruckt werden sollen, insbesondere bei Verwendung extrudierter Acrylglasplatten.

12.1 TEMPERN

Für gegossenes Perspex® from Lucite® wird der folgende Temperprozess empfohlen:

1. Formteile bei Raumtemperatur in einen Umluftofen legen.
2. Die Ofentemperatur gleichzeitig, aber nicht um mehr als 18° C/Stunde, anheben.
3. Wenn die Tempertemperatur von 90° C erreicht ist, wird sie wie folgt aufrechterhalten:
 - a) 1 Stunde lang für eine Stärke bis zu 3 mm.
 - b) 2 Stunden lang für eine Stärke bis zu 6 mm.
 - c) 4 Stunden lang für eine Stärke bis zu 12 mm.
 - d) 6 Stunden lang für eine Stärke bis zu 20 mm.
4. Nicht schneller als um jeweils 12° C/Stunde auf Raumtemperatur abkühlen.

Für warmgeformte Komponenten sollte die Tempertemperatur auf 70° C bis 85° C verringert werden.

Es empfiehlt sich, alle Formteile aus extrudierten Platten vor dem Verkleben, Lackieren oder Siebdrucken zu tempern.

Ein Schnell-Temperzyklus, der besonders für dünne Platten zuverlässig ist, besteht darin, den Ofen auf 80° C vorzuwärmen, die Komponente eine Stunde lang zu tempern, sie dann aus dem Ofen zu nehmen und auf Raumtemperatur abkühlen zu lassen.

12.2 NORMALISIEREN

Während des Gießens entstandene Spannungen bleiben in Perspex® erhalten, und unter normalen Bedingungen wirken sich diese auf das Verhalten des Fertigproduktes aus. Wenn jedoch Komponenten nach sehr engen Toleranzen gefertigt werden, empfiehlt es sich, diese Gießspannungen durch einen Prozess mit der Bezeichnung „Normalisierung“ zu entfernen. Durch Erwärmen von Perspex über seine Glasübergangstemperatur werden Spannungen abgebaut, so dass eine einheitliche Schwindung von rund 2% eintritt. Normalisiertes Perspex kann deshalb als Acrylmaterial in völlig spannungsfreiem, vollständig geschwundenem Zustand betrachtet werden. Der Normalisierungsprozess besteht aus einem sehr genau kontrollierten Temperatur- und Zeitzyklus, je nach Plattenstärke. Die zu normalisierende Platte wird in einem Umluftofen auf 140° C erwärmt und auf dieser

Temperatur gehalten, bis sie gleichmäßig erwärmt ist. Dann lässt man sie schnell abkühlen, um der erneuten Induktion wärmebedingter Spannungen vorzubeugen.

Abkühlung von 105-110° C auf Raumtemperatur: nicht schneller als 4° C/Stunde; minimale Abkühlzeit 21 Stunden. Maximal zulässige Differenz zwischen Material- und Umgebungstemperatur bei der Entnahme aus dem Ofen: 7°C.

Die Behandlungsbedingungen sind insbesondere für starke Platten und Blöcke kritisch. **Tabelle 3** vermittelt einen Überblick über die typischen Normalisierzyklen für gegossene Perspex-Platten.

Tabelle 3 – Typische Normalisierzyklen

Materialstärke (mm)	Zyklus							
	Auf 140°C erwärmen		Bei 140°C halten		Auf 105-110°C abkühlen		Bei 105-110°C halten	
	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.	Std.	Min.
3		30		50		30		30
4		30	1	30		30		50
5		30	1	30		30		50
6		30	1	40		30		50
8	1	00	2	15	1	00	1	30
10	1	00	3	00	1	00	1	30
12	1	00	3	45	1	00	1	50
13	1	00	3	45	1	00	1	50
15	1	00	4	15	2	00	2	00
20	1	30	5	30	3	30	3	00
25	1	39	7	00	3	30	3	30
30	1	45	8	30	4	45	4	00
35	2	00	9	45	5	00	5	00
40	2	30	11	15	5	30	5	45
45	2	30	12	30	6	30	6	30
50	3	00	14	00	7	00	7	00
55	3	00	15	30	7	00	7	45
60	3	30	16	45	8	30	8	30

HINWEISE

1. Unter Annahme einer Raumtemperatur von 20° C.
2. Tatsächliche Plattenstärke in mm.
3. Für Plattenstärken, die sich wesentlich von den obigen Angaben unterscheiden, ist entweder der entsprechende Zyklus zu berechnen oder der Wert für die nächst größere Stärke zu verwenden.

13.0 SICHERHEIT

Handhabung und spanende Bearbeitung von Perspex® from Lucite®

Perspex® ist ein hartes Material. Geeignete Schutzausrüstung muss getragen werden, weil scharfe Kanten zu Schnittverletzungen, aufgewirbelte Späne zu Augenverletzungen führen können.

Warmformen

Bei der Verwendung von Pressen oder Kolben für das Warmformen müssen unbedingt entsprechende Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um zu verhindern, dass das Personal sich mit den Händen in der Presse verfangen kann. Dazu gehören Maschinensicherungen und -verriegelungen, die stets in gutem Zustand gehalten werden müssen.

Beim Formpressen ist daran zu denken, dass die Platte bersten kann, wenn auf sie ein zu starker Druck ausgeübt wird. Deshalb sollten die folgenden Vorkehrungen getroffen werden:

1. Die Luftversorgung zur Maschine muss mit einem entsprechenden Spannungsventil versehen sein, um den Druck auf den Minimaldruck zu begrenzen, der für die Verarbeitung von Perspex® from Lucite® bei der korrekten Formtemperatur erforderlich ist.
2. Die Maschine muss mit Schutzpaneelen umgeben werden, damit das Personal vor abplatzenden Teilen geschützt ist.
3. Sicherheitsausrüstungen müssen regelmäßig gewartet und inspiziert werden, um eine sichere Arbeitsumgebung zu gewährleisten.

Öfen müssen mit ausfallsicheren thermischen Sicherungsautomaten ausgerüstet sein, um die Gefahr einer Überhitzung zu verhindern.

Entzündlichkeit

Alle Perspex from Lucite-Typen sind brennbar und brennen weiter, wenn sie Feuer fangen. Wenn Perspex brennt, wird wenig Rauch abgegeben.

Beim Brennen von Perspex® variieren die Verbrennungsprodukte als Funktion der Temperatur und der vorhandenen Sauerstoffkonzentration. Eine umfassende Studie der unter verschiedenen Bedingungen abgegebenen Verbrennungsgase wurde durchgeführt (siehe Literaturhinweis). Es wurde gefolgert, dass Kohlenmonoxid immer die größere toxische Komponente neben Kohlendioxid, Wasser und Methylmethacrylat war. Andere Gase wie Acrolein können ebenfalls in Spuren vorkommen.

Öfen für die Erwärmung von Perspex-Platten sollten mit einem eigensicheren temperaturgeregelten Ausschaltssystem versehen sein, um die Gefahr einer Überhitzung zu verhindern.

Literaturhinweis

A study of DIN 53436 and NBS (Potts' PA) as fire models for the assessment of the toxicity of combustion products of plastics.

British Plastics Federation Publication 314/1 April 1987.

14.0 CHEMIKALIENBESTÄNDIGKEIT

Perspex® from Lucite® besitzt eine gute Beständigkeit gegen Wasser, Basen, wässrige anorganische Salzlösungen und die meisten gewöhnlichen verdünnten Säuren. Es ist schwierig, allgemeine Hinweise über die Wirkungen organischer Materialien auf Perspex zu geben. Einige Flüssigkeiten haben überhaupt keine Wirkung, andere lassen Perspex anschwellen, verursachen Haarrisse oder schwächen das Material, und wieder andere lösen es vollständig auf.

Tabelle 4 gibt einige Hinweise auf die Chemikalienbeständigkeit von klaren gegossenen Perspex-Platten nach visueller Bewertung von Proben in einer Größe von rund 100 x 12 x 6 mm, die in typische Lösungen oder Flüssigkeiten bei 20° C eingetaucht waren.

Tabelle 4 Chemiekalienbeständigkeit von klarem gegossenen Perspex® from Lucite® bei 20° C

In der Tabelle werden die folgenden Symbole verwendet:

S = Zufriedenstellend (keine scheinbare Wirkung, abgesehen von einer möglichen Fleckenbildung)

A = Ein Angriff ist sichtbar (Anschwellen oder leichte Haarrissbildung)

U = Unzufriedenstellend (Probe aufgelöst, gequollen, zersetzt usw.)

Chemikalie	Konzentration	Beständigkeit	Expositions - dauer	Bemerkungen
Aceton	100%	U	1 Tag	Gelöst
Alkohole, N-Butyl		U	1 Jahr	Haarrisse und Zersetzung
Ethyl	10%	A	1 Jahr	Leicht angegriffen
	50%	A	1 Jahr	Leicht angegriffen
	100%	U	1 Jahr	Leicht gequollen und aufgeweicht
Isopropyl	10%	A	1 Jahr	Harrissee
	50%	A	1 Jahr	Harrissee
	100%	A	1 Jahr	Angegriffen
Methyl	10%	A	1 Jahr	Leicht angegriffen
	50%	A	168 Tage	Gequollen
	100%	U	168 Tage	Gequollen : Gewichtszunahme
Ameisensäure	10%	S	5 Jahre	
	90%	U	7 Tage	
Ammoniak	0.880 Lösung	S	1 Jahr	
Amylacetat		U	28 Tage	Gelöst
Anilin		U	7 Tage	Gelöst
Benzaldehyd		U	7 Tage	Gelöst
Benzol		U	1 Tag	Gelöst
Butylacetat		U	10 Tage	Gelöst
Chlor	2% in Wasser	A	5 Jahre	Oberflächenhaarrissbildung und angegriffen
Chloroform		U	1 Tag	Gelöst
Chromsäure	10%	S	5 Jahre	Fleckenbildung
	Gesättigte Lösung	U	1 Jahr	Angelöst
Dibutylphthalat		A	2 Jahre	Oberflächenhaarrisse
Dibutylsebacat		A	2 Jahre	Leicht angegriffen
Diethylether		U	168 Tage	Gequollen u. Weich
Diocetylphthalat		A	2 Jahre	Leicht angegriffen
Epichlohydrin		U	1 Tag	Gelöst
Essigsäure	10%	S	5 Jahre	
	100%	U	1 Tag	Stark gequollen
	Eisessig	U	3 Tage	Gelöst
Ethylacetat		U	3 Tage	Gelöst
Ethylendichlorid		U	1 Tag	Gelöst
Ethylenglykol		S	5 Jahre	
Formaldehyd	40%	S	5 Jahre	

Verarbeitungshinweise

Chemikalie	Konzentration	Beständigkeit	Expositions - dauer	Bemerkungen
Glyzerin		S	5 Jahre	
Hexan		S	168 Tage	Leichte Haarrisse
Hydrcyansäure		U	1 Tag	Gelöst
Hydrofluorsäure	Konzentriert	U	1 Tag	Gequollen u. Weich
Kaliumdichromat	10%	S	5 Jahre	Leichte Fleckenbildung
Kaliumhydroxid	Gesättigte Lösung	S	168 Tage	
Kaliumpermanganat	N/10 Lösung	S	5 Jahre	Starke Fleckenbildung
Kalziumchlorid	Gesättigte Lösung	S	3 Jahre	Leicht angegriffen
Kohlenstofftetra- chlorid		U	84 Tage	Angelöst
Methylenchlorid (Dichlormethan)		U	1 Tag	Gelöst
Methylsalicylat		U	7 Tage	Gelöst
Natriumcarbonat	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	
Natriumchlorat	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	
Natriumchlorid	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	
Natriumhydroxid	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	
Natriumhypochlorid	10% Chlorösung	S	5 Jahre	
100 Octan				
Düsentreibstoff		A	168 Tage	Leichte Haarrisse
Ole - Transformator		S	5 Jahre	Fleckenbildung
- Diesel		S	1 Jahre	Trübung
- Oliven		S	5 Jahre	Leichte Haarrisse
- Paraffin (mediz.)		S	5 Jahre	
- Silicone		A	1 Jahre	Gequollen
Oxalsäure	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	
Perchlorethylen		U	5 Jahre	Starke Haarrisse
Phenol	Gesättigte Lösung	U	7 Tage	Gelöst
Phosphorsäure	10% Konzentriert	U	7 Tage	Starke Haarrisse
Quecksilber		S	2 Jahre	
Salpetersäure	10% Konzentriert	U	1 Tag	Gequollen
Salzsäure	10% Konzentriert	S	168 Tage	Leichte Haarrisse
Schwefelsäure	10%	S	5 Jahre	
	30 %	S	1 Jahr	Leichter Angriff An den Kanten
	Konzentriert	U	1 Tag	Gequollen

Verarbeitungshinweise

Chemikalie	Konzentration	Beständigkeit	Expositions- dauer	Bemerkungen
Testbenzin		S	5 Jahre	Leichte Haarrisse
Toluol		U	7 Tage	Gelöst
Trichlorethan		U	1 Tag	Gelöst
Trichlorethylen		U	1 Tag	Gelöst
Tricresylphosphat		U	2 Jahre	Angegriffen/Haarrisse
Wasser		S	5 Jahre	
Wasserstoffperoxid	10 vol. 90%	S U	1 Jahr 5 Jahre	
Weinsäure	Gesättigte Lösung	S		
Xylol		U	7 Tage	Gelöst
Zitrussäure	Gesättigte Lösung	S	5 Jahre	

HINWEIS:

Chemikalienbeständigkeitstests sind schwer zu interpretieren, weil Kunststoffmaterialien Chemikalien im Allgemeinen auf verschiedene Weise ausgesetzt sind. Die Tabelle muss deshalb mit Vorsicht betrachtet werden, und in jedem Fall müssen die einzelnen Komponenten unter tatsächlichen Einsatzbedingungen geprüft werden.

15.0 SPRECHEN SIE MIT UNS

Tel: +49 (0)6104/66 81-0
info@lucitesolutions.com
www.lucitesolutions.com

Lucite International Trading Ltd
Birkenwaldstraße 38
D-63179 Obertshausen
Germany
Fax: +49 (0)6104/66 81-50

MJL/MC/JCS October 2005

Dieses Dokument wurde vollständig überarbeitet und ersetzt alle früheren Ausgaben. Es enthält Material aus den früheren Publikationen PXTD 206, PXTD 244, PXTD 267 und PXTD 270.

Dieses Dokument darf ohne schriftliche Zustimmung von Lucite International weder ganz noch auszugsweise wiedergegeben werden.

Für die Eigenschaften von Perspex® from Lucite® angegebene Werte sind das Ergebnis von Tests an repräsentativen Proben. Sie stellen keine Spezifikation dar.

Anwender von Perspex® müssen die entsprechenden Materialsicherheitsdatenblätter von Lucite International einsehen, die von Ihrem Händler erhältlich sind. Anwender anderer in dieser Publikation erwähnter Materialien, die nicht von Lucite International hergestellt werden, müssen die Gesundheits- und Sicherheitsliteratur der betreffenden Hersteller anfordern.

Die Informationen in dieser Schrift stützen sich auf den heutigen Stand unserer Kenntnisse und Erfahrungen. Sie stellen keine Eigenschaftszusicherung im rechtlichen Sinne dar. Für Faktoren, die außerhalb unserer Kenntnis und Kontrolle liegen, wird keine Gewähr übernommen. Lucite International haftet nicht für Verlust oder Schaden als Ergebnis der Befolgung dieser Informationen.

Jeder Anwender hat das beabsichtigte Einsatzgebiet und den jeweiligen Verwendungszweck unter Berücksichtigung etwaiger spezifischer Besonderheiten in eigener Verantwortung zu prüfen. Freiheit von Patent-, Urheber- oder Gebrauchsmusterschutzrechten kann nicht vorausgesetzt werden.

Perspex, Lucite und Tensol sind Markennamen von Lucite International. Unsere allgemeinen Verkaufsbedingungen sind anwendbar.

© Lucite International UK LTD 2005.

16.0 ANHANG

16.1 NAMEN UND ADRESSEN VON LIEFERANTEN

C. R. Clarke & Company (UK) Ltd

Betws Industrial Park
Ammanford
Carmarthenshire SA18 2LS
United Kingdom
Tel: +44 (0)1269/590 530
Fax: +44 (0)1269/590 540

Pacer Systems Ltd

Gauntley Street
Nottingham NG7 5HF
United Kingdom
Tel: +44 (0)115/988 77 77
Fax: +44 (0)115/988 77 88

Bostik Ltd

Ulverscroft Road
Leicester
LE4 6BW
United Kingdom
Tel: +44 (0)116/268 92 54
Fax: +44 (0)116/628 92 99

Spandex PLC

1600 Park Avenue
Aztec West
Almondsbury
Bristol BS32 4UA
United Kingdom
Tel: +44 (0)1454/616 444
Fax: +44 (0)1454/616 777

Spandex-Vertretungen in:

DEUTSCHLAND

H. Brunner GmbH

Telefon: +49 (0)784/1 68 50
Telefax: +49 (0)784/12 30 69

ÖSTERREICH

Spandex GmbH

Telefon: +43 (0)1/894 67 06
Telefax: +43 (0)1/894 67 30

SCHWEIZ:

Spandex AG

Telefon: +41 (0)18/18 86 06
Telefax: +41 (0)18/18 86 87