



**PLEXIGLAS® und
PLEXALLOY® Formmassen**
NTAA – Design- & Verarbeitungsempfehlungen

PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® für das Spritzgießen von Karosserie- anbauteilen

Inhalt

- 2 Werkzeugauslegung und Design
- 4 Spritzgießmaschine
- 6 Vorbehandlung und Verarbeitung
- 10 Produkte
- 11 Polieren von Formteilen

PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen eignen sich aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften sehr gut für die Herstellung von Automobilanbauteilen. Die ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit, Zähigkeit, der exzellente Glanz und die gute Verarbeitbarkeit machen sie zur besten Wahl für diese Anwendungen. In hochglanzpolierten Werkzeugen lassen sich Class-A Oberflächen ohne zusätzliche Lackierung herstellen. Gegenüber lackierten Systemen bieten Lösungen mit PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen eine enorme Reduzierung der Bauteilkosten – zum Beispiel bei einer B-Säulenblende von bis zu 40 Prozent gegenüber lackierten Systemen.

Seit vielen Jahren haben sich unsere PMMA-Formmassen in einer Vielzahl von Serienanwendungen in zahlreichen Fahrzeugen bei allen namhaften OEMs bewährt. Die Hauptanwendungen sind bisher: A-, B- und C-Säulenblenden, Heckblenden und Blenden im Dachbereich. Mehr und mehr gehen die Entwicklungen hin zu Anwendungen im Fahrzeuginnenraum sowie zu großflächigen Bauteilen – im PKW-Dachbereich oder auch als dekorative Blenden bei Nutzfahrzeugen. In dieser Broschüre erhalten Sie technische Basisinformationen, zum Beispiel zu Werkzeugauslegung, Spritzgießmaschine, Vorbehandlung und Verarbeitung der Formmassen.

Werkzeugauslegung und Design

Stahlsorten

Für die Herstellung von Spritzgießwerkzeugen können die im Werkzeugbau gängigen Stahlsorten verwendet werden. Wesentlich ist die gute Polierfähigkeit. Aus diesem Grund werden üblicherweise sehr reine, vakuumgeschmolzene, chromhaltige Stähle eingesetzt. Nachfolgend einige Beispiele:

Stoff-Nr.	Kurzname
1.2379	X155CrVMo121 Gute Zähigkeit, höchste Verschleißhärte
1.2343	X38CrMoV5-1 Gut polierbar
1.2344	X40CrMoV5-1 Gut polierbar
1.2738	40CrMnNiMo8-6-4 Gut polierbar
1.2767	X45NiCrMo4 Für hochbeanspruchte Kunststoffformen
1.2316	X38CrMo16 Nicht rostend, gut polierbar

Oberflächenqualität

Eine vollkommen glatte und porenfreie Oberfläche des Formhohlraums ist Voraussetzung, wenn Teile mit hoher Oberflächenqualität hergestellt werden sollen (Class-A Oberfläche). Oberflächengüte: Spiegelhochglanz, kratzer- und riefenfrei, RZ und RA = < 0,001

Mindestwanddicke

Wanddicken unter 1 mm sind nicht zu empfehlen. Extrem dünnwandige Teile haben aufgrund einer zu schnellen Einspritzgeschwindigkeit und Abkühlung immer einen hohen Grad an molekularer Orientierung. Dies kann dazu führen, dass Deformationen auch unterhalb der angegebenen Wärmeformbeständigkeit auftreten.

Entformungswinkel

Bei der Verarbeitung von Thermoplasten mit hohem Elastizitätsmodul sind Hinterschneidungen zu vermeiden. Die Entformungskonizität sollte 15 – 20 Prozent betragen. Für PLEXIGLAS® Formmassen sind generell Entformungsschrägen von 1-2 Grad zu empfehlen.



Werkzeugentlüftung

Um beim Füllen die in der Kavität befindliche Luft schnell verdrängen zu können, sind ausreichende Entlüftungen in der Trennebene vorzusehen. Eingeschlossene Luft kann die vollständige Formteilkfüllung verhindern und durch starke Kompression in Verbindung mit einem Temperaturanstieg zur Verbrennung der Schmelze (Deseleffekt) führen.

Empfehlung Dimension Entlüftungskanäle:

- Breite: 15-20 mm
- Dicke: 0,03 mm bis max. 0,05 mm

Die Oberfläche der Entlüftungskanäle sollte poliert sein. Zur Vermeidung von Belagbildung im Werkzeug empfehlen wir, die Entlüftungskanäle regelmäßig zu reinigen.

Anguss-Systeme

Kaltkanalsysteme: Die Angusskanäle sind in die Formplatten eingearbeitet und dadurch quasi ein Bestandteil des Formteils. Die Masse im Verteilerkanal erstarrt nach dem Einspritzvorgang und wird mit dem Formteil entnommen.

Heißkanaltechnik: Ein wesentlicher Vorteil dieser Technik ist die abfallarme Produktion. Um eine thermische Schädigung der Schmelze zu vermeiden, muss besonderes Augenmerk auf Auslegung und Dimensionierung gelegt werden.

Weitere Vorteile sind:

- geringere Druckverluste und dadurch die Realisierbarkeit langer Fließwege
- Werkzeuge mit mehreren Kavitäten sind problemlos realisierbar
- Anschnittsysteme ohne nachträgliche Anschnittentfernung sind üblich
- hohe Automatisierung des Produktionsprozesses
- hohe Freiheitsgrade für die Lage des Anschnittes

Materialschwindung

Schwindungsbedingte Maßunterschiede zwischen dem Formteil und der Werkzeugkavität müssen bei der Konstruktion berücksichtigt werden. Die Gesamt-Schwindung setzt sich zusammen aus

- der Entformungsschwindung, die unmittelbar nach dem Auswerfen des Teils ermittelt wird,
- der Verarbeitungsschwindung, gemessen nach 16-stündiger Lagerung im Normklima
- und der Nachschwindung.

Als Richtwerte für die Schwindung von PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen können längs zur Fließrichtung 0,3 bis 0,7 Prozent angenommen werden. Quer zur Fließrichtung sind die Werte niedriger als in Fließrichtung. Die Längsschwindung ist abhängig von der spezifischen Nachdruckhöhe über der Fließlänge.

Eine genaue Vorhersage der Verarbeitungsschwindung ist nicht einfach, da sie von einer Vielzahl von Einflussfaktoren wie z. B. Werkstoff, Verarbeitungsbedingungen, Bauteilkonstruktion und Werkzeugtechnik bestimmt wird.



Spritzgießmaschine

Schließeinheit

Die Schließeinheit wird bei der Fertigung großflächiger Formteile am stärksten beansprucht. Zur Abschätzung der erforderlichen Schließkraft kann man überschlägig mit 250 bis 500 bar pro cm^2 projizierter Fläche rechnen.

Bei einfachen Teilen mit guten Fließquerschnitten liegt der Wert eher im Bereich 250 bar und bei dünnwandigen Teilen mit langen Fließwegen eher bei 500 bar. Für dünnwandige Formteile, bei denen die Abbildung feinteiliger, optischer Strukturen gefordert ist, können durchaus auch höhere Drücke notwendig sein.

Düse und Düsen Spitze

PLEXIGLAS[®] und PLEXALLOY[®] Formmassen werden üblicherweise mit offener Düse verarbeitet. Da die Schmelze durch eine geeignete Düsentemperatur am Düsenaustritt zähflüssig eingestellt werden kann, bereitet die Verarbeitung mit offenen Düsen keine Probleme.

Der Öffnungsdurchmesser sollte jedoch reichlich bemessen sein. Wichtig ist auch, dass die Düse zur Mündung hin leicht konisch ist, damit ein kalter Schmelzpfropfen mit dem Anguss herausgezogen wird.

Zylinder und Schnecken

PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen können auf allen handelsüblichen Spritzgießmaschinen verarbeitet werden. Eingesetzt werden Standardschnecken und Standardzylinder, die auch für andere technische Thermoplaste (z.B. PC, ABS usw.) geeignet sind.

Vorschlag für eine Schneckengeometrie für die Verarbeitung von PMMA

Die von uns vorgeschlagene Zonenaufteilung entspricht einer Standard-Schnecken-Empfehlung. Bei der PMMA-Verarbeitung kann eine Verkürzung der Kompressionszone auf $3 \times D$ zusätzlich die Gefahr des Lufteinziehens verringern. Generell empfehlen wir die Rücksprache mit den entsprechenden Maschinenherstellern bzgl. speziell für PMMA entwickelter Schnecken.

	Stoff-Nr.	Kurzname
Übliche Stahlsorten für Zylinder		
	1.8519	31CrMoV9
	1.8550	34CrAlNi7
Übliche Stahlsorten für Schnecken		
	1.4122	X35CrMo17
	1.4057	X22CrNi17

Schneckengeometrie ohne Entgasung	Schneckenlänge = 20D
Einzugszone	$L = 12 \times D$ (60%)
GangtiefeEinzugszone	$h = 0,15 \times D$
Kompressionszone	$L = 4 \times D$ (20%) (besser 3D) (kernprogressiv)
Meteringzone	$L = 4 \times D$ (20%)
GangtiefeMeteringzone	$h = 0,07 \times D$
Kompression	2,1
Steigung	1D



PLEXIGLAS® und PLEXALLOY®:
hohe Farbtiefe und edle Anmutung

Förderung

Aufgrund der hohen Oberflächenhärte können PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen in Förderleitungen Abrieb verursachen. Aus diesem Grund sollten Förderleitungen aus rostfreiem Stahl ausgelegt werden. Für kurze, flexible Verbindungen sind Schläuche aus Polyurethan geeignet. Schläuche aus PVC können aufgrund ihrer geringen Abriebfestigkeit nicht empfohlen werden.



Vorbehandlung und Verarbeitung

Vortrocknung

PMMA ist hygroskopisch, d.h. es bindet Feuchtigkeit aus der Umgebung. Wenn der Feuchtigkeitsgehalt zu hoch ist, kann es bei der Verarbeitung der Formmassen zu Schlierenbildung auf den Formteilen kommen. Für eine optimale Verarbeitung empfehlen wir, unsere Formmassen generell in einem Trockenlufttrockner vorzutrocknen. Als Grundregel gilt: So heiß wie möglich trocknen, damit wird in kürzester Zeit der höchste Feuchtigkeitsentzug erreicht.

Wegen der unterschiedlichen Erweichungstemperaturen ist die Trockentemperatur für die einzelnen Formmasse-Typen verschieden. Richtwert für die optimale Trockentemperatur: 15 K unterhalb der Vicat-Erweichungstemperatur der jeweiligen Formmasse.

Für unsere Standardtypen ergibt sich nach dieser Formel:

Formmassen-Typ	Maximale Trockentemperatur
PLEXIGLAS® 8N	90 °C
PLEXIGLAS® FT15	100 °C
PLEXALLOY® NTA-1	95 °C
PLEXALLOY® NTA-3	100 °C

Werden die angegebenen Temperaturen wesentlich unterschritten, so verlängern sich die Trockenzeiten, und in ungünstigen Fällen (Umweltbedingungen, relative Luftfeuchte) verbleibt auch nach mehrstündiger Trocknung noch eine zu hohe Restfeuchte. Die Trockendauer ist vom Feuchtigkeitsgrad abhängig und liegt zwischen 2 und 6 Stunden. Das Vortrocknen ist um so sorgfältiger durchzuführen, je schwieriger die zu fertigenden Formteile sind (lange Fließwege, hohe Schmelzetemperaturen). Der zulässige Wassergehalt für eine fehlerfreie Verarbeitung liegt je nach Verarbeitungsbedingungen und Komplexität des Formteils bei < 0,05 Prozent.



Dosierung

Sehr wichtig zur Vermeidung von Lufteinzug beim Plastifizieren sind ebenfalls einzuhaltende Richtwerte des Dosierhubes. Dabei darf der maximal genutzte Dosierweg $3 \times D$ nicht überschritten werden. Dosierwege $< 1 \times D$ sind ebenfalls zu vermeiden. Auch hier kann bei zu kurzen Dosierwegen ein Lufteinzug verursacht werden.

Schneckengeschwindigkeit

Abhängig vom Schneckendurchmesser: je größer der Durchmesser, desto niedriger die Drehzahl (Umfangsgeschwindigkeit $< 0,3 \text{ m/s}$).

Empfehlungen:

Schneckendurchmesser	Maximale Schneckendrehzahl
30 mm	120 U/min
45 mm	90 U/min
60 mm	70 U/min
90 mm	50 U/min
120 mm	30 U/min

Mit zunehmender Drehzahl nimmt die Scherung in der Schmelze zu und die Massetemperatur steigt an.

Bemerkung:

Bei zu hohen Temperaturen besteht die Gefahr der thermischen Schädigung (sichtbar in Form von Schlieren auf der Formteiloberfläche).

Staudruck

Bis 20 bar. Dies entspricht einem Druck in der Formmasse von ca. 100 bis 200 bar. Mit wachsendem Staudruck nehmen Massetemperatur und Mischwirkung zu, die Plastifizierleistung geht zurück.

Einspritzgeschwindigkeit

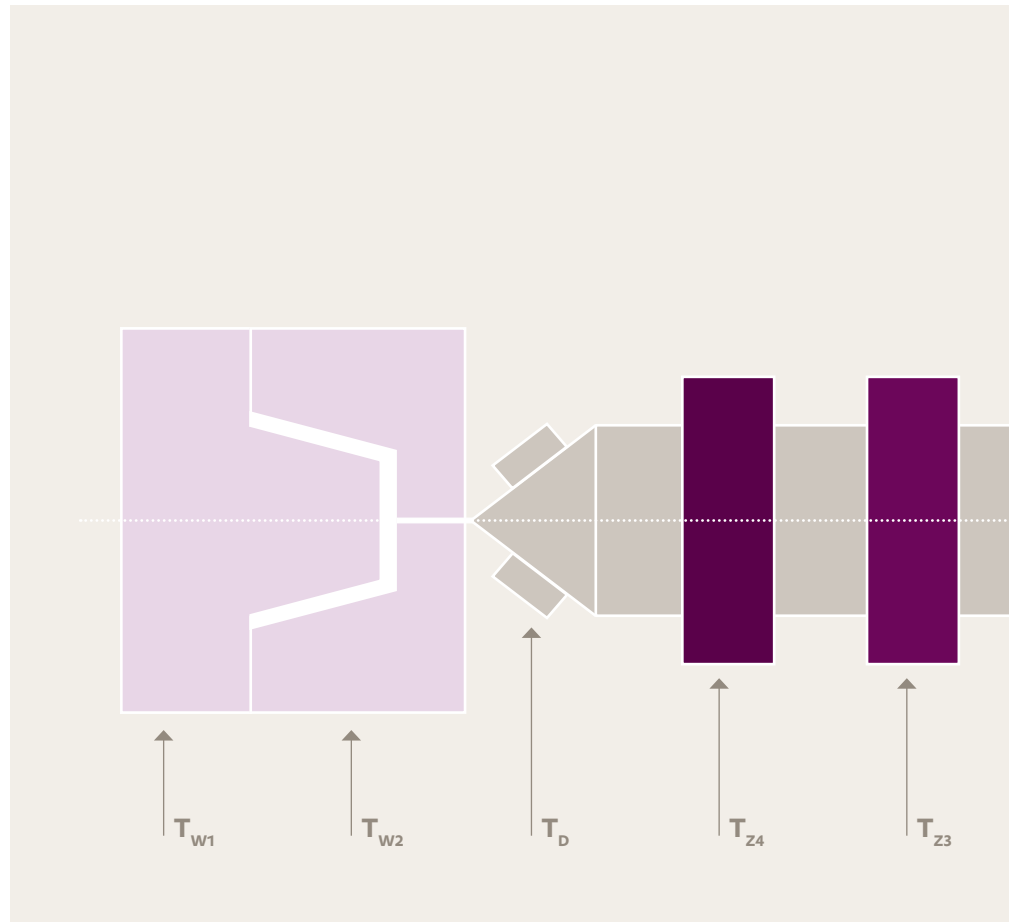
Dickwandige Formteile: langsam (sonst Quetschfalten und Einfallstellen)
Dünnwandige Formteile: schnell (sonst unruhige Oberfläche und sogenannter Orangenhauteffekt)

Spritzdruck (spezifisch)

Spritzdruck bei Produktionsbeginn niedrig halten und steigern bis Formhohlraum vollständig gefüllt ist. Dadurch wird unnötig hoher Spritzdruck vermieden!

Nachdruck

Die konstante Druckhöhe (ca. 60 Prozent des Einspritzdruckes) und Dauer sind so zu wählen, dass das Formteil gut gefüllt ist und keine Einfallstellen mehr sichtbar sind.



Vorbehandlung und Verarbeitung

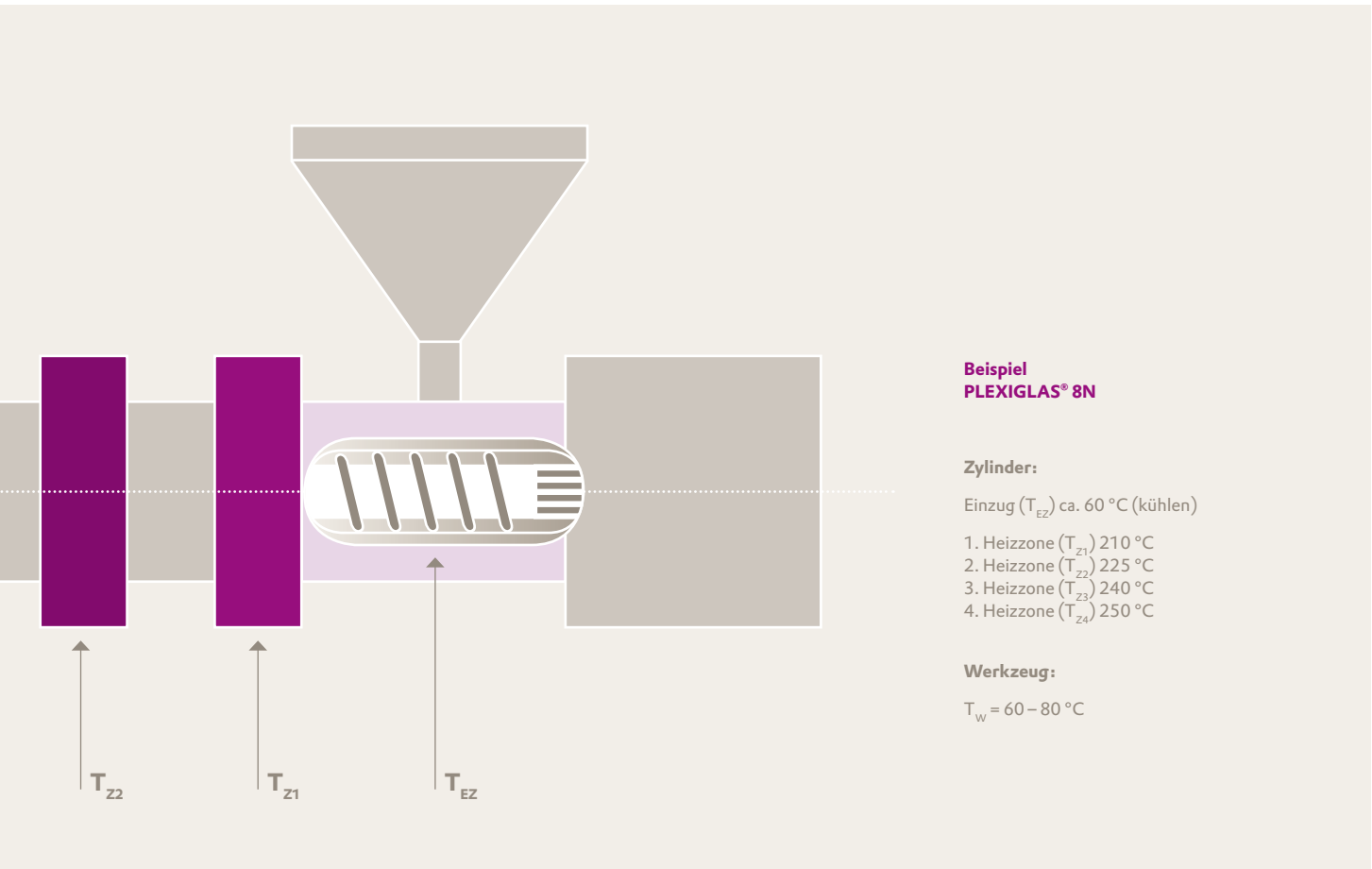
Werkzeug- und Zylindertemperierung

Der Einfluss der Werkzeugtemperatur auf die Verarbeitung und die Eigenschaften des Fertigteils wird oft unterschätzt. Das Einspritzen von PLEXIGLAS® oder PLEXALLOY® Schmelze in ein kaltes Werkzeug erschwert die Füllung und führt beim Formteil sehr oft zu hohen Abkühlspannungen, Verzug, starker Orientierung, nicht optimaler Oberfläche und Einfallstellen. Es ist deshalb erforderlich, eine gleich bleibende Werkzeugtemperatur durch ein angeschlossenes Temperiergerät zu gewährleisten.

Wasserthermostate sind fast immer ausreichend, da selten höhere Werkzeugtemperaturen als 90 °C benötigt werden. Eine reine Wasserkühlung im Durchlauf (ohne Thermostat) zur Abführung der Wärme ist nicht empfehlenswert.

Die Temperierkanäle im Werkzeug sind so zu verteilen, dass alle Zonen des Formteils etwa gleichmäßig abgekühlt werden; das bedeutet, dass an dicken Stellen mehr Wärme abgeführt werden kann als an dünnen.

Je dichter die Kanäle an der Formoberfläche liegen, desto wirksamer ist die Temperierung. Bei Formteilen mit größeren Wandunterschieden oder auch bei Formteilen mit ungleichen Oberflächen (eine Oberfläche glatt / andere Oberfläche strukturiert) lässt sich durch getrennte Temperierung der beiden Formhälften ein Verzug ausgleichen.



Zylindertemperaturen

Um einen stabilen Einzug zu gewährleisten, ist die erste Zone etwas niedriger einzustellen. Zylindertemperaturen je nach Formmassen-Type ca. 210 bis 260 °C (siehe grafische Darstellung oben).

Handling nach dem Spritzgießen

Entnommene Formteile sind statisch aufgeladen und es besteht die Gefahr, dass Schmutz und Staub aus der Umgebung angezogen werden. Bei der Herstellung von Formteilen mit Class-A Oberfläche sollte deshalb größtmögliche Sauberkeit eingehalten werden.

Nach dem Spritzgießen ist die Oberfläche der Formteile besonders kratzempfindlich. Wir empfehlen die Teile nur mit Stoffhandschuhen anzufassen, bzw. direkt nach der Entnahme aus dem Werkzeug eine Schutzfolie aufzubringen.

Die Kratzfestigkeit der Teile erhöht sich mit zunehmender Lagerungszeit durch die Aufnahme von Feuchtigkeit.

Eine evtl. Prüfung der Kratzfestigkeit sollte daher erst nach frühestens 48 Stunden nach Abzug der Schutzfolie, bzw. Produktion des Formteils durchgeführt werden.



Kennwerte

	Einheit	Norm	PLEXIGLAS®		PLEXALLOY®	
			8N	FT15	NTA 1	NTA 3
Mechanische Kennwerte						
Zug-Modul (1 mm/min)	MPa	ISO 527	3300	3500	2700	2900
Streckspannung (50 mm/min)	MPa	ISO 527	77 (1)	50 (1)	68	60
Streckdehnung (50 mm/min)	%	ISO 527			5	0
Nominelle Bruchdehnung	%	ISO 527	5,5 (2)	3,1 (2)	10	2,6
Charpy Schlagzähigkeit (23 °C)	kJ/m²	ISO 179	20	18	50	16
Thermische Kennwerte						
Vicat Erweichungstemperatur (B/50)	°C	ISO 306	108	115	110	116
Glasübergangstemperatur	°C	IEC 10006	117	121	120	126
Formbeständigkeitstemperatur (1,8 MPa)	°C	ISO 75	98	105	103	106
Brandverhalten		DIN 4102	B2	B2	B2	B2
Brennbarkeit (UL 94 bei nom. 1,6 mm)	Klasse	IEC 707	HB	HB	HB	HB
Rheologische Kennwerte						
Schmelzevolumenrate MVR (230/3,8)	cm³/10 min	ISO 1133	3	4,5	4	2
Sonstige Kennwerte						
Dichte	g/cm³	ISO 1183	1,19	1,19	1,18	1,18
Wasseraufnahme in Wasser	%	ISO 62			> 3 %	> 3 %

(1) Bruchspannung (5 mm/min) (2) Bruchdehnung (5 mm/min)

Produkte



Die verschiedenen PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Typen verfügen über spezifische Eigenschaftsprofile – zugeschnitten auf die Anforderungen für die unterschiedlichen Karosserieanbauteile.



Polieren

Polieren von Formteilen aus schwarz eingefärbten PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen

Innerhalb der thermoplastischen Kunststoffe besitzen PLEXIGLAS® und PLEXALLOY® Formmassen die höchste Oberflächenhärte. Kratzer treten daher vergleichsweise selten auf. Sollte dennoch ein Kratzer entstanden sein, der auf hochglänzenden, schwarzen Oberflächen besonders auffällt, kann dieser wieder auspoliert werden.

Detaillierte Informationen hierzu erhalten Sie gerne auf Anfrage.

→ plexiglas.polymers@evonik.com

Ausgangszustand

Fläche bis zum oberen rechten Rand mit Sandpapier bearbeitet

Anschließend Oberfläche hochglanzpoliert



® = eingetragene Marke
PLEXIGLAS und PLEXALLOY sind eingetragene
Marken der Evonik Röhm GmbH, Darmstadt.

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.

10/0909/ZA (de)
September 2009



EVONIK
INDUSTRIES

Evonik Röhm GmbH

Acrylic Polymers

Kirschenallee

64295 Darmstadt

TELEFON +49 6151 18-4772

TELEFAX +49 6151 18-3177

plexiglas.polymers@evonik.com

www.plexiglas-polymers.de

Evonik. Kraft für Neues.