



PLEXIGLAS®
Film

Allgemeine Informationen zu Film Insert Molding auf PLEXIGLAS® Basis

Film Insert Molding (FIM)

Um dem Wunsch nach hochwertigen Dekoren und vielseitigen Designs nachzukommen, werden immer häufiger Spritzgießteile mit Folien dekoriert. Beim so genannten Film Insert Molding (FIM) werden bedruckte Folien verformt, gestanzt und in Spritzgießwerkzeuge eingelegt. Hierdurch ergibt sich ein flexibler und rationeller Fertigungsprozess, um universelle und schnelle Dekorwechsel mit dem Spritzgießverfahren zu verbinden. Beim Spritzgießen bleiben Funktionselemente wie Rippen, Durchbrüche, Gewinde, Schweißstege und Schnapphaken erhalten. Durch den Einsatz von glasklar transparenten PLEXIGLAS® Folien können optische Funktionen wie Lichtleitung bzw. Durchlicht-Signalfunktionen verwirklicht werden.

Mit Film Insert Molding auf Basis PLEXIGLAS® Folien steht ein System zur Verfügung, das höhere Anforderungen an verringerte Doppelbrechung, Witterungsbeständigkeit, Kratzfestigkeit und präzise Farborte mit perfekter Dekorausbildung erfüllt. Herkömmliche Systeme mit anderen Polymeren erreichen dies nicht.

Ebenfalls ist hervorzuheben, dass sich FIM Bauteile auf Basis PLEXIGLAS® PMMA ohne Weiteres komplett recyceln lassen, was in der heutigen Zeit immer mehr an Bedeutung gewinnt.

Aus PLEXIGLAS® PMMA hergestellte FIM Bauteile sind rein (meth)acrylatbasiert. Die einzelnen Bausteine – PLEXIGLAS® Folie, acrylatbasierende Siebdruckfarbe und PLEXIGLAS® Formmasse – ergänzen sich zu einem optimalen Verbund.

Folien

Für Film Insert Molding mit PLEXIGLAS® Folien eignen sich besonders die Sorten PLEXIGLAS® Folie 99524 und PLEXIGLAS® Folie OF003. Die Folien verfügen über eine hohe Oberflächenhärte, sind absolut witterungsbeständig und zeigen ein gutes Umformverhalten beim Tiefziehen sowie beim Formen in Spritzgießwerkzeugen.

Sie sind in Dicken von 125 bis 1000 µm verfügbar. Individuelle Dicken und glatte oder matte Oberflächen sind auf Anfrage erhältlich (Tabelle 1).

Tabelle 1: Verfügbare PLEXIGLAS® Foliensorten in verfügbaren Ausführungen

Produktname	Erhältliche Dicken [µm]	Anmerkungen
PLEXIGLAS® Folie 99524	175, 250, 375, 500, 750, 1000	Folie mit glatten Oberflächen auf beiden Seiten. Beide Seiten sind mit Kaschierfolien geschützt.
PLEXIGLAS® Folie OF003	250	Einseitig matte Oberfläche, einseitig glänzende Oberfläche
PLEXIGLAS® Folie OF063	125	Folie mit glatten Oberflächen auf beiden Seiten. Beide Seiten sind mit Kaschierfolien geschützt.



Siebdruckfarbe

Die Farben für FIM mit PLEXIGLAS® Folien wurden speziell für die weit verbreitete Siebdrucktechnologie entwickelt. Der Siebdruck erlaubt verschiedenste Dekore und ist auch bei Kleinserien sehr wirtschaftlich. Zudem ermöglicht er verschiedenste Farbaufträge mit sehr unterschiedlichen Schichtdicken.

Die acrylatbasierten Siebdruckfarben wurden besonders für gute Bedruckung, hohe Verformbarkeit und sehr gute Auswaschbeständigkeit beim Hinterspritzen ausgelegt. Sie ermöglichen die Einhaltung eng definierter Farborte, insbesondere für klar transparente Einfärbungen. Ein Trübungs-niveau unter 1 % ist erreichbar, da Folie, Siebdruckfarbe und Formmasse den gleichen Brechungsindex haben. Die Siebdruckfarben sind von verschiedenen Herstellern zu beziehen, deren Kontakte auf Anfrage erhältlich sind.

Empfehlung für das Bedrucken der PLEXIGLAS® Folie 99524

Grundsätzlich eignen sich beide Oberflächen der PLEXIGLAS® Folien für die Bedruckung. Bei Verwendung von Effektfarben empfiehlt es sich, die Seite mit der farblosen Schutzfolie zu bedrucken, um ein Optimum an Brillanz zu erzielen (Abbildung 1).

Farben wie Rot, Blau, Schwarz usw. werden auf die Seite mit der blauen Schutzfolie bedruckt (Abbildung 2).

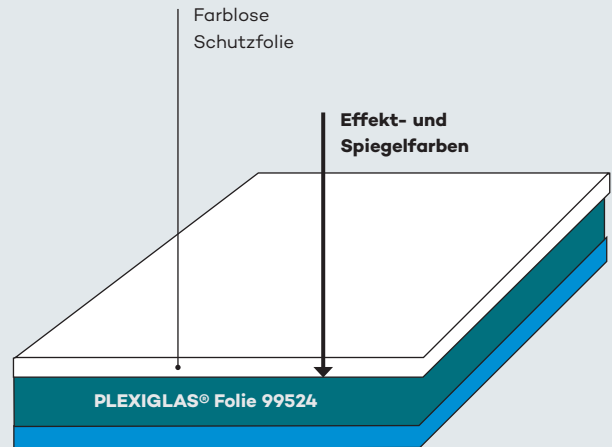


Abbildung 1: Bevorzugte Bedruckungsseite für Effekt- und Spiegelfarben.

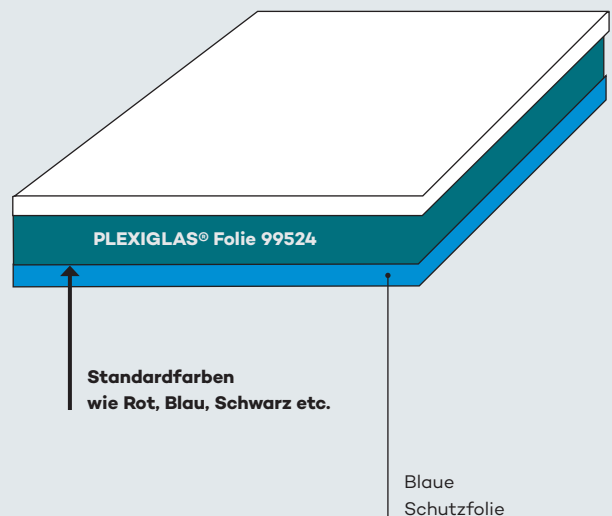


Abbildung 2: Bevorzugte Bedruckungsseite für Standardfarben.

Formmasse

Die von uns lieferbaren PLEXIGLAS® Formmassen sind perfekt auf die entwickelten Bindemittel in der Siebdruckfarbe abgestimmt. Sehr gute Fließeigenschaften reduzieren im Hinterspritzvorgang die Gefahr von Auswascheffekten. Der hohe E-Modul, insbesondere von PLEXIGLAS® Formmasse 8N, bietet beste Voraussetzungen, um mit geringen Bauteildicken die gewünschte Formteilsteifigkeit zu erhalten. Die leichter fließende PLEXIGLAS® Formmasse 7N unterstützt zusätzlich einen besonders dekorschonenden Füllvorgang.

Mit PLEXIGLAS® Formmasse zk5BR/zk6BR und der noch leichter fließenden Variante PLEXIGLAS® zk5HF/zk6HF, sowie AG100 stehen Formmassen zur Verfügung, die zusätzlich zu einer ausgewogenen Kombination von Steifigkeit, Wärmeformbeständigkeit und hoher optischer Güte auch eine deutlich verbesserte Zähigkeit bieten. Die nachfolgende Tabelle zeigt die technischen Daten der einzelnen Formmassen auf.

Tabelle 2: Technische Daten von PLEXIGLAS® Formmassen.

	Zug- Module (1mm/min)	Streck- spannung (50mm/min)	Streck- dehnung (50mm/min)	Nominelle Bruch- dehnung	Bruch- spannung (5mm/min)	Bruch- dehnung (5mm/min)	Charpy- Schlagzä- higkeit (23 °C)	Vicat- Erweichungs- Temperatur (B/50)	Schmelze- volumenrate MVR (230 °C/ 3,8 kg)
Einheit	MPa	MPa	%	%	MPa		kJ/m²	°C	cm³/10 min
Norm	DIN EN ISO 527-3	DIN EN ISO 527-3	DIN EN ISO 527-3	DIN EN ISO 527-3	DIN EN ISO 527-3	DIN EN ISO 527-3	ISO 179/1eU	ISO 306	ISO 1133
PLEXIGLAS®									
7N	3200	-	-	-	73	3,5	20	103	6
8N	3300	-	-	-	77	5,5	20	108	3
PLEXIGLAS® Resist									
zk5BR	2400	62	4,5	27	-	-	50	100	3,3
zk6BR	1800	45	5	54	-	-	80	95	1,6
zk5HF	2500	55	4,5	25	-	-	50	96	8,1
zk6HF	1900	45	5	50	-	-	75	94	4,2
AG100	2200	55	5	45	-	-	120	105	1,1



Zuschnittsgrößen und Schrumpf

Beim ersten Erwärmen von PLEXIGLAS® Folien über die Erweichungstemperatur hinaus wird ein herstellungsbedingter einmaliger Schrumpf des Folienmaterials in Länge bzw. Breite ausgelöst. Der Folienschrumpf tritt bei Verarbeitung im Tiefzieh- und Druckformen nicht auf, macht sich jedoch beim Erwärmen der nicht eingespannten Folienformate bemerkbar. Daher darf die Temperatur beim Trocknen der Siebdruckfarbe 80 °C nicht überschreiten.

Bedrucken

PLEXIGLAS® Folien lassen sich sowohl im Format- als auch im Rollensiebdruck bedrucken. Da die Siebdruckfarbe ein Lösungsmittelsystem ist, muss für gute Belüftung während des Druckens gesorgt werden. Für die Farbe sind Verdünner bzw. Verzögerer der jeweiligen Hersteller erhältlich. Um optimale Ergebnisse beim Hinterspritzen (Vermeidung von Auswaschung) zu erzielen, sollte die Farbe mit dem Druckgut bei maximal 80 °C getrocknet werden.

Das Umfeld an dem Siedruckautomat muss möglichst staubfrei gehalten werden, da Staubpartikel zu Druckfehlern führen. Eine Reinigungseinheit für das Druckgut vor dem Druckbereich ist ratsam. Es empfiehlt sich, die zu bedruckenden PLEXIGLAS® Folien mindestens 48 h vor dem Drucken in einem Raum zu lagern, der ein vergleichbares Raumklima wie der Druckraum hat.

Vorbehandlung von PLEXIGLAS® Folie für die thermische Verarbeitung

PLEXIGLAS® PMMA kann bis zu 2 % Wasser aufnehmen (Abbildung 3). Bei hohen Verarbeitungstemperaturen über 100 °C können Blasen im Material auftreten. Um Feuchtigkeit im Material zu reduzieren ist es ratsam, die Feuchtigkeit in PLEXIGLAS® Folie mittels Trocknen zu reduzieren. Die notwendige Dauer für das Trocknen ist abhängig von der Dicke der Folien und der Temperatur beim Trocknen. Wir empfehlen eine Temperatur von 80 °C für ca. eine Stunde (Dicken bis zu 1 mm).

Wassergehalt in %

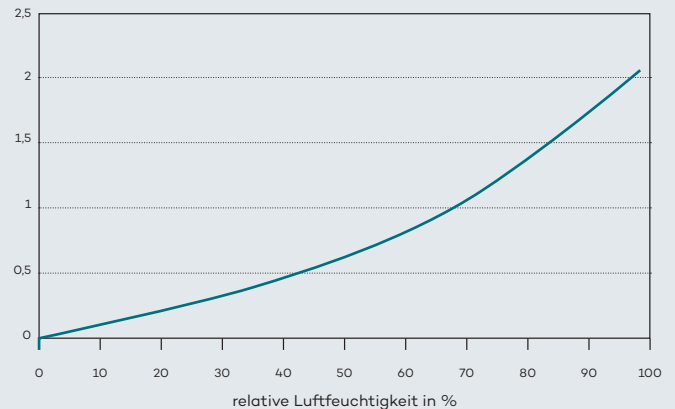


Abbildung 3: Wasseraufnahme von PLEXIGLAS® PMMA in Abhängigkeit der relativen Luftfeuchtigkeit.

Tiefziehen

PLEXIGLAS® Folien zeigen in verschiedensten Umformverfahren ein sehr gutes Verhalten. Kanten werden beim Umformen sehr präzise abgebildet. Es sind Umformverhältnisse möglich, die mit anderen transparenten Folien nahezu nicht zu erreichen sind. Beim Auslegen des Umformwerkzeuges sollte folgendes beachtet werden:

- Werkzeugmaterial: Stahl oder Aluminium. Holz-, Epoxyd- oder Phenolharz-Werkzeuge scheiden für die Großserie aus.
- Schwindung: 0,5–1 %
- Durchmesser Vakuumborungen: < 0,5 mm
- Entformungsschräge: 2–3°

Aufgeheizt werden die PLEXIGLAS® Folien üblicherweise mit mittelwelligen Infrarotstrahlern. Die Umformtemperatur in der Folie sollte je nach Druckfarbe zwischen 120 und 150 °C betragen.

Tabelle 3: Beispielparameter für das Hochdruckformen an einer Hochdruckmaschine

Material	Temp. Folienheizung oben	Temp. Folienheizung unten	Heizzeit	Folientemp.	Temp. Formeinsatz	Hochdruck	Hochdruck- zeit	Rampe
PLEXIGLAS® Folie OF003 in 250 µm	270 °C	270 °C	10 s	137 °C	100 °C	80 bar	3 s	48,1
PLEXIGLAS® Folie 99524 in 250 µm	270 °C	270 °C	16 s	129 °C	100 °C	80 bar	3 s	50

Hochdruckformen

Bei diesen speziellen Verfahren, die einen sehr geringen Dekorverzug ermöglichen, zeigen PLEXIGLAS® Folien ebenfalls ein sehr gutes Umformverhalten; kantenscharfe Abformung ist gut möglich. Verarbeitungsparameter für das Hochdruckformen können je nach eingesetzter Folie, der Materialstärke dieser Folien, sowie der Druckfarben variieren. Exemplarische Einstellungen einer Hochdruckverformungsmaschine lassen sich obenstehender Tabelle 3 entnehmen.

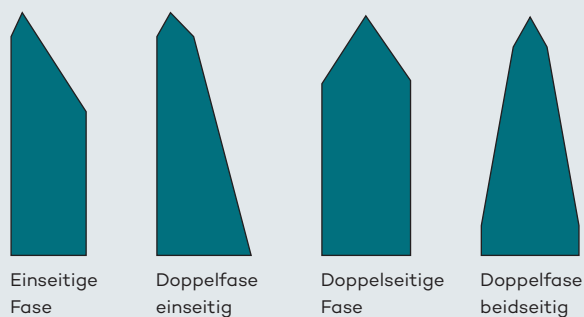


Abbildung 4: Verschiedene Geometrien für Stanzwerkzeuge.

Stanzen

Zum Stanzen von PLEXIGLAS® Folien sind einige Voraussetzungen notwendig, um zu einem guten Stanzergebnis zu gelangen.

- Benutzen von Schnellstanzpressen
- Nur Werkzeuge mit scharfen, nicht ausgebrochenen Kanten einsetzen
- Stanzen der PLEXIGLAS® Folie bei Raumtemperatur oder wärmer

Eine einseitige Doppelfase ist die am besten geeignete Geometrie für ein Stanzwerkzeug beim Stanzen von PLEXIGLAS® Folie (Abbildung 4 und 5).

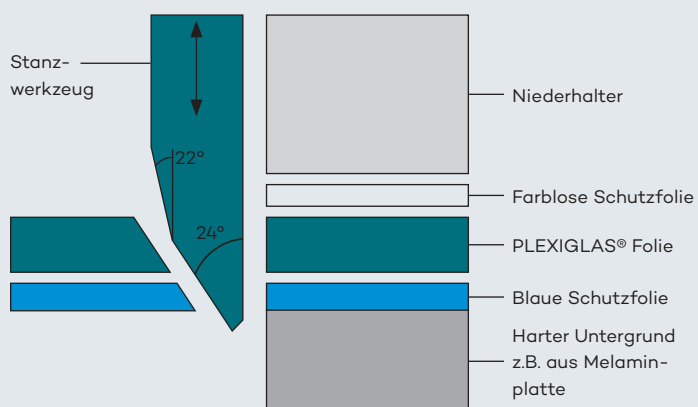


Abbildung 5: Schematische Darstellung eines Stanzprozesses von PLEXIGLAS® Folie 99524.



Nachfolgend werden drei Möglichkeiten für das Stanzen und Schneiden von PLEXIGLAS® und EUROPLEX® Folien beschrieben:

Bandstahlwerkzeuge

Bandstahlwerkzeuge sind grundsätzlich für das Stanzen von PLEXIGLAS® und EUROPLEX® Folien weniger geeignet, da diese zu größeren Toleranzen von bis zu $\pm 0,2$ mm führen. Jedoch ist das Stanzen mit Bandstahlwerkzeugen (schematische Darstellung s. Abbildung 6) eine vergleichsweise kostengünstige Variante.

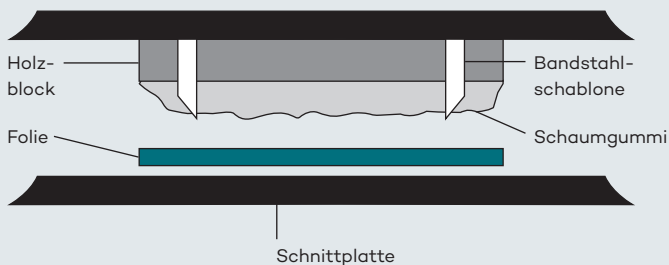


Abbildung 6: Schematische Darstellung eines Stanzenprozesses mit einem Bandstahlwerkzeug.

Säulengeführte Vollwerkzeuge

Säulengeführte Vollwerkzeuge erreichen eine Präzision von $\pm 0,02$ mm. Dabei sollten hydraulische Pressen oder Exzenterpressen vorgezogen werden. Die Geometrie der Werkzeuge sollte wie oben beschrieben ausgelegt sein.

Für gute Stanzergebnisse mit PLEXIGLAS® Folien ist ein sehr präziser Schnittspalt nötig. Der Schnittspalt sollte zwischen $0,01$ – $0,03$ mm liegen. Größere Schnittspalte führen zu unsauberem Stanzkanten. Es empfiehlt sich auf jeden Fall, das Stanzwerkzeug zu beheizen. Die eingestellte Temperatur sollte zwischen 60 – 90 °C liegen.

Die Schnittkante bei PLEXIGLAS® Folien kann ebenfalls verbessert werden, indem das Stanzgut auf 60 – 70 °C erwärmt wird. Auch gut bewährt haben sich spezielle Hartbeschichtungen der Werkzeugeinsätze wie z. B. mit Titanitrid. Prinzipiell sollte die Kaschierfolie auf der PLEXIGLAS® Folie während des Stanzens belassen werden; hiermit wird das Stanzverhalten zusätzlich verbessert.

Abbildung 7 verdeutlicht die Unterschiede der resultierenden Stanzkanten von einem gut ausgeführten und einem nicht optimalen Stanzprozess.

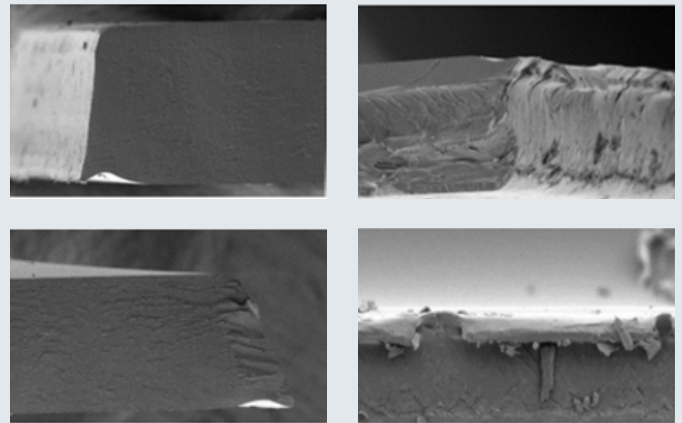


Abbildung 7: Mikroskopische Aufnahmen von Schnittkanten aus Stanzenprozessen in unterschiedlicher Qualität. Links ist das Ergebnis eines optimalen Stanzenprozesses zu sehen. Rechts wurde mit einem stumpfen Werkzeug, einer falschen Geometrie und langsamen Geschwindigkeiten gearbeitet, was zu einem unsauberem Ergebnis führt.

Laserschneiden

Das Laserschneiden findet als Verfahren zum Schneiden von Kunststofffolien immer größere Anwendung. Ein Vorteil des Verfahrens gegenüber dem Stanzen sind sehr saubere, präzise Schnittkanten. Ein CO_2 Laser eignet sich hervorragend für das Laserschneiden von PLEXIGLAS® Folien. Für eine optimale Absaugung während des Laserschneidens muss gesorgt sein, da sich sonst Schmauch auf dem Schneidgut ablagern kann.



Übliche Parameter für das Schneiden von PLEXIGLAS® Folie

Laserleistung:

- 50 Watt

Schnittgeschwindigkeit:

- 60–70 mm/s (für Foliendicken zwischen 0,5 mm–1,0 mm)
- 120–150 mm/s (für Foliendicken zwischen 0,125 mm–0,5 mm)

Spritzgießen beim Film Insert Molding Prozess

Beim Hinterspritzen von PLEXIGLAS® Folien-Inserts müssen besondere Gegebenheiten beachtet werden, um zu guten Formteilen zu gelangen.

Spritzgießmaschine / Umfeld

Beim FIM-Prozess erfüllt eine gängige Spritzgießmaschine für technische Formteile üblicherweise alle Anforderungen. Eine Kaskadensteuerung sollte vorhanden sein, um Nadelverschlussdüsen ansteuern zu können.

Die Inserts sollten mit einem Handlingroboter ins Spritzgießwerkzeug eingelegt werden, um die nötige Positionsgenauigkeit zu erhalten. Staub muss von den Inserts und vom Spritzgießwerkzeug ferngehalten werden. Staubpartikel führen zu Oberflächendefekten und somit zu Ausschuss. Deshalb sollten Handlinggeräte (z. B. Knickarmroboter), Insertmagazin und die Schließseite der Spritzgießmaschine eingehaust werden. Mit einer Laminar-Flowbox wird dann die Einhausung mit leichtem Überdruck beaufschlagt.

Spritzgießwerkzeug

Spritzgießwerkzeuge müssen von vornherein für die FIM-Technologie ausgelegt werden. Bestehende Werkzeuge auf die Folientechnik umzustellen, führt zu unbefriedigenden Ergebnissen. Dies bedeutet im Einzelnen:

- ausreichende Anzahl von Angüssen notwendig, um den Volumenstrom pro Anschnitt zu verringern.
- gegebenenfalls breitgeführten Filmanschnitt wählen, um die thermodynamische Belastung der Farbschicht im Angussbereich zu reduzieren.
- Bindenähte vermeiden, da sonst Quetschfalten in der Folie (Abbildung 8) entstehen. Deshalb bei mehreren Anschnitten Heißkanal-Nadelverschlussystem mit Kaskadensteuerung wählen.
- Anguss nicht direkt in Richtung der Folie auslegen, sondern in einen Seitenbereich oder auf einen Hilfssteg legen.
- Werkzeughälften getrennt temperieren, um Verzug entgegenzuwirken.
- Die Foliendicke muss vom Fließquerschnitt im Werkzeug abgezogen werden.
- Um den Hochglanz der PLEXIGLAS® Folie zu erhalten, muss die Oberfläche im Spritzgießwerkzeug Spiegelglanz aufweisen.

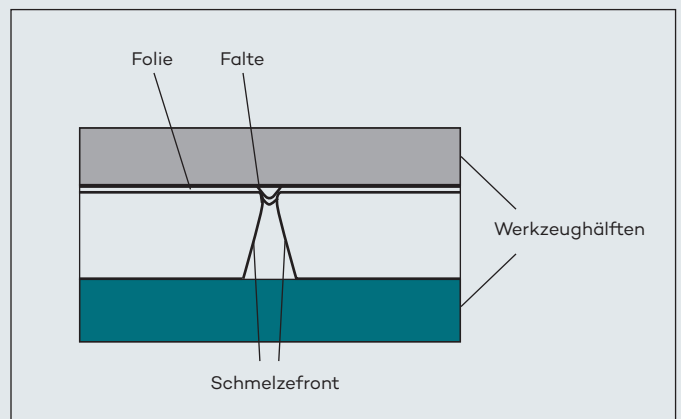


Abbildung 8: Entstehung von Quetschfalten beim Spritzgießen.



Spritzgießparameter

Um Auswascheffekte in der Farbschicht zu verhindern, empfehlen sich folgende Parameter:

- Schmelztemperatur im unteren Temperaturbereich der verwendeten Formmasse wählen. Die Temperatur darf jedoch nicht zu gering sein, da sonst Haftungsprobleme auftreten können. Daher empfiehlt es sich, leichter fließende Formmassen zu verwenden. Geeignete Formmassen mit guter Verträglichkeit mit PLEXIGLAS® Folien sind: PMMA, ABS, ASA, PC/ABS-Blends, PC/ASA-Blends, MABS, MBS
- Werkzeughälfte (Folienseite) mit möglichst niedriger Temperatur einstellen (mit PLEXIGLAS® Formmasse ca. 40–50 °C)
- Einspritzprofil
 - erste 5 % Volumenfüllung: langsam
 - nächste 90 % Volumenfüllung: schnell
 - letzte 5 % Volumenfüllung: langsam

Anmerkung: Diese Empfehlungen sind lediglich anfängliche Grundeinstellungen. Für optimale Ergebnisse, können die Einstellungen erheblich von den hier angegebenen abweichen, da diese von dem verwendeten Werkzeug und den Maschinen abhängen.

POLYVANTIS GmbH

Riedbahnstraße 70
64331 Weiterstadt
Deutschland

www.plexiglas.de
www.polyvantis.com

® = registered trademark

Polymethylmethacrylat (PMMA)-Halbzeuge von POLYVANTIS werden auf dem europäischen, asiatischen, afrikanischen und australischen Kontinent unter der registrierten Marke PLEXIGLAS®, auf dem amerikanischen Kontinent unter der registrierten Marke ACRYLITE® vertrieben, jeweils eingetragene Marke der Röhm GmbH, Darmstadt, oder ihrer verbundenen Unternehmen.
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.