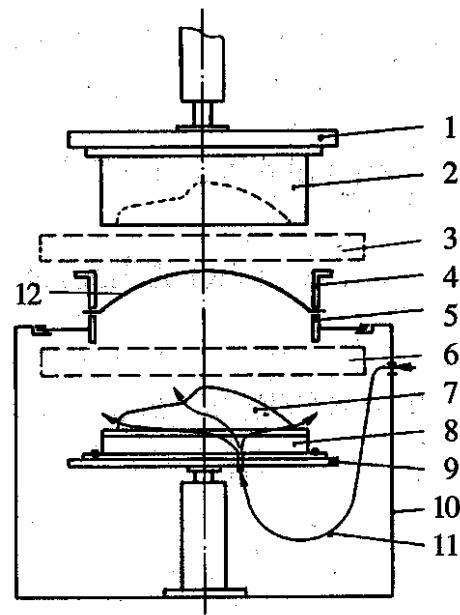


Thermoformen

Verfahren

Der Thermoformzyklus wird in folgende Phasen eingeteilt:

- **Plattenmaterial einlegen**
Das Material wird zwischen einem Spannrahmenober- und -unterteil eingespannt.
- **Erwärmung des Halbzeuges**
Unter- und Oberheizung werden über die Platte gefahren und erwärmen das Halbzeug mittels IR-Strahlung bis zur nötigen Umformtemperatur.
- **Formungsvorgang**
Die Heizungen werden entfernt, der Formentisch mit dem Werkzeug noch oben gefahren. Falls nötig kann mit etwas Druckluft einem Durchhängen der erwärmten Platte entgegenge-wirkt werden. Mit Vakuum wird die heiße Kunststoffplatte an das Werkzeug angelegt.
- **Kühlphase und Nachbearbeitung**
Mit Gebläsen wird das verformte Teil abgekühlt. Der verbleibende Materialrand wird abgesägt oder gefräst.



- 1 oberer Tisch (Sonderausstattung)
- 2 Oberstempel (Sonderausstattung)
- 3 Oberheizung
- 4 Spannrahmen (Oberteil)
- 5 Spannrahmen (Unterteil)
- 6 Unterheizung
- 7 Werkzeug
- 8 Werkzeugaufspannplatte
- 9 Formentisch
- 10 Blaskasten
- 11 Vorblasluft / Vakuum
- 12 Kunststoffplatte (Werkstück)

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Werkstückvorbereitung

Kunststoffe laden sich durch Reibung, wegen ihres hohen elektrischen Widerstandes, elektrostatisch auf. Dies erfolgt insbesondere beim Entfernen der Schutzfolie. Durch die elektrostatische Aufladung haften Staub und kleine Schmutzpartikel an der Platte an und führen zu Abdrücken beim Thermoformprozess.

Die Platten sollten vor dem Aufheizen mit ionisierter Luft aus Ionisierungsgeräten antistatisch behandelt werden.

Abhängig von Werkstoff, Lagerzeit und Lagerbedingungen nehmen die Kunststoffplatten Feuchtigkeit auf.

Wenn der Feuchtigkeitsgehalt einen kritischen Wert überschreitet bilden sich kleine Bläschen während der Aufheizphase. Um dies zu vermeiden müssen die Platten vor der Thermoformung getrocknet werden.

Die Trocknungsbedingungen sind unter den einzelnen Werkstoffen aufgeführt.

Erwärmung des Halbzeuges

Die Erwärmungsdauer des Halbzeuges ist abhängig vom Werkstoff und dem verwendeten Strahlersystem.

Üblicherweise werden IR-Strahler im Wellenlängenbereich 1000nm bis max.8000nm eingesetzt.

Prinzipiell gibt es langwellige IR-Strahler (Keramikstrahler), mittelwellige IR-Strahler (Quarzgutstrahler) und kurzwellige IR-Strahler (Halogenstrahler).

Die Strahlertemperatur ist bei kurzwelligen Strahlern höher als bei langwelligen. Halogenstrahler erreichen ihre Betriebstemperatur nach einigen Sekunden und können während der Bereitschaft ausgeschaltet werden.

Obwohl sich die Emissionsspektren bei kurzwelligen Strahlern nur geringfügig mit den Absorptionsspektren der zu verarbeitenden Kunststoffe decken, erreichen die Halogenstrahler wegen Ihrer größeren Eindringtiefe kürzere Aufheizzeiten. Im Bereich 1000 bis 1400nm beträgt die Eindringtiefe der Strahlung teilweise über 1mm. Im langwelligen Bereich ist die Eindringtiefe geringer.

Die Farbe der thermoplastischen Platte kann insbesondere bei Halogenstrahlern einen Einfluss auf die Heizzeit haben. Deckende Farben vermindern die Eindringtiefe.

Entscheidend für den Erwärmungsvorgang ist, wie viel der auftreffenden Strahlung wie tief in die Kunststoffplatte eindringt.

Der Erwärmungsvorgang verläuft gleichmäßiger je tiefer die Strahlung eindringt. Bei hoher Strahlungsintensität kann eine hohe Eindringtiefe eine Überhitzung der Halbzeugoberfläche verhindern.

Die Strahlungsintensität ist in der Mitte des Strahlerfeldes am höchsten. Um einen starken Abfall der Plattentemperatur im Randbereich zu vermeiden, muss der Spannrahmen „verspiegelt“ werden. Dies vermindert die Strahlungsverluste im Randbereich.

Zur Beachtung

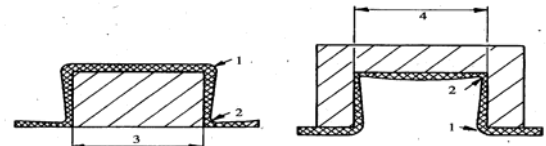
Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Positiv- und Negativ-Formung

Abhängig davon, ob die Innen- oder Außenseite des geformten Teiles in Kontakt mit dem Werkzeug kommt, unterscheidet man in Positiv- oder Negativformung. Beim **Positivformen** wird das erwärmte Halbzeug über das Werkzeug gezogen.

Beim **Negativformen** wird das Halbzeug in den Hohlraum des Werkzeuges hineingezogen.



innen

Fertigteilmaß

Fertigteilmaß außen

	Positivformen	Negativformen
Formen	Neigung zur Faltenbildung bei hohen Teilen und in Übergang von Negativ zu Positiv. Gefahr der Schreckmarkenbildung. (Dickstellen durch Kontakt mit kühlem Werkzeug)	Nur geringe Gefahr der Faltenbildung wegen Materialüberschuss.
Wandstärken - verteilung	Dicker Boden und dünner oberer Rand	Boden- und Eckbereiche dünn. Oberer Rand bleibt dick.
Aussehen der Teile	Formgenauigkeit und evtl. Markierungen an der Innenseite des Bauteiles wegen Formkontakt.	Formgenauigkeit und evtl. Markierungen an der Außenseite des Bauteiles wegen Formkontakt.
Entformen	Teil schrumpft auf Werkzeug auf. Großzügige Entformungsschrägen, üblicherweise 3 bis 5°	Leichtes Entformen. Bauteil löst sich durch Schrumpfung vom Werkzeug. Vakuum während Kühlphase nötig.
Preis	Kostengünstigere Fertigungsmöglichkeit	Teurer als Positivwerkzeuge

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Schreckmarken

Beim Einfahren des Positivwerkzeuges in das, auf Umformtemperatur erwärmte Halbzeug, entstehen Schreckmarken.

Der obere Bereich des Werkzeuges kommt in Kontakt mit der Platte und kühlt diese ab.

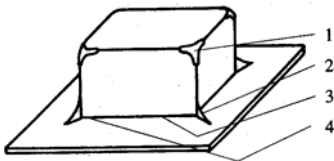
Eine starke Abkühlung erfolgt bei zu kaltem Werkzeug und bei zu langem Kontakt des Kunststoffes an der Kontaktstelle.

Aufgrund der Abkühlung lässt sich der Kunststoff nicht mehr so gut verstrecken und Dickstellen sind die Folge. Die Plattenbereiche die nicht durch vorzeitigen Werkzeugkontakt

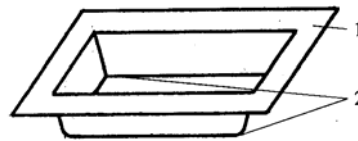
abgekühlt sind, werden überproportional gedehnt. Es kann zu Fehlstellen (Löcher) an den Werkzeugkanten kommen, die durch eine Fase an der Werkzeugoberkante vermieden werden können.

Schreckmarken werden vermieden durch:

- Pneumatisches Vorstrecken (Vorblasen)
- Hohe Werkzeugtemperatur (ca. 10°C unter Glasübergangstemperatur)
- Werkzeug nicht zu langsam in die erwärmte Platte einfahren



- 1 Schreckmarken
- 2 Falten
- 3 dünne Streifen
- 4 dicke Stellen



- 1 Rand gleichmäßig
- 2 Dünne Ecken

Zur Beachtung

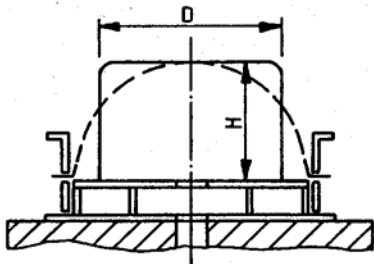
Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

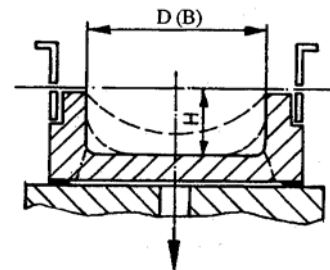
Pneumatisches Vorstrecken (Vorblasen)

Insbesondere beim Thermoformen von zylindrischen oder quaderförmigen Werkstücken mit dem **Positiv**verfahren werden die Seitenwände stark verstreckt. Der Boden des Halbzeuges kühlt wegen des längeren Werkzeugkontaktes stärker aus und behält eine größere Wandstärke.

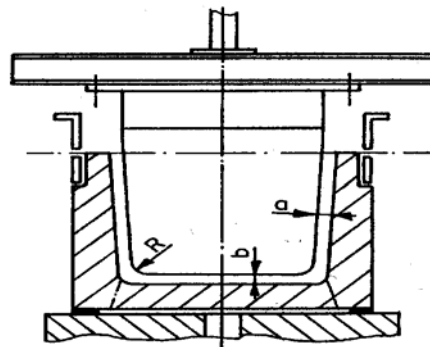
Um diese ungleiche Wandstärkenverteilung auszugleichen wird das erwärmte Halbzeug vorgeblasen. In die kugelförmig vorgeblasene, heiße Platte wird das Werkzeug eingefahren. Anschließend wird mit Vakuum die Kunststoffplatte an das Werkzeug angelegt und gekühlt.



Die Ecken, die den empfindlichsten Bereich des Formteiles darstellen, werden zusätzlich geschwächt.



Um diese ungleiche Wandstärkenverteilung auszugleichen wird das erwärmte Halbzeug, von einem der Werkzeugform angepassten Oberstempel, in das Negativwerkzeug gezogen. Anschließend wird mit Vakuum die Kunststoffplatte an das Werkzeug angelegt und gekühlt.



Mechanisches Vorstrecken(Oberstempel)

Insbesondere beim Thermoformen von zylindrischen oder quaderförmigen Werkstücken mit dem **Negativ**verfahren werden der Bodenbereich und besonders die Eckbereiche stark verstreckt.

Zur Optimierung der Wandstärkenverteilung arbeitet man mit unterschiedlichen Varianten von Oberstempeln oder Niederhaltern und Blasluft, die auch untereinander kombinierbar sind.

Welche Variante gewählt wird ist von der Gestalt des Formteiles abhängig.

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Thermoformung durch freies Saugen oder Blasen

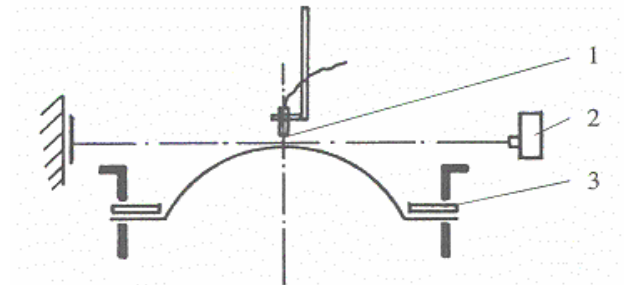
Mit dieser Verfahrensvariante werden Formteile guter optischer Qualität erzeugt, da das Formteil keinen Kontakt mit dem Werkzeug hat. Es entstehen kuppelförmige Formteile deren Grundform durch die Gestalt des Spannr Rahmens vorgegeben wird. Die Kuppelhöhe wird durch den Blasdruck bestimmt.

Die Bauteilstärke nimmt mit Höhe der Kuppel ab und erreicht an der Kuppelspitze die dünnste Materialstelle.

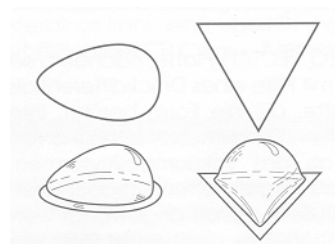
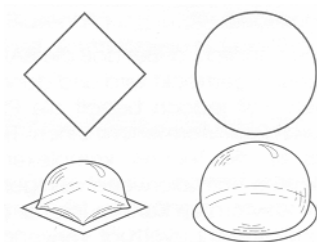
Eine Kombination dieses Verfahrens mit einer mechanischen Umformung im Randbereich ist ebenfalls möglich.

Ein typisches Anwendungsgebiet sind Lichtkuppeln aus QUINN XT. Das Material wird auf 150 bis 160°C im Wärmeschrank oder mit Infrarot-Heizung erwärmt.

Die zur Verformung einströmende Luft sollte nicht direkt auf die erwärmte Platte treffen um optische Fehler zu vermeiden. Dabei kann mit einem Prallblech gearbeitet werden, auf welches die einströmende Luft trifft.



- 1 Endschalter
- 2 Lichtschranke
- 3 Blende



Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

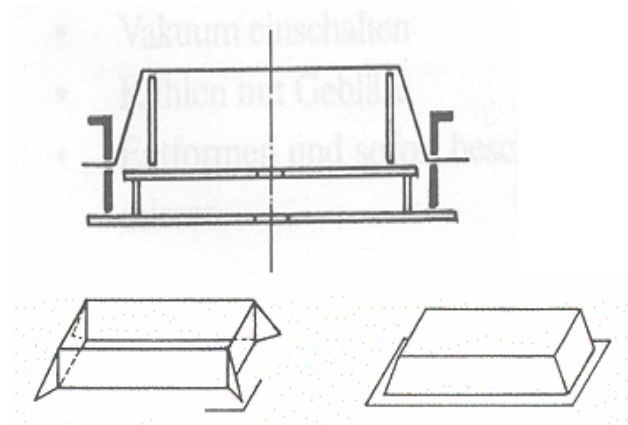
Thermoformung mit Skelettwerkzeugen

Staub und sonstige Schmutzpartikel, die am Werkzeug anhaften, führen zu Abdrücken auf dem transparenten Formteil. Um dies zu vermeiden können einfache geometrische Konturen mit Skelettwerkzeugen geformt werden.

Das Werkzeug formt nur die Kanten des Fertigteiles rein mechanisch. Die Flächen des Bauteiles ergeben sich durch das Halbzeug, welches über die Kanten gezogen wird.

Mit etwas Luftunterstützung kann ein Einfallen der Flächen vermieden werden. Abdrücke

auf den Flächen entstehen bei diesem Verfahren nicht.



Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Thermoformen mit QUINN PS

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 165 – 190°C
bei Druckluftformung: 120 – 150°C

Werkzeugtemperatur: 80°C

Entlüftungsbohrungen bei der
Vakuumformung: \varnothing 0,8mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,5%

Aufgrund der geringen Schlagzähigkeit ist es kritisch QUINN PS für Thermoformanwendungen einzusetzen.

Die niedrigste Entformungstemperatur sollte 85°C nicht unterschreiten, da sonst das Material auf das Positivwerkzeug aufschwindet und während des Entformungsprozesses zerbricht. Zusätzliche Luftkühlung darf nicht verwendet werden um ein zu schnelles Abkühlen zu vermeiden.

Sollten sich während der Erwärmung von QUINN PS Bläschen bilden ist das auf Feuchtigkeitsaufnahme während der Lagerung zurückzuführen. In diesen Fällen sind die Platten vorzutrocknen.

Trocknungstemperatur: 80°C
Trocknungsdauer: 2h pro mm Materialstärke.

Thermoformen mit QUINN SAN

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 65 – 190°C
bei Druckluftformung: 135 – 170°C

Werkzeugtemperatur: 85°C

Entlüftungsbohrungen bei der
Vakuumformung: \varnothing 0,8mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,4 – 0,7%

QUINN SAN hat kürzere Heiz- und Kühlzeiten als QUINN XT oder PC. Die Heizzeit ist gegenüber QUINN XT um ca. 30% geringer. Dies führt zu einer Kostenersparnis im Fertigungsprozess.

Der kritische Bereich beim Thermoformen von QUINN SAN ist die Kühlung und das Entformen.

Die minimale Entformungstemperatur von QUINN SAN sollte 90°C betragen.

Die Schwindung des Materials erfolgt in kürzester Zeit. Wird unterhalb 90°C abgekühlt, schwindet das Werkstückes auf das Positivwerkzeug auf und es kann bei der Entformung zum Bruch des Materiales kommen.

Sollten sich während der Erwärmung von QUINN SAN Bläschen bilden ist das auf Feuchtigkeitsaufnahme während der Lagerung zurückzuführen. In diesen Fällen sind die Platten vorzutrocknen. (siehe QUINN PS)

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Thermoformen mit QUINN XT

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 160 – 190°C
bei Druckluftformung: 140 – 160°C

Werkzeugtemperatur: 85°C

Entlüftungsbohrungen bei der
Vakuumformung: Ø 0,8mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,5 – 0,8%

Sollten sich während der Erwärmung von QUINN XT Bläschen bilden ist das auf Feuchtigkeitsaufnahme während der Lagerung zurückzuführen. In diesen Fällen sind die Platten vorzutrocknen.

Im Allgemeinen genügt eine Trocknung über Nacht bei einer Trocknungstemperatur von 80°C.

Thermoformen mit QUINN CAST

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 170 – 200°C
bei Druckluftformung: 140 – 170°C

Werkzeugtemperatur: 90°C

Entlüftungsbohrungen bei der
Vakuumformung: Ø 1,0mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,5 – 0,8%

Bezüglich der Trocknung gelten die gleichen Bedingungen wie bei QUINN XT.

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.

Thermoformen

Thermoformen mit QUINN PETG (Spectar) sheets

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 110 – 190°C
bei Druckluftformung: 100 – 120°C

Werkzeugtemperatur: 55°C (min. 25°C)

Entlüftungsbohrungen bei der Vakuumformung: Ø 0,8mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,4 – 0,5%

Aufgrund der geringeren Verarbeitungstemperaturen erreicht man kürzere Taktzeiten als bei Polycarbonat.

Wegen der hohen Schlagzähigkeit treten keine Probleme bezüglich Materialbruch während des Entformungsvorgangs auf.

Bei Werkzeugtemperaturen über 55°C bleibt das Werkstück am Werkzeug haften und verursacht Entformungsprobleme.

Das Verarbeitungsfenster ist größer als bei QUINN XT und QUINN PC.

QUINN PETG (Spectar) sheets müssen im Allgemeinen vor dem Erwärmungsvorgang nicht getrocknet werden

Thermoformen mit QUINN PC

Umformtemperatur
bei Vakuumformung: 180 – 220°C
bei Druckluftformung: 150 – 180°C

Werkzeugtemperatur: 130°C

Entlüftungsbohrungen bei der Vakuumformung: Ø 0,6mm

Verarbeitungsschwindigkeit: 0,9 – 1,1%

Wegen der sehr hohen Schlagzähigkeit treten keine Probleme bezüglich Materialbruch während des Entformungsvorgangs auf.

Polycarbonat ist ein stark hygroskopischer Werkstoff und nimmt in kürzester Zeit Feuchtigkeit auf. Diese Feuchtigkeit äußert sich in Bläschen, die während der Aufheizvorganges entstehen.

QUINN PC ist grundsätzlich vor dem Thermoformen vorzutrocknen.

Die Trocknungstemperatur bei QUINN PC beträgt 110 bis 120°C.

Die Trocknungszeiten sind der Materialdicke anzupassen:

Materialstärke [mm]	Trocknungszeit [h]
1	2
2	4
3	7
4	4
5	12
6	24
8	27
10	30
12	34
15	38

QUINN Produkte sind grundsätzlich ohne Schutzfolie Tiefzuziehen.

Zur Beachtung

Die Angaben in dieser Druckschrift basieren auf unseren derzeitigen Kenntnissen und Erfahrungen. Sie befreien den Verarbeiter wegen der Fülle möglicher Einflüsse bei Verarbeitung und Anwendung unserer Produkte nicht von eigenen Prüfungen und Versuchen. Etwaige Schutzrechte sowie bestehende Gesetze und Bestimmungen sind vom Empfänger unserer Produkte in eigener Verantwortung zu beachten.