

Technisches Datenblatt

Verarbeitung von Grilamid und Grilon durch Extrusionsblasformen

Inhaltsverzeichnis

1. Extrusionsblasform-Materialien der EMS-GRIVORY

2. Verarbeitungsverhalten von Polyamid beim Extrusionsblasformen

- 2.1 Schmelzefestigkeit
- 2.2 Trocknung
- 2.3 Verarbeitungstemperaturen
- 2.4 Schlauchschwellung
- 2.5 Aufblasverhältnis
- 2.6 Schwindung
- 2.7 Recycling

3. Maschinentechnik für das Polyamid-Blasformen

- 3.1 Technologien des Extrusionsblasformens für technische Teile
- 3.2 Extrusionsblasformköpfe
- 3.3 Schneckenkonfigurationen
- 3.4 Werkzeugtechnik

4. Integration von Anschlussteilen

5. Verarbeitungsfehler und deren Behebung

- 5.1 Fehler am Vorformling
- 5.2 Fehler am Formteil
- 5.3 Allgemeine Fehler

Die vorliegenden Daten und Empfehlungen entsprechen dem heutigen Stand unserer Erkenntnisse, eine Haftung in bezug auf Anwendung und Verarbeitung kann jedoch nicht übernommen werden.

Domat/Ems, Februar 1998

1. Extrusionsblasform-Materialien der EMS-GRIVORY

Das Blasformen als Verarbeitungsverfahren besteht seit ca. 1850, mit Blasformen von Polyamiden wurde erst wesentlich später begonnen. Die technischen Blasformmaterialien sind in letzter Zeit immer weiter entwickelt worden und haben mittlerweile ein beachtliches Sortiment erreicht.

Bei Polyamid 6 existieren derzeit Typen mit guter Schlagzähigkeit bis hin zu sehr hoher Schlagzähigkeit. Die verstärkten Typen werden mit 15 % und 20 % Glasfasergehalt angeboten.

Bei Polyamid 12 sind derzeit Typen in unverstärkter und 20 % glasfaserverstärkter Ausführung mit guter und sehr guter Schlagzähigkeit verfügbar. Die verfügbaren Typen haben alle eine sehr gute Beständigkeit gegenüber heissem Wasser und Kühlflüssigkeiten.

Tabelle 1:

Materialbezeichnung	Glasfasergehalt	Schlagzähigkeit	Schmelzefestigkeit
Grilon EB50 H	—	gut	hoch
Grilon EB50 HDZ	—	hoch	hoch
Grilon R50 HNZ	—	sehr hoch	hoch
Grilon EBV-15H	15 %	gut	hoch
Grilon EBV-2H	20 %	gut	sehr hoch
Grilon RVZ-15H.1	15 %	hoch	hoch
Grilon ELX 40 HNZ	—	sehr hoch	hoch
Grilamid L20 ANZ	—	hoch	hoch
Grilamid L25 ANZ	—	sehr hoch	sehr hoch
Grilamid LV-2 ANZ	20 %	gut	sehr hoch

2. Verarbeitungsverhalten von Polyamid beim Extrusionsblasformen

2.1. Schmelzefestigkeit

Bei der Verarbeitung von Polyamid im Blasformverfahren werden sehr hohe Anforderungen an das Material gestellt, wobei die Schmelzefestigkeit eine der wichtigsten Verarbeitungseigenschaften darstellt.

Unter Schmelzefestigkeit versteht man das «Standvermögen» des Vorformlings. Bei einer hohen Schmelzefestigkeit bleibt der Vorformling stabil, wo hingegen sich bei einer niedrigen Schmelzefestigkeit der Vorformling stärker auslängt.

Dies bedeutet, dass man zur Blasformverarbeitung Materialien benötigt, die eine hohe Schmelzefestigkeit aufweisen.

Dazu hat die EMS-GRIVORY ein eigenes Verfahren entwickelt, nach dem die Schmelzefestigkeit beurteilt wird. Bei diesem Verfahren wird ein Schlauch kontinuierlich über einen Winkelkopf extrudiert. Als Messgröße wird die Zeit verwendet, den der Schlauch benötigt, um den Abstand (1 Meter) von der Düse bis zum Boden zurückzulegen.

Bei der Messung der Schmelzefestigkeit wird immer mit einem Ausstoss von 100 Kubikzentimetern pro Minute und einem festgelegten Temperaturprofil gefahren.

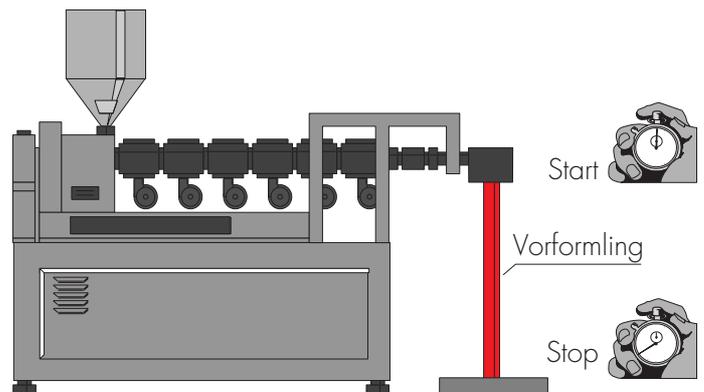


Abbildung 1: Messvorrichtung zur Bestimmung der Schmelzefestigkeit nach EMS-GRIVORY-Verfahren

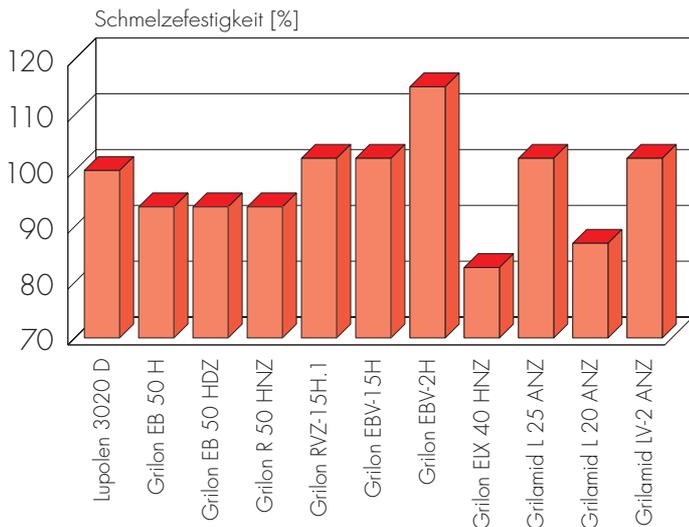


Abbildung 2: Vergleich der Schmelzfestigkeit eines Standard-PE-LD (bei 210 °C Masstemperatur) zu den EMS-GRIVORY-Blasformtypen (bei 270 °C Masstemperatur)

2.2. Trocknung

Polyamide sind hygroskopische (feuchtigkeitsaufnehmende) Materialien, die bei der Lagerung an der Umgebungsluft Feuchtigkeit aufnehmen. Die Geschwindigkeit der Feuchtigkeitsaufnahme ist von der relativen Luftfeuchtigkeit abhängig. Bei der Verarbeitung genügt es bereits, wenn das getrocknete Granulat ca. 30 Minuten der Umgebungsluft (23 °C/50 % r.F.) ausgesetzt ist, um Schwierigkeiten bei der Verarbeitung auszulösen.

Die Blasformmaterialien der EMS-GRIVORY werden mit einem Feuchtegehalt von unter 0.06 % angeliefert. Dabei ist darauf zu achten, dass das Gebinde bei der Lagerung bzw. dem weiteren Transport nicht beschädigt wird. Ausserdem sollen die Materialgebinde nicht im kalten Zustand geöffnet werden, da sich sonst eine Kondensfeuchte auf dem Granulat bildet. Dies ist besonders im Winter der Fall, wenn das Material kalt an die Maschine geliefert wird. Zur Vermeidung von diesem Problem soll das Material ca. 24 Stunden vor der Verarbeitung in einem Raum gelagert werden, der die gleiche Temperatur aufweist wie die Produktionshalle.

Für die Blasformverarbeitung ist eine Granulatrestfeuchte kleiner 0.1 % erforderlich. Es ist besonders darauf achten, dass der Feuchtigkeitsgehalt konstant gehalten wird, um auch eine konstante Verarbeitung zu gewährleisten. Bei einer Feuchtigkeit von über 0.15 % können Blasen im Vorformling entstehen und zu Ausschuss führen. Weiter ist zu beachten, dass durch die Verarbeitung mit erhöhtem Feuchtegehalt die Schmelzfestigkeit reduziert wird, d.h. wenn das Material mit unterschiedlichen Feuchtigkeiten und damit unterschiedlichen Schmelzfestigkeiten verarbeitet wird, wird keine konstante Prozessführung bzw. Qualität erreicht.

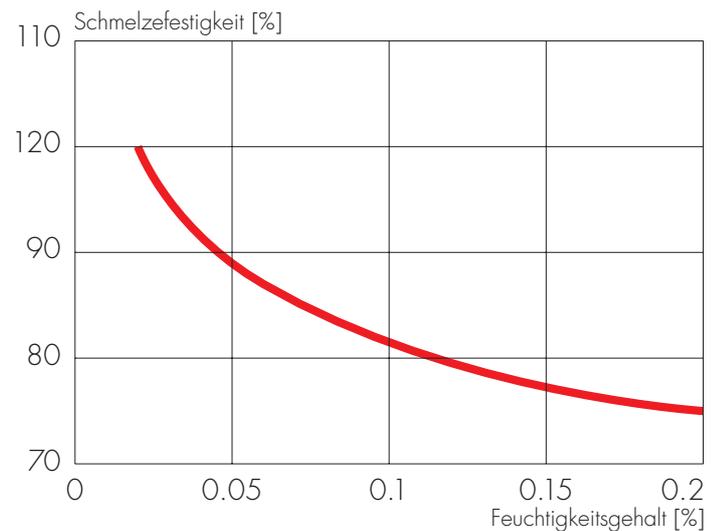


Abbildung 3: Abhängigkeit der Schmelzfestigkeit vom Feuchtigkeitsgehalt im Granulat

Für die Trocknung von Polyamiden haben sich Trocknungslufttrockner mit einem Taupunkt von mindestens -25°C bewährt. Als Trocknungstemperatur sind 60°C bis 80°C bei einer Verweilzeit von 4 bis 8 Stunden anzusetzen. Ist das Material mehrere Tage bzw. Wochen der Umgebungsluft ausgesetzt worden, sind Trocknungszeiten von mindestens 10 Stunden vorzusehen.

Beim Einsatz von Mahlgut, ist es direkt an der Blasmachine zu mahlen und sofort der Verarbeitung wieder zuzuführen. Wurde jedoch das Mahlgut oder die zu mahlenden Butzen an der Umgebungsluft mehr als 20–30 Minuten gelagert, muss es nochmals getrocknet werden. Dabei ist wie beim Granulat ab Sack vorzugehen.

Nach der Trocknung ist darauf zu achten, dass das Material keine Feuchtigkeit vor der Verarbeitung aufnehmen kann. Dies kann durch die folgenden Massnahmen erreicht werden:

- Aufbewahrung von kleinen Materialmengen im Trichter bzw. generell kleine Trichter verwenden
- Trichter stets geschlossen halten
- Getrocknetes Material mit Trockenluft fördern

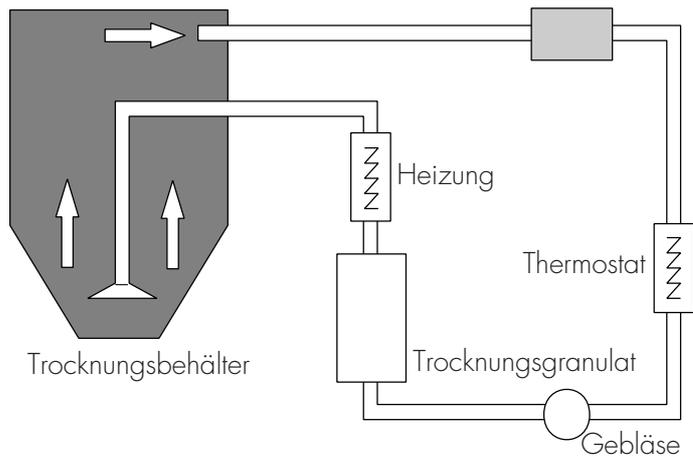


Abbildung 4: Funktionsprinzip eines Trockenlufttrockners

Als Faustformel für das Trocknervolumen ist das 6–10fache des Materialdurchsatzes pro Stunde anzusetzen, d.h. bei einem Materialdurchsatz von 40 kg/h sollte der Trockner ein Volumen von mindestens 400 Litern aufweisen. Der Multiplikationsfaktor des Materialdurchsatzes hängt von der Verfahrensweise ab, wie lange das Regenerat der Umgebungsluft ausgesetzt war und ob die Neuware in unbeschädigten Säcken vorliegt. Der verwendete Trockner sollte vorzugsweise kontinuierlich arbeiten, um eine konstante Materialtrocknung zu erreichen. Es existieren Trockenlufttrockner, welche die Trocknungstemperatur automatisch dem Materialdurchsatz anpassen und damit die Restfeuchtigkeit konstanter halten können als herkömmliche Systeme.

2.3. Verarbeitungstemperaturen

Polyamidblastypen lassen sich generell sehr gutmütig verarbeiten, was die Temperaturführung angeht. Bei einer erhöhten Verarbeitungstemperatur erniedrigt sich natürlich die Schmelzfestigkeit. Die Standardverarbeitungstemperaturen sind aus der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2:

Material	Massetemperatur in °C	Einzug/Nutbuchse in °C	Zylinder in °C	Kopf in °C	Werkzeug in °C
Grilon EB50 H	240–250	120–160	240–260	230–250	40–80
Grilon EB50 HDZ	240–250	120–160	240–260	230–250	40–80
Grilon R50 HNZ	240–250	100–160	240–260	230–250	40–80
Grilon EBV-15H	250–260	120–180	250–260	230–250	40–90
Grilon EBV-2H	250–260	130–180	250–260	230–250	40–90
Grilon RVZ-15H.1	250–260	100–160	250–260	230–250	40–90
Grilon ELX 40 HNZ	230–240	100–140	230–240	225–240	40–80
Grilamid L20 ANZ	220–240	120–140	220–230	220–230	20–60
Grilamid L25 ANZ	220–240	120–140	220–230	220–230	20–60
Grilamid LV-2 ANZ	220–240	120–140	220–230	220–230	20–60

Einzugszonen-Temperaturen:

Bei einer genuteten Einzugszone sollte die Temperierung mit einem Öltemperiergerät gefahren werden. Weist die Maschine einen glatten Einzug auf, kann die Temperatur am Trichter auf 60–80 °C gefahren werden.

Um ein einwandfreies Fördern des Materials zu gewährleisten, muss eine hohe Einzugszonentemperatur gewählt werden. Daher gilt die Regel: Je tiefer die Nuten ausgeführt sind, desto höher sollte die Temperatur gewählt werden. Falls es dennoch zum Blockieren des Extruders kommen sollte, so muss das Material langsam eingefüttert bzw. vorgewärmt (ca. 120 bis 130 °C) werden.

Zylindertemperaturen:

Die Zylindertemperaturen müssen so gewählt werden, dass die Massetemperatur maximal 10–15 °C von der Zylindertemperatur abweicht. Ist die Abweichung grösser als 15 °C, muss die Zylindertemperatur angepasst werden. Im allgemeinen können mit einer erhöhten Zylindertemperatur an der ersten Zone und danach mit einem konstanten Temperaturprofil sehr gute Resultate erzielt werden. Dieses Temperaturprofil kann je nach Schneckenengeometrie auch anders aussehen, es muss aber angepasst werden.

Kopftemperaturen:

Die Kopftemperaturen sollen so gewählt werden, dass diese der Massetemperatur entsprechen. Zur Kontrolle der Schlauchschwellung an der Düse kann eine geringere oder auch höhere Temperatur als die Massetemperatur gefahren werden. Sie sollte jedoch nicht zu niedrig sein, damit eine gute Oberflächenqualität gewährleistet bleibt.

Werkzeugtemperaturen:

Bedingt durch die hohe Kettenlänge der Moleküle von Extrusionblastypen verläuft die Kristallisation generell recht langsam, weshalb die Blasformpolyamide mit niedrigen Werkzeugtemperaturen verarbeitet werden können. Trotz der niedrigen Werkzeugtemperaturen kann eine gute Produktqualität erzielt werden. Hinzu kommt, dass durch die einseitige Abkühlung im Werkzeug eine im Vergleich zum Spritzguss

langsame Abkühlung erzielt werden kann und somit eine ausreichende Kristallisation erreicht wird.

Massetemperatur:

Mit der Massetemperatur lässt sich die Schmelzefestigkeit in gewissen Grenzen einstellen. Durch die Erhöhung der Massetemperatur von 20°C lässt sich die Schmelzefestigkeit um 20–30% reduzieren. Bei den PA 6-Blastypen sollte die Massetemperatur auf jeden Fall über 230–235°C betragen, um gute Oberflächen zu erhalten.

2.4. Schlauchschwellung

Die Schlauchschwellung ist definiert als die Durchmesseränderung nach dem Düsenaustritt. Für sie können allerdings keine allgemeingültigen Werte angegeben werden, da sehr viele Parameter Einfluss haben. Es können hier nur Tendenzen aufgezeigt werden:

- Je niedriger die Massetemperatur, desto grösser ist die Schwellung (Düsengeometrieabhängig siehe Abbildung 5).
- Je höher die Schmelzefestigkeit, desto grösser ist die Schwellung.
- Je höher die Ausstosseschwindigkeit, desto grösser ist die Schwellung.
- Je sanfter, langsamer die Schmelze in den gewünschten Durchmesser verformt wird, desto geringer ist die Schwellung.

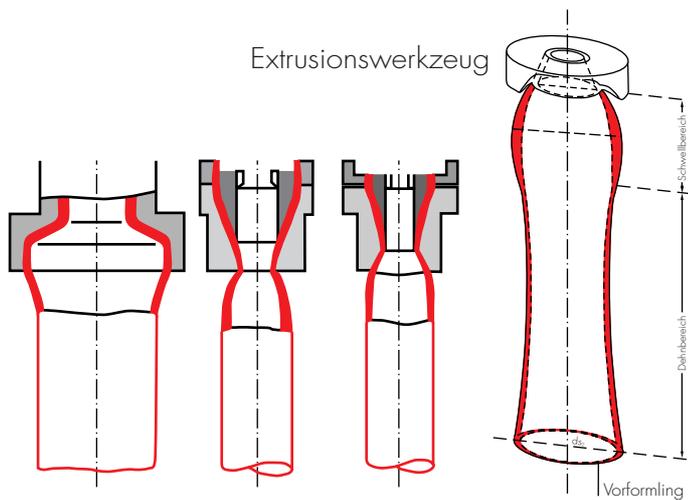


Abbildung 5: Schlauchschwellung in Abhängigkeit der Düsenkonstruktion und schematische Darstellung des Schwell- und Auslängverhaltens

Es kann jedoch gesagt werden, dass Polyamide im Vergleich zu Polyethylen und Polypropylen eine geringe Schwellung haben.

Tabelle 3:

Material	Wandstärke in mm	Ausstossdruck in bar	Schwellung in %
Grilon R50 HNZ	2	100	5
	2	200	10
	4	100	7
	4	200	13
Grilon RVZ-15H	2	100	13
	2	200	11
	4	100	12
	4	200	6

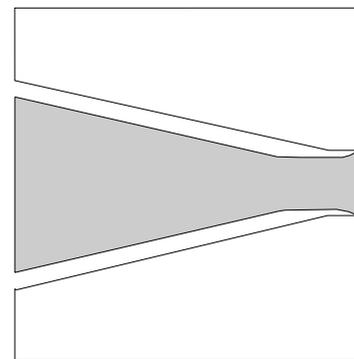


Abbildung 6: Schemazeichnung der 55-mm-Düse für den Schwelltest in Abb. 7.

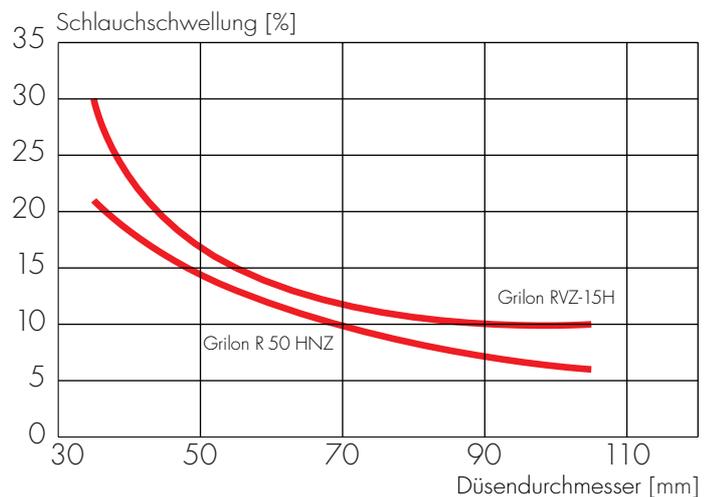


Abbildung 7: Darstellung der Schlauchschwellung bei Versuchen auf einer BFB8-30 mit einem 2.5-Liter-Kopf

2.5. Aufblasverhältnis

Das Aufblasverhältnis definiert sich aus dem Durchmesser des Vorformlings zum Durchmesser des Fertigteils. Wenn der Vorformling einen Durchmesser von 60 mm und das Fertigteil einen Durchmesser von 120 mm aufweist, so ist das Aufblasverhältnis 2:1.

Das Aufblasverhältnis hat auf die mechanischen Eigenschaften und vor allem auf die Schwindung einen erheblichen Einfluss. Es kann gesagt werden, dass mit einem zunehmenden Aufblasverhältnis auch die Orientierung der Moleküle bzw. der Fasern in Umfangsrichtung zunimmt. Dieser Effekt kann auch positiv genutzt werden, wie für der Erzielung einer isotropen Schwindung (siehe Abbildung 9) oder der verbesserten Ausrichtung der Glasfasern in Umfangsrichtung.

Mit den unverstärkten Materialien können Aufblasverhältnisse von 4:1 und bei verstärkten Materialien von 2:1 auch bei ungünstiger Teilegeometrie (z.B. scharfe Kanten, ect.) erreicht werden. Bei einer guten Teilegeometrie können teilweise auch grössere Aufblasverhältnisse bewerkstelligt werden, z.B. bei unverstärkten Materialien bis zu 6:1 und bei verstärkten Materialien bis 4:1.

2.6. Schwindung

Die Schwindung bei blasgeformten Artikeln gehorcht den gleichen Regeln wie beim Spritzgiessen, es wird von der Verarbeitungsschwindung und der Nachschwindung gesprochen. Die Verarbeitungsschwindung wird nach der Abkühlung des Bauteils gemessen, die Nachschwindung stellt sich erst nach einigen Tagen bzw. Wochen ein. Es kann festgestellt werden, dass mit einer steigenden Entformungstemperatur die Schwindung ansteigt (siehe Abbildung 8), sowie mit einem höheren Aufblasverhältnis eine geringere Schwindung in Umfangsrichtung zu erzielen ist (siehe Abbildung 9).

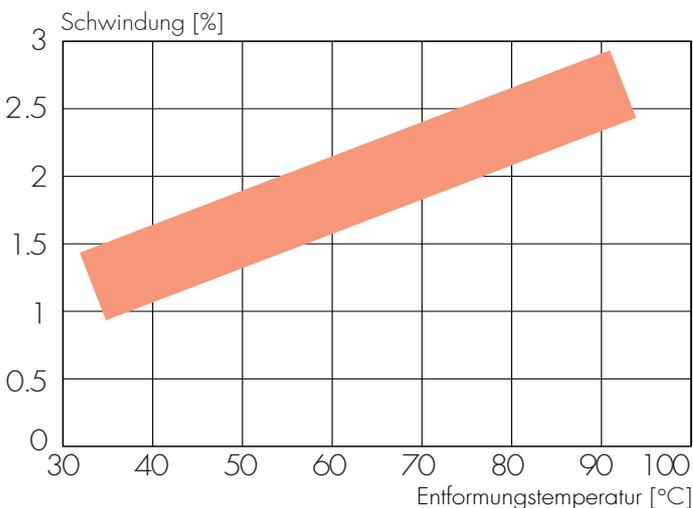


Abbildung 8: Abhängigkeit der Schwindung von der Entformungstemperatur

Die Nachschwindung ist bei allen Polyamid-Blasmaterialien wie bei der Spritzgussverarbeitung recht gering, da die Feuchtigkeitsaufnahme die Nachkristallisation wieder ausgleicht.

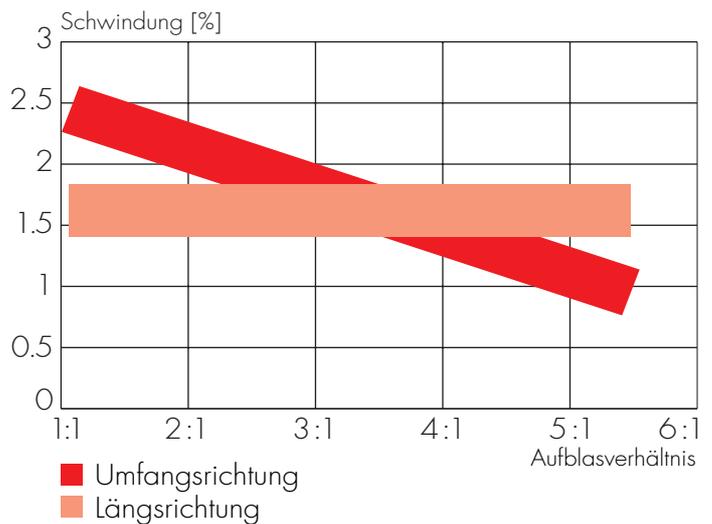


Abbildung 9: Abhängigkeit der Schwindung von Grilon R50 HNZ vom Aufblasverhältnis in Längs- und Umfangsrichtung

2.7. Recycling

Bei der Blasformverarbeitung im konventionellen Verfahren fällt immer Regenerat an. Der Regeneratanteil kann durch die im nächsten Kapitel beschriebenen 3D-Technologien stark reduziert werden.

Die von EMS-GRIVORY angebotenen Blasmaterialien zeigen durchwegs ein sehr gutes Verhalten bei der mehrfachen Wiederverarbeitung. Die in der Abbildung 10 dargestellten Regeneratversuche wurden bei 100% Wiederverwendung ohne Zumischen von Neuware durchgeführt.

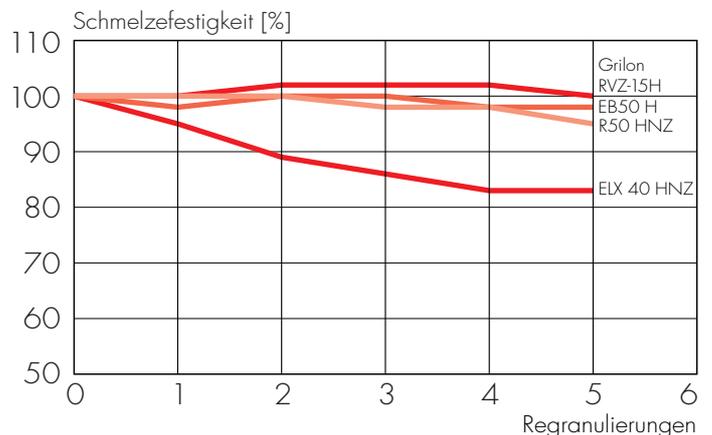


Abbildung 10: Veränderung der Schmelzfestigkeit in Abhängigkeit von der Anzahl der Regranulierungen

3. Maschinentechnik für das Polyamid-Blasformen

Das Mahlgut muss sofort wieder verwendet werden, damit es keine Feuchtigkeit aufnehmen kann. Wird das Regenerat nicht sofort der Neuware zugemischt und direkt verarbeitet, muss es einer erneuten Trocknung unterzogen werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich bis zu einem Regeneratanteil von 50% keine Verarbeitungsprobleme bzw. Änderungen der mechanischen Eigenschaften ergeben. Dabei wird vorausgesetzt, dass keine falsche Behandlung bzw. keine extremen Verarbeitungsbedingungen (z.B. zu hohe Scherung etc.) vorliegen. Werden jedoch höhere Mahlgutanteile eingesetzt, so können sich die Schmelzefestigkeit, Quetschnahfestigkeit, etc. verschlechtern und zu einer ungenügenden Bauteilqualität führen.

3.1. Technologien des Extrusionsblasformens für technische Teile

Konventionelles Blasformen:

Unter dem konventionellen Blasformen wird das Blasformen mit einem überquetschten Bauteil bzw. ohne Manipulation des Vorformlings verstanden.

Dieses Verfahren wird für Standardblasformteile eingesetzt und kennzeichnet sich durch zwei Verfahrensvarianten. Bei der ersten Variante wird der Vorformling kontinuierlich durch den Förderdruck der Plastifiziereinheit ausgestossen. Bei der zweiten Variante wird die Kunststoffschmelze zuerst in einen Speicher gefördert und dann durch diesen ausgestossen. Dabei kann der Massespeicher im Extrusionsblaskopf integriert sein oder er wird extern zwischen der Plastifiziereinheit und dem Extrusionsblaskopf eingebaut. Bei der Verwendung eines Massespeichers ist darauf zu achten, dass für Polyamide das FiFo-Prinzip (First in, First Out) eingesetzt wird. Wird kein FiFo-Kopf eingesetzt, entstehen sehr lange Verweilzeiten der Schmelze im Speicher, da nicht bei jedem Ausstossen die gesamte Kunststoffschmelze ausgetragen wird. Daher bleibt immer eine gewisse Menge Schmelze im Speicher zurück, was zu langen Verweilzeiten und damit zu ungenügender Qualität führt.

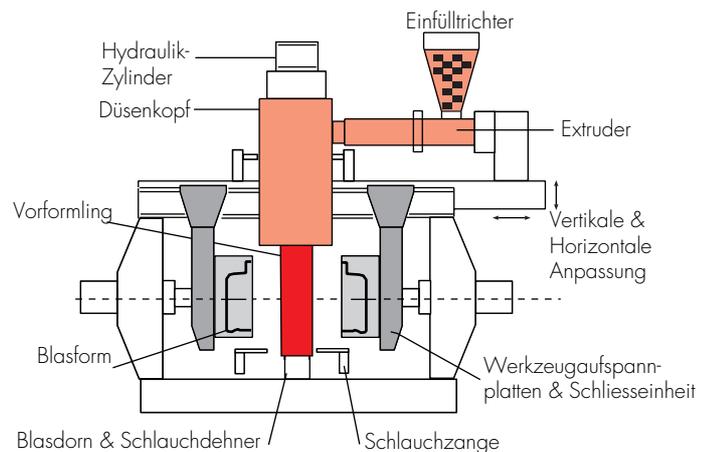


Abbildung 11: Bezeichnung von Maschinenteilen einer Blasformanlage

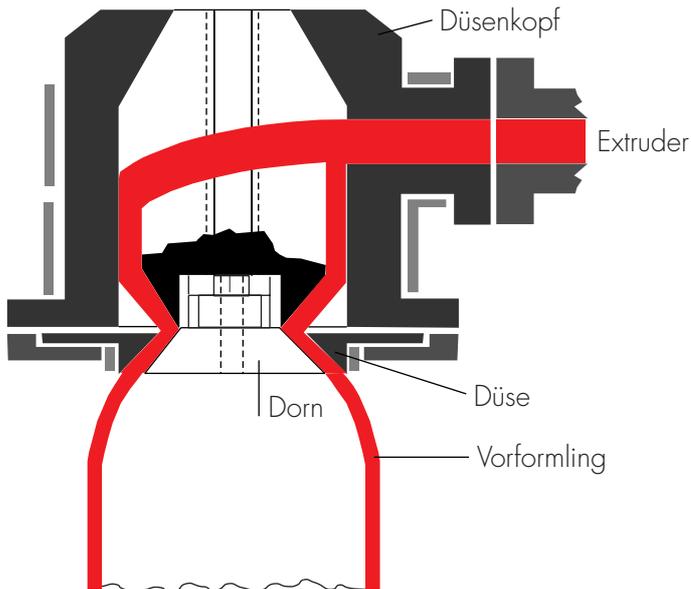


Abbildung 12: Prinzipdarstellung eines kontinuierlichen Extrusionsblaskopfes

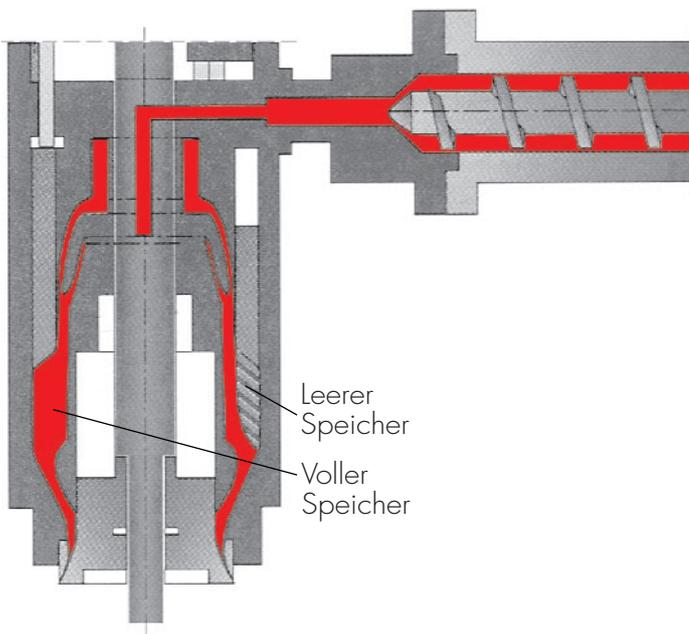


Abbildung 13: Prinzipdarstellung eines Fifo-Speicherkopfes

3D-Technologien:

Unter den 3D-Technologien werden Verfahren verstanden, die den Vorformling unter Zuhilfenahme von mechanischen Elementen oder Luft so in das Werkzeug einlegen, dass der Butzenanteil auf den Anfang und das Ende des Bauteils begrenzt wird (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Vergleich eines Blasformteils, das mittels konventionellen Blasformens (links) und 3D-Blasformens (rechts) hergestellt ist.

Wie aus Abbildung 14 ersichtlich ist, können mit der 3D-Technik einige Vorteile erzielt werden:

- Reduktion des Butzenanteils
- Keine Quetschnähte in belasteten Bauteilbereichen
- Geringer Energiebedarf wegen des geringeren Bruttogewichts
- Kleinere Extruderdurchmesser
- Kleinere Massespeicher
- Geringere Schliesskräfte

Die 3D-Blasformtechnik ist für die Herstellung von technischen Teilen relativ neu, aber es haben sich inzwischen schon viele verschiedene Verfahrenstechniken entwickelt. Diese sind:

- Roboteranipulation mit vertikalem Werkzeug (Fischer/W.Müller, Krupp Kautex)
- Manipulation mittels beweglicher Werkzeugteile (Voigt-Verfahren)
- Einlegen des Vorformlings in ein horizontales Werkzeug mittels:
 - Roboteranipulation (Krupp Kautex)
 - verfahrbarem Extruder (Excell-Verfahren)
 - verfahrbarem, schrägem Werkzeug (Placo-Verfahren)
 - verfahrbarer Düse (Yamakawa-Verfahren)
- Einlegen des Vorformlings nach einer Vorverformung (Meico-, Etimex-Verfahren)
- Saugblasverfahren (Tahara-Verfahren)
- Luftunterstützung beim Saugblasen (ABC-Verfahren)

Die einzelnen Verfahrenstechniken sollen hier nicht weiter diskutiert werden. Es ist festzuhalten, dass die EMS-GRIVORY-Blastypen für alle oben genannten Techniken einsetzbar sind.

Es ist jedoch zu erwähnen, dass bei den Verfahren, die mit einem horizontalem Werkzeug arbeiten, bedingt durch die Einlegetechnik längere Kontaktzeiten vor dem Aufblasen entstehen. Dieser Werkzeugkontakt führt zum Einfrieren des Materials und damit zu schlechten Oberflächen.

Sequentielles Blasformen:

Sequentielles Blasformen wird so definiert, dass zwei oder auch mehr Materialien sich in Ausstossrichtung nacheinander abwechseln. Zuerst wird z.B. mit einer glasfaserverstärkten Type (z.B. Grilon RVZ-15H.1) begonnen, wechselt dann auf eine weiche Komponente (z.B. Grilon ELX 40 HNZ) und schliesslich wieder zur glasfaserverstärkten Type.

Bei der Verarbeitung von zwei oder auch mehr Materialien ist es wichtig, dass das Material mit der grössten Schwellung (bei Polyamiden ist es die Weichkomponente) immer innen gefahren wird, um am Vorfömling nicht zu grosse Durchmesserunterschiede zu erhalten. Die von der EMS-GRIVORY angebotenen Weichkomponenten sind auf die Hartkomponenten so abgestimmt, dass alle beliebigen Kombinationen gefahren werden können.

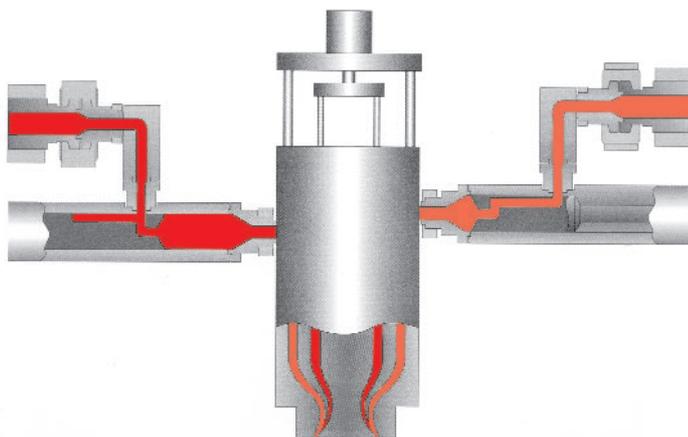


Abbildung 15: Darstellung eines sequentiellen Blaskopfes mit externen Massespeichern

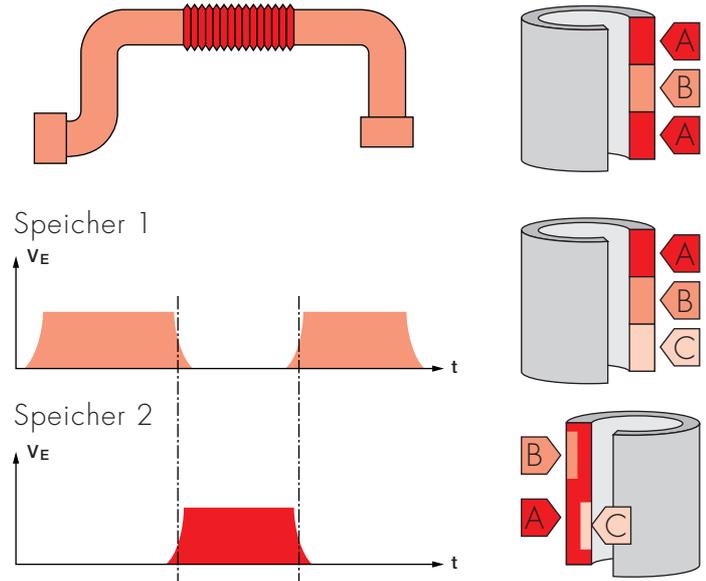


Abbildung 16: Darstellung des Ausstossprinzips und Beispiele von weiteren Kombinationsmöglichkeiten bei der sequentiellen Coextrusion

Coextrusionsblasformen:

Coextrusionsblasformen ist, wenn ein Bauteil aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Da derzeit für Luftführungsteile nur Zwei-Komponenten-Maschinen vorhanden sind, sind demzufolge auch die Anwendungen auf zwei Schichten begrenzt. Es ist jedoch ohne weiteres denkbar, wie auch in der Verpackungsindustrie Mehrschichtsysteme herzustellen. In letzter Zeit sind auch für Kunststoff-Kraftstofftanks Grossmaschinen im Einsatz, die 6-Schicht-Behälter herstellen.

3.2. Extrusionsblasformköpfe

Wie bereits bei der konventionellen Blasformtechnik beschrieben, ist es wichtig, für die Verarbeitung von Polyamid FiFo-Blasköpfe zu verwenden.

Weiter ist zu beachten, dass Polyamid-Blasformtypen im Vergleich zu Standard-Polyethylen höhere Viskositäten aufweisen und somit auch höhere Drücke im Kopf entstehen. Der Kopf muss also für hochviskose Produkte ausgelegt sein.

Das Verteilersystem ist vorzugsweise ein Pinolenkopf mit Doppelherzkurven, damit auch glasfaserverstärkte Produkte optimal verarbeitet werden können. Der Herzkurvenverteiler wird auf das Viskositätsverhalten von Polyamid ausgelegt. Polyamid besitzt im Vergleich zu Polyethylen eine geringere Strukturviskosität, wodurch in der Herzkurve eine andere Verteilung der Schmelze erhalten wird.

Wendelverteilersysteme sind zur Verarbeitung von glasfaserverstärkten Produkten nicht gut geeignet. Der Einsatz ist daher nur sehr begrenzt möglich.

Bei Dornhalterköpfen treten durch die Stege bei glasfaserverstärkten Produkten Längsorientierungen der Glasfasern auf, die später im Bauteil Schwachstellen bilden. Die Fasern können auch durch den Aufblasvorgang nicht mehr in Umfangsrichtung ausgerichtet werden. Die Glasfasern sollten möglichst entlang der Hauptbelastungsachse ausgerichtet werden, die jedoch nicht in Längsrichtung liegt.

3.3. Schneckenkonfiguration

Schneckenengeometrie:

Je nach Maschinenhersteller werden unterschiedliche Schnecken-Konzepte eingesetzt. Es kann jedoch gesagt werden, dass alle EMS-GRIVORY-Blasformmaterialien mit nahezu jeder Schneckenengeometrie verarbeitet werden können. Es gibt jedoch bessere und schlechtere Ausführungen. Um Polyamide optimal zu verarbeiten, sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Scherung soll gering gehalten werden.
- Man soll keine Misch- und/oder Scherteile einsetzen.
- Die Schneckenlänge soll 22–26D betragen.
- Eine zu kurze Einzugszone erzeugt eine pulsierende Förderung.
- Eine zu kurze Kompressionszone ergibt eine schlechte Aufschmelzung und geringe Förderleistungen
- Je höher der Schmelzpunkt, desto länger muss die Kompressionszone ausgeführt werden
- Je höher die Viskosität des Materials, desto geringer muss die Kompression sein.

Wie bereits oben erwähnt, gibt es verschiedene Konzepte. Das einfachste Konzept verwendet eine Standard 3-Zonenschnecke ohne Nutbuchse, wie sie aus dem Spritzguss bekannt ist. Mit diesem Konzept lässt sich die Massetemperatur gut kontrollieren und konstant fahren. Sie hat jedoch den Nachteil, dass die Förderleistung nicht so hoch ist wie bei einem Nutbuchsensystem.

Andere Maschinenhersteller verwenden generell Nutbuchsen. Dabei werden unterschiedliche Schneckenkonzepte eingesetzt. Eines der Konzepte verwendet eine 3-Zonenschnecke mit geringer Kompression ($K=1.5-2$). In neuerer Zeit kommen zunehmend Barriereschnecken auf, die auch inzwischen bei Blasmaschinen eingesetzt werden.

Der beste Weg zu einer optimalen Konfiguration der Plastifiziereinheit ist, dass man mit seinem Maschinenlieferanten spricht.

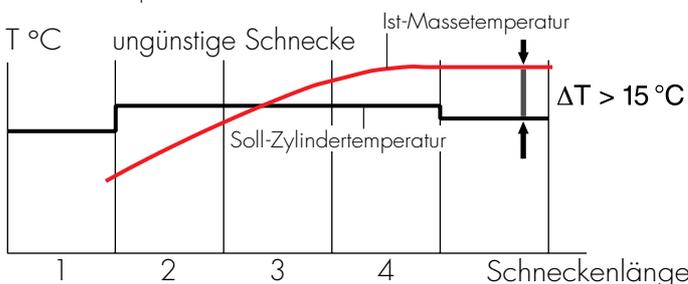


Abbildung 17a: Erzielbare Massetemperaturen mit einer ungünstigen Schnecke

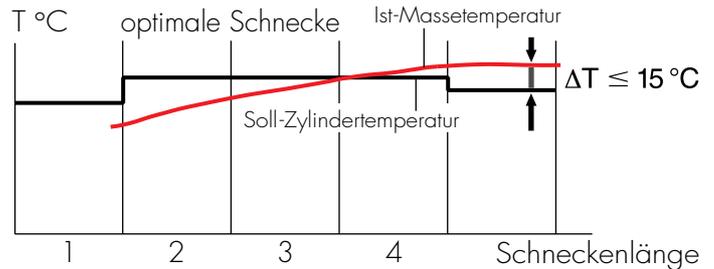


Abbildung 17b: Erzielbare Massetemperaturen mit einer optimalen Schnecke

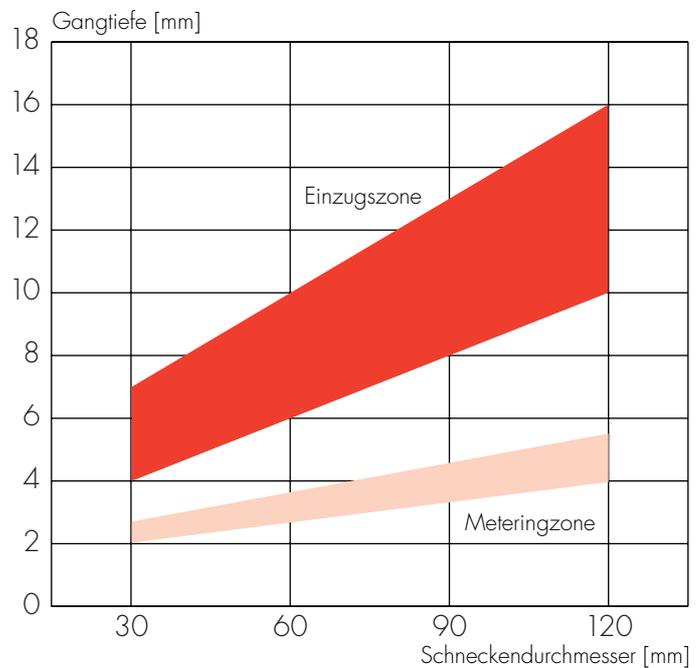


Abbildung 18: Empfohlene Gangtiefen für Polyamid-Schnecken

Nutbuchsengeometrie:

Beim Einsatz von Nutbuchsen kommt eine nachteilige Eigenschaft von Polyamid zum Tragen, denn das Polyamidgranulat ist im Vergleich zu Polyethylen sehr hart. Somit muss die Nutbuchse dieser Gegebenheit angepasst sein, d.h. die Nutbuchse muss eine gewisse Kompression der Granulatkörner erreichen, die aber auch nicht zu hoch sein darf. Wird eine Nutbuchse wie bei Polyethylen verwendet, kann es zum Blockieren der Schnecke kommen. Das Blockieren der Schnecke ist besonders beim Anfahren der Maschine zu beachten. Mit den unverstärkten Typen wie z.B. Grilon R50 HNZ ist das Blockieren eher selten, bei den verstärkten Typen mit hohem Fasergehalt ist es kritischer.

Um das Blockieren beim Anfahren des Extruders zu vermeiden, sind folgende Dinge zu beachten:

- Granulat anwärmen bei 80–130 °C (vorzugsweise aus dem Trockner)

- Starten mit geringen Drehzahlen (3–8 U/min)
- Temperierung der Nutbuchse auf 100–180 °C (Öltemperierung)

Die erforderliche Antriebsleistung ist von der Kombination Nutbuchsen- und Schneckengeometrie abhängig. Bei einer hohen Kompression des Materials in der Nutbuchse ist auch eine hohe Antriebsleistung notwendig.

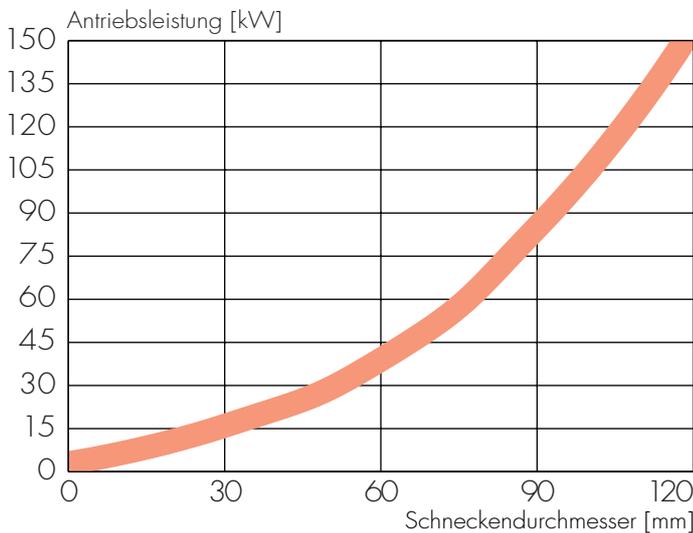


Abbildung 19: Durchschnittlich erforderliche Antriebsleistung für die Polyamidverarbeitung

Eine typische Nutbuchse für die Polyamidverarbeitung hat eine Länge von 2–3D, eine Nuttiefe am Trichter von 0.01–0.1D und eine Nutenanzahl von 0.05–0.1D. Die Nutenform kann ein Sägezahn- oder Rechteckprofil sein, aber hier hat die Schneckengeometrie wieder starken Einfluss.

Abschliessend lässt sich sagen, dass die Nutbuchse und die Schnecke sehr gut aufeinander abgestimmt sein müssen, um eine optimale Verarbeitung zu gewährleisten. Hier sind besonders die Maschinenlieferanten gefordert.

3.4. Werkzeugtechnik

Werkzeugmaterial:

Die Werkzeugtechnik ist sehr stark von der angewandten Verfahrenstechnologie abhängig. Es kann jedoch gesagt werden, dass die Quetschkanten immer in Stahl ausgeführt werden müssen, da mit Leichtmetall keine ausreichend hohen Standzeiten erreicht werden. Dies gilt besonders beim Einsatz von glasfaserverstärkten Materialien. Als Werkzeugmaterial werden die aus dem Spritzguss bekannten Werkzeugstähle eingesetzt.

Quetschkantengeometrie:

Aus der Verarbeitung von Polyethylen sind verschiedene Quetschkantengeometrien entwickelt worden. Es muss bei der Verarbeitung von Polyamiden eine Geometrie gewählt wer-

den, die eine Kompressionszone aufweist. Werden die üblichen Quetschkantengeometrien ohne Kompression verwendet, kann bei Polyamiden keine gute Quetschnahtgeometrie bzw. -festigkeit erreicht werden. Die Kompressionszone wird benötigt, um ein Ineinanderfließen der Polyamidschmelzen zu erreichen.

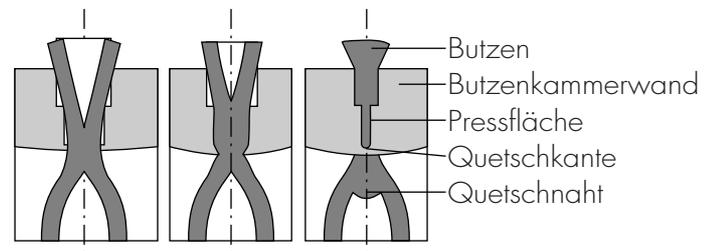


Abbildung 20: Quetschnahtausbildung mit einer Kompressionszone

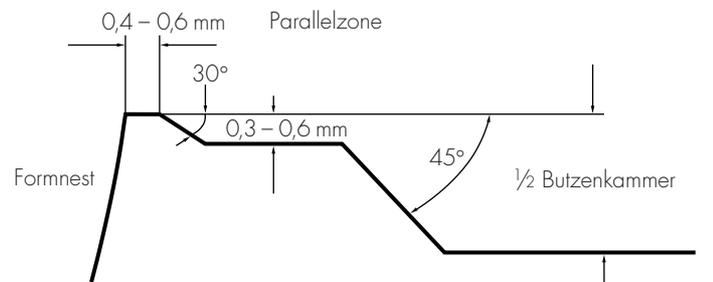


Abbildung 21: Empfohlene Quetschkantengeometrie für die Polyamidverarbeitung

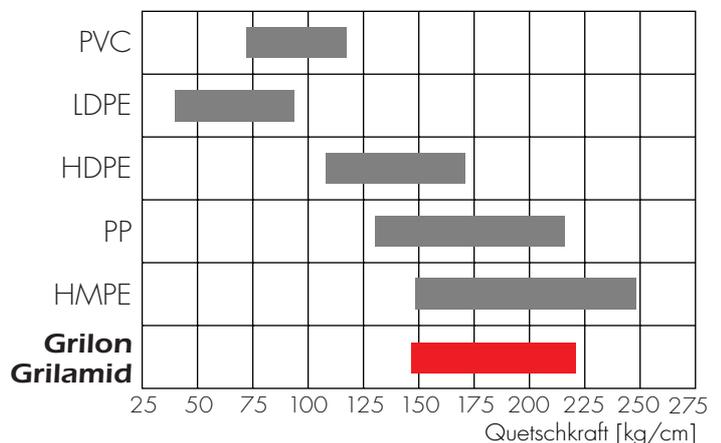


Abbildung 22: Ermittelte Quetschkraft mit der empfohlenen Quetschkantengeometrie aus Abbildung 21

4. Integration von Anschlussteilen

Mit der oben aufgezeigten Quetschkantengeometrie (Abb. 21) wurden die Quetschkräfte bestimmt. Die benötigten Quetschkräfte liegen im Bereich von HD-PE und PP, wobei folgende Parameter einen Einfluss haben:

- Schliessgeschwindigkeit des Werkzeuges
- Massetemperatur
- Wandstärke des Vorformlings
- Schmelzefestigkeit

Das Schweißen von Anschlussteilen ist besonders bei der 3D-Technik sehr wichtig, da es durch das Einlegen des Vorformlings schwieriger ist, Anschlusslaschen oder dergleichen in einen Verfahrensschritt zu integrieren. Daher müssen diese anderweitig befestigt werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

- Einlegen und Umblasen
- Nachträgliches Schweißen

Einlegeverfahren:

Beim Einlegeverfahren gibt es zum Teil konstruktive Einschränkungen, bzw. es gibt verfahrenstechnische Schwierigkeiten. Bei der Verarbeitung von Polyamid 12 ist das Einlegeverfahren geeignet, da kalte Teile eingelegt werden können, die aber sauber (ohne Fett, Öl, Entformungsmittel, etc.) sein müssen. Die kalt eingelegten Teile verschweißen beim Umblasen mit dem Vorformling und ergeben somit eine Verbindung. Um jedoch eine sehr gute Verschweissung zu erreichen, muss auch das Polyamid 12 aufgeheizt werden. Dies ist jedoch beim Polyamid 6 nicht der Fall. Hier müssen die Einlegeteile aufgeheizt und möglichst schnell umblasen werden, woraus sich dann eine haltbare Verschweissung ergibt.

Das Aufheizen der Einlegeteile ist jedoch schwierig zu handhaben, deshalb werden bei Polyamid 6 häufig erst nachträglich die Anschlussteile mit z.B. dem Heizelement-Schweißverfahren angebracht.

Heizelementschweißen:

Die verwendbaren Schweißverfahren sind von den zu fügenden Teilen abhängig, d.h. rotationssymmetrische Teile können auch durch Rotationsschweißen gefügt werden oder andere Teile durch eines der vielen anderen Schweißverfahren.

Alle EMS-GRIVORY-Blasformmaterialien können generell mit allen Schweißverfahren verarbeitet werden.

Hier soll jedoch besonders das Heizelementschweißen besprochen werden, da dieses Verfahren bei Blasteilen häufig zur Anwendung kommt.

Es können alle Blasformmaterialien mittels Heizelement geschweisst werden. Da sich aber Blasformtypen nicht besonders gut spritzgiessen lassen, sollten Spritzgusstypen dafür verwendet werden. Hier stellt die EMS-GRIVORY folgende Materialien zur Verfügung:

Tabelle 4:

Flexible Typen	Unverstärkte Typen	Verstärkte Typen
Grilon ELX 23 NZ	Grilon A28 NZ Grilon BC 70	Grilon PVZ-15H Grilon PVZ-3H Grilon PV-3H Grilon PV-5HH
Grilamid ELY 60 Grilamid ELY 2475	Grilamid L25 H	Grilamid LV-3H

Dies bedeutet, dass je nach Anforderung auch das geeignete Material eingesetzt werden kann. Ein wichtiger Punkt ist sicherlich das richtige Material, der andere Punkt ist die richtige Prozessführung. Ein richtig geführter Schweissprozess sieht folgendermassen aus:

1. Teile angleichen

Das Angleichen der Teile ist erforderlich, da meistens die zu fügenden Teile einen Verzug aufweisen und daher erst plan (angeglichen) werden müssen. Das Angleichen wird in der Regel weggesteuert durchgeführt.

2. Tiefenwärmen

Beim Tiefenwärmen muss ein Schmelzereservoir mit einer Tiefe von ca. 1 mm geschaffen werden. Das Tiefenwärmen wird fast drucklos ausgeführt, d.h. man hält die Position nach dem Angleichen konstant.

3. Fügen

Zum Fügen gehört auch das Entfernen (Abziehen) der Fügeteile vom Heizspiegel und das Fügen selbst. Das Abziehen der Fügeteile sollte so schnell wie möglich durchgeführt werden. Dies gilt auch für das Fügen der Teile, wobei der Kontakt der Fügeteile nicht zu schnell sein soll, da sonst die Schmelze zu stark verdrängt wird. Es ist von Vorteil, wenn die Schweissmaschine hierzu zwei Geschwin-

digkeiten zur Verfügung stellt. Das Abziehen und das Zusammenfahren soll schnell und das Fügen selber langsam geschehen.

Das Fügen wird meist wieder weggesteuert gefahren, um eine gewisse Schmelzeverdrängung durchzuführen, aber nicht die ganze Schmelze aus dem Schweissbereich auszutreiben.

Die Steuerung der Schweissmaschine kann auch kraftgesteuert bzw. kraftweggesteuert durchgeführt werden, dies ist vom Maschinenhersteller abhängig.

Das Heizelementschweissen wird noch in zwei verschiedene Temperaturbereiche untergliedert:

- Standardtemperaturschweissen
- Hochtemperaturschweissen

Beim Standardverfahren werden Temperaturen am Heizspiegel von 260 °C bis 290 °C verwendet und beim Hochtemperaturschweissen von über 330 °C. Bei einer Temperatur von 260 °C bis 290 °C lässt sich noch PTFE als Antihafschicht einsetzen, jedoch ist die Standzeit auf ca. 0.5–1.5 Stunden begrenzt, dann muss die Folie gewechselt werden. Beim Hochtemperaturschweissen werden spezielle Spiegel verwendet, so dass man keine zusätzliche PTFE-Folie verwenden muss.

5. Verarbeitungsfehler und deren Behebung

1. Fehler am Vorformling:

Fehler	Ursache	Behebung
Vorformlingsdurchmesser zu gross	Düse zu gross	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung einer kleineren Düse • Ausstossgeschwindigkeit reduzieren
	Schlauchswellung zu gross	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit reduzieren • Düsentemperatur erhöhen • Massetemperatur erhöhen • Fliesskanal an der Düse optimieren • Verwendung einer anderen EMS-GRIVORY-Type
Vorformlingsdurchmesser zu klein	Düse zu klein	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit vergrössern • Verwendung einer grösseren Düse
	Schlauchswellung zu klein	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit erhöhen • Düsentemperatur reduzieren • Massetemperatur reduzieren • Verwendung einer anderen EMS-GRIVORY-Type
Unterschiedliche Wandstärken in Umfangsrichtung und Vorformling läuft nicht schief	Dezentrierter Düsenkopf und dezentrierter Düsenring	<ul style="list-style-type: none"> • Düsenring und Drosselung neu zentrieren • Herzkurve fliesstechnisch optimieren
	Kopf ungleichmässig beheizt	<ul style="list-style-type: none"> • Kopfheizbänder überprüfen bzw. optimieren
	Fliesskanäle sind ungünstig	<ul style="list-style-type: none"> • Kopf fliesstechnisch optimieren
Vorformling längt stark aus	Schmelzefestigkeit zu gering	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärkenprofil anpassen • Grundspalt vergrössern • Massetemperatur reduzieren • Ausstossgeschwindigkeit erhöhen • Verwendung einer EMS-GRIVORY-Type mit höherer Schmelzefestigkeit
	Material ist zu feucht	<ul style="list-style-type: none"> • Material besser trocknen
	Zu hohe Scherung im Extruder oder im Kopf (Massetemperatur zu hoch)	<ul style="list-style-type: none"> • Fliesskanal im Kopf bzw. Schnecke optimieren
Vorformling läuft schief	Dezentrierter Düsenring	<ul style="list-style-type: none"> • Düsenring zentrieren
Eine Längsrille bzw. Dünnstelle am Vorformling und Formteil	Fliesslinie vom Pinolenkopf (beim Akku-Kopf nicht zutreffend)	<ul style="list-style-type: none"> • Herzkurve fliesstechnisch optimieren
	Düse verschmutzt	<ul style="list-style-type: none"> • Düse reinigen
Mehrere ungleichmässige Längsrillen (innen oder aussen) bzw. Dünnstellen am Formteil	Düse beschädigt	<ul style="list-style-type: none"> • Düse nachbearbeiten
	Düse verschmutzt	<ul style="list-style-type: none"> • Düse reinigen
Mehrere gleichmässige Längsrillen bzw. Dünnstellen am Formteil	Dornhalter-, Siebdornhalter-Stege sind zu dick oder strömungsungünstig	<ul style="list-style-type: none"> • Stege fliesstechnisch optimieren • Ausstossgeschwindigkeit reduzieren • Kopftemperatur erhöhen
Rollt nach innen	Düsenring zu heiss – Kern zu kalt	<ul style="list-style-type: none"> • Kopfheizung optimieren
	Zu geringe Wandstärke	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärke beim Ausstossbeginn vergrössern
Rollt nach aussen	Pinole bzw. Kern zu heiss – Düsenring zu kalt	<ul style="list-style-type: none"> • Düsenring stärker beheizen
	Zu geringe Wandstärke	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärke beim Ausstossbeginn vergrössern

Fehler	Ursache	Behebung
Querfalten (lokal)	Lokales Voreilen	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit reduzieren • Kopf fliesstechnisch optimieren
Lokale rauhe Streifen	Maschine erreicht nicht Temperaturen von >230°C	<ul style="list-style-type: none"> • Heizleistung der Maschinenteile erhöhen
Knollen, Stippen	Material verunreinigt	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder/Kopf länger spülen
	Material baut auf	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur senken oder erhöhen • Trocknungstemperatur/-zeit reduzieren
Rauhe Aussenfläche	Material erstarrt an der Luft	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit erhöhen • Massetemperatur erhöhen • Düsentemperatur erhöhen
	Material erfährt eine Dekompression	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur erhöhen • Fliesskanal der Düse optimieren
	Schmelzebruch	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstossgeschwindigkeit reduzieren
Rauhe Innenfläche	Material erfährt eine Dekompression	<ul style="list-style-type: none"> • Düseneinlauf optimieren, so dass das Material erst am Düsenaustritt eine Dekompression erfährt
Viele kleine Blasen verzögert nach dem Düsenaustritt	Feuchtigkeitsgehalt zu gross	<ul style="list-style-type: none"> • Material muss getrocknet werden
	Abgebautes Material	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder, Kopf spülen • Materialverweilzeit reduzieren
Große Blasen direkt nach dem Düsenaustritt	Lufteinschlüsse	<ul style="list-style-type: none"> • Extrusionsdruck erhöhen (Akku-Ladedruck) • Schneckengeometrie mit höherer Kompression verwenden • Drosselung zwischen Extruder und Kopf einbauen
	Materialmangel	<ul style="list-style-type: none"> • Material früher Nachfüllen
	Abgebautes Material	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder, Kopf spülen • Materialverweilzeit reduzieren
Verfärbungen	Verunreinigung durch Fremdmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Frisches Ausgangsmaterial verwenden und Anlage spülen
	Material thermisch überbelastet	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur verringern • Schnecke optimieren (keine Misch- und Scherteile,..) • Regeneratanteil reduzieren • Bei hohem Regeneratanteil – Zugabe von Hitzestabilisator • Totstellen im Fliesskanal eliminieren • Passungen des Akkuspeichers optimieren
	Material ist anoxidiert	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur verringern • Scherung im Kopf oder Extruder reduzieren • Hitzemasterbatch zumischen

2. Fehler am Formteil :

Fehler	Ursache	Behebung
Wandstärke zu gross	Vorformling zu dick	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärkenprofil anpassen • Grundspalt reduzieren
Wandstärke zu klein	Vorformling zu dünn	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärkeprofil anpassen • Grundspalt vergrössern
	Vorformling längt sich stark aus	<ul style="list-style-type: none"> • (siehe: Vorformling längt sich stark aus)
Zu geringe Wandstärke im düsen nahen Bereich	Zu geringe Schmelzefestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Ausstosseschwindigkeit erhöhen • Wandstärkenprofil anpassen • Massetemperatur reduzieren • Verwendung einer EMS-GRIVORY-Type mit höherer Schmelzefestigkeit
Wandstärke am Umfang ungleichmässig	(Siehe: Vorformling mit ungleichmässiger Wandstärke am Umfang)	
	Bei 3D-Blasformen	<ul style="list-style-type: none"> • Radiale Wandstärkenkontrolle verwenden
Zu geringe Wandstärke in den Ecken	Schmelzefestigkeit zu gering	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur reduzieren • Verwendung einer EMS-GRIVORY-Type mit höherer Schmelzefestigkeit
	Ungünstige Teilegeometrie	<ul style="list-style-type: none"> • Vorblasen optimieren • Position Vorformling zu Werkzeug optimieren • Ecken abrunden
Lokale rauhe bzw. glänzende Stellen	Vorformling liegt am Werkzeug an	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzeugtemperatur erhöhen • Vorformlingsdurchmesser verkleinern • Extruder über dem Werkzeug positionieren • Schlauchmanipulation optimieren (bei 3D-Blasformen)
	Schlechte Werkzeuggentlüftung	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzeuggentlüftung optimieren
Oberfläche hat Flecken/Schuppen	Material enthält Fremdmaterial	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder/Kopf spülen • lokale Temperaturunterschiede im Kopf optimieren
Hohlkörper zerplatzt beim Aufblasen	Zu geringe Wandstärke	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärke am Vorformling erhöhen
	Zu grosses Aufblasverhältnis	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder über dem Werkzeug neu positionieren • Werkzeugaufspannposition optimieren • Teilegeometrie optimieren • Düsendurchmesser vergrössern
	Schliesskraft zu gering	<ul style="list-style-type: none"> • Schliesskraft erhöhen • Blasdruck reduzieren • Butzenkammer vergrössern • Quetschzonengeometrie optimieren • Maschine mit grösserer Schliesskraft verwenden
	Vorformling klappt zusammen	<ul style="list-style-type: none"> • Früher Vorblasen • Aufblasdruck/-zeit anpassen
	Quetschkanten sind zu scharf	<ul style="list-style-type: none"> • Quetschkanten leicht abrunden bzw. anpassen
Grosse Gewichtsschwankungen	Ungleichmässiger Einzug	<ul style="list-style-type: none"> • Mahlgut und Neuware homogener mischen • Nutbuchs- und Zylindertemperatur anpassen

Fehler	Ursache	Behebung
Werkzeuggrenze erscheint als Erhöhung	Blasdruck zu hoch	• Blasdruck reduzieren
	Werkzeugschliesskraft zu gering	• Werkzeugschliesskraft erhöhen
	Zufuhr der Blasluft zu früh	• Blasluftverzögerungszeit erhöhen
Stufe am Formteil	Werkzeugversatz	• Werkzeughälften auf einander abstimmen
Schlechte Quetschnahfestigkeit	Quetschnahgeometrie nicht gut	• Schliessgeschwindigkeit verringern • Vorblasdruck reduzieren • Vorblaszeit auf Werkzeugverzögerung anpassen
	Quetschzonegeometrie ungünstig	• Quetschzonegeometrie anpassen
	Massetemperatur zu niedrig/hoch	• Massetemperatur anpassen
	Bei niedrig hitzestabilisierten Typen	• Vorblasen mit Stickstoff • Zumischen von Hitzestabilisator
Quetschnah nicht zentriert	Extruder nicht mittig positioniert	• Extruder mittig positionieren
	Vorformling nicht gleichmässig vom Werkzeug erfasst	• Werkzeuggleichlauf optimieren • Extruderposition optimieren
	Vorformling läuft schief	• (siehe: Vorformling läuft schief)
Quetschnah im nicht erlaubten Bereich	Vorformling zu gross	• Vorblasen reduzieren • (siehe: Vorformlingsdurchmesser zu gross)
	Extruder nicht richtig positioniert	• Extruder positionieren
	Werkzeug schliesst ungleichmässig	• Werkzeuggleichlauf optimieren
	Vorformling läuft schief	• (siehe: Vorformling läuft schief)
Butzen lässt sich schlecht vom Teil trennen	Quetschkanten sind abgenutzt	• Quetschkanten überarbeiten
	Werkzeug schliesst nicht vollständig	• Schliesskraft erhöhen • Blasdruck reduzieren
	Schliesskraft zu gering	• Schliesskraft erhöhen • bei max. Schliesskraft Quetschzonegeometrie optimieren • Butzenkammer vergrössern • Maschine mit grösserer Schliesskraft verwenden
Nicht vollständig ausgeblasen	Druck der Blasluft zu gering	• Druck der Blasluft erhöhen
	Aufblaszeit zu kurz	• Aufblaszeit verlängern
	Werkzeug entlüftet nicht	• Werkzeugentlüftungen einbauen
	Massetemperatur zu niedrig	• Massetemperatur erhöhen

Fehler	Ursache	Behebung
Blasnadel sticht schlecht ein	Ungünstige Einstichstelle	<ul style="list-style-type: none"> • Stichposition zur Quetschnaht hin verlegen
	Einstichgeschwindigkeit zu gering	<ul style="list-style-type: none"> • Drosselung am Zylinder verringern • Blasnadelzylinder reinigen • Auf der Gegenseite ein Schnellentlüftung installieren • Vorlauf verlängern
	Blasnadel läuft nicht gut in der Werkzeugbohrung	<ul style="list-style-type: none"> • Blasnadel in der Bohrung mittig zentrieren • Werkzeugbohrung bzw. Blasnadel reinigen • Werkzeugbohrung vergrößern
	Blasnadel ist zu stumpf	<ul style="list-style-type: none"> • Blasnadel nachschleifen bzw. erneuern
	Blasnadel ist zu dick	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung einer dünneren Blasnadel
	Blasnadelhub ist zu kurz	<ul style="list-style-type: none"> • Blasnadelhub verlängern
	Material ist bereits erstarrt	<ul style="list-style-type: none"> • Einstichverzögerung reduzieren • Masstemperatur erhöhen
	Material lässt sich zu stark dehnen	<ul style="list-style-type: none"> • Einstichverzögerungszeit erhöhen • Masstemperatur reduzieren
	Blasnadel zu heiss	<ul style="list-style-type: none"> • Zusätzliche Kühlung der Blasnadel installieren
	Material bleibt an der Nadel kleben	<ul style="list-style-type: none"> • Blasnadel reinigen • Blasnadel besser kühlen
Starker Verzug	Blasnadel bläst zu früh	<ul style="list-style-type: none"> • Blasluftverzögerungszeit erhöhen
	Formteil wurde zu heiss entformt	<ul style="list-style-type: none"> • Blaszeit erhöhen • Werkzeugtemperatur reduzieren • Masstemperatur reduzieren • Nachkühlstation installieren
	Wandstärkenverteilung ungleichmässig	<ul style="list-style-type: none"> • Wandstärkenprofil optimieren • Blaszeit erhöhen • Werkzeugtemperatur lokal reduzieren
Formteil klebt im Werkzeug	Ungleichmässige Abkühlung	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzeugkühlung optimieren • Blaszeit erhöhen
	Werkzeug zu heiss	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzeugtemperatur reduzieren
	Kühlzeit zu kurz	<ul style="list-style-type: none"> • Blaszeit erhöhen
Hohlkörper reissen nach dem Entformen	Ablagerungen im Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Werkzeug reinigen
	Schlechte Quetschnahtfestigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • (siehe: Schlechte Quetschnahtfestigkeit)
	Zu hohes Aufblasverhältnis	<ul style="list-style-type: none"> • Teilegeometrie optimieren • Werkzeugaufspannposition optimieren • Extruder über dem Werkzeug neu positionieren
	Schlechte Blasdruckentlüftung	<ul style="list-style-type: none"> • Entlüftung verbessern

3. Allgemeines

Fehler	Ursache	Behebung
Extruder blockiert	Material kann nicht komprimiert werden	<ul style="list-style-type: none"> • Nutbuchsentemperatur und erste Zylindertemperatur erhöhen • Material vorwärmen • Extruder mit niedriger Drehzahl anfahren und langsam Material nachfüllen, bis Förderung konstant ist • Zusatz von Gleitmittel (nur zum Anfahren) • Nutbuchsen-Schnecken-Kombination optimieren • Nutentiefe verringern • Einzugszone der Schnecke verlängern • Glattohrzylinder verwenden • Keine konische Einzugsbuchse verwenden
	Heizleistung in der Einzugszone ist zu gering	<ul style="list-style-type: none"> • Installation einer grösseren Heizleistung
Extruder dreht leer durch	Temperatur der Nutbuchse zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Nutbuchsentemperatur reduzieren
	Granulatform ist ungünstig	<ul style="list-style-type: none"> • Zugabe von Mahlgut
	Zu viel Gleitmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Mit Neuware aufdosieren
Extruder pumpt	Pfropfen im Extruder durch extrem hohe Viskosität	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur erhöhen • Extrusionsdruck erhöhen • EMS-GRIVORY-Type mit geringerer Schmelzefestigkeit verwenden
	Extrusionsdruck zu niedrig bzw. zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Förderdruck des Extruders anpassen • Fließkanäle im Speicherkopf optimieren
	Ungleichmässiger Einzug	<ul style="list-style-type: none"> • Zugabe von Mahlgut • Mischung von Neuware und Mahlgut verbessern
	Ungünstige Schneckenengeometrie	<ul style="list-style-type: none"> • Polyamid-Schnecke verwenden
	Ungünstige Geometrie der Nutbuchse	<ul style="list-style-type: none"> • Nutbuchsengeometrie optimieren • Glattohrzylinder verwenden
Ungleichmässige Dosierzeit	Ungleichmässiger Materialeinzug	<ul style="list-style-type: none"> • Nutbuchsentemperatur anpassen • Mischung von Mahlgut und Neuware verbessern
Flusenbildung an der Düse	Materialablagerungen durch Dekompression am Düsenaustritt	<ul style="list-style-type: none"> • Düsenfliesskanal optimieren
Starke Rauchentwicklung	Feuchtigkeitsgehalt zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Material trocknen
	Massetemperatur zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Massetemperatur reduzieren
	Zu hohe Scherung	<ul style="list-style-type: none"> • Extruder bzw. Kopf anpassen
Maschine hat zu geringe Schliesskraft	Blasdruck zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Blasdruck reduzieren
	Maschine zu klein	<ul style="list-style-type: none"> • Blasdruck reduzieren • Butzenkammer vergrössern • Grössere Maschine verwenden
	Quetschzone benötigt zu viel Kraft	<ul style="list-style-type: none"> • Quetschkanten schärfer gestalten • Kompression in der Quetschzone verringern
	Butzenkammer zu klein	<ul style="list-style-type: none"> • Butzenkammer tiefer gestalten

Schweiz

EMS-GRIVORY
Via Innovativa 1
CH-7013 Domat/Ems
Tel. +41 81 632 78 88
Fax +41 81 632 74 01
a unit of EMS-CHEMIE AG
E-Mail: welcome@emsgrivory.com

Frankreich

EMS-CHEMIE (France) S.A.
Division EMS-GRIVORY
73-77, rue de Sèvres
Boîte postale 52
F-92105 Boulogne-Billancourt
Tel. +33 1 41 10 06 10
Fax +33 1 48 25 56 07
E-Mail: welcome@fr.emsgrivory.com

USA

EMS-CHEMIE (North America) Inc.
Business Unit EMS-GRIVORY
2060 Corporate Way
P.O. Box 1717
Sumter, SC 29151, USA
Tel. +1 803 481 91 73
Fax +1 803 481 38 20
E-Mail: welcome@us.emsgrivory.com

Deutschland

EMS-CHEMIE (Deutschland) GmbH
Unternehmensbereich EMS-GRIVORY
Warthweg 14
D-64823 Gross-Umstadt
Tel. +49 6078 78 30
Fax +49 6078 783 416
E-Mail: welcome@de.emsgrivory.com

Grossbritannien

EMS-CHEMIE (UK) Ltd.
Business Unit EMS-GRIVORY
Drummond Road
Astonfields Industrial Estate
GB-Stafford ST16 3HJ
Tel. +44 1785 607 580
Fax +44 1785 607 570
E-Mail: welcome@uk.emsgrivory.com

Taiwan

EMS-CHEMIE (Asia) Ltd.
Business Unit EMS-GRIVORY
36, Kwang Fu South Road
Hsin Chu Industrial Park
Fu Kou Hsiang, Hsin Chu Hsien
Taiwan, R.O.C.
Tel. +886 35 985 335
Fax +886 35 985 345
E-Mail: welcome@tw.emsgrivory.com

Japan

EC-SHOWA DENKO K.K.
Business Unit EMS-GRIVORY
Yutaka Bldg.
4-9-3 Taito
Taito-ku
110-0016, Tokyo, Japan
Tel. +81 3 3832 1501
Fax +81 3 3832 1503
E-Mail: welcome@jp.emsgrivory.com