



EVERFLON<sup>ACADEMIC</sup>



——— **Verarbeitungsleitfaden** ———

**PTFE**

F100	F500
F1000	F2000

**Polytetrafluorethylen-Feinpulver**

---

# Einführung

Everflon™ PTFE-Feinpulver ist ein milchig-weißes Polymer, das aus einer durch Emulsionspolymerisation erzeugten Dispersion gewonnen wird. Mit seiner Molekularstruktur aus ausschließlich Kohlenstoff- und Fluoratomen-  $(CF_2-CF_2)_n$  - zeichnet sich Everflon™ PTFE-Feinpulver durch den niedrigsten Reibungskoeffizienten sowie die beste Hitzebeständigkeit, Chemikalienbeständigkeit, elektrische Eigenschaften und Antihafwirkung aller Kunststoffe aus. Everflon™ PTFE-Feinpulver absorbiert organische Lösungsmittel leicht und bildet dabei eine Paste, die sich problemlos extrudieren lässt. Es findet breite Anwendung in der Herstellung von isolierten elektrischen Leitungen, Schläuchen, dünnen Stäben und ungesinterten Bändern.

## Handelsübliche Everflon™ PTFE-Feinpulver

Properties	PTFE F100	PTFE F500	PTFE F1000	PTFE F2000
Partikeldurchmesser (µm)	500	500	500	500
Scheindichte (g/ml)	0.45	0.45	0.45	0.45
Schmelzpunkt	328	328	328	328
Dichte	2.2	2.2	2.2	2.2
Zugfestigkeit (MPa)	25	25	25	25
Dehnung (%)	350	350	350	350
Verringerungsgrad	100	600	1500	2000
	Ungesintertes Band; Dichtungsband	Rohre mit kleinem und großem Durchmesser; Schrumpfschlauch; Dicke elektrische Leitungen ab AWG 16 sowie ummantelte Schläuche;	Wickelband Band zum Umwickeln von Flachkabeln; Rohre Band mit geringer Dichte; Feine elektrische Leitungen bis AWG 16	Rohre mit kleinem Durchmesser; Spaghetti-Schläuche; Band mit geringer Dichte; Feine elektrische Leitungen bis AWG 12

## Isolierte elektrische Leitungen

Da Everflon™ PTFE hervorragende elektrische Eigenschaften besitzt, eignet es sich ideal als Isoliermaterial für elektrische Leitungen. Es vereint zudem ausgezeichnete Hitze- und Chemikalienbeständigkeit. Typische Anwendungsbereiche sind:

- Elektrische Verkabelung für Flugzeuge, Raketen und Flugkörper;
- Verkabelung für Transformatoren und Elektromotoren; diverse Arten von industriellen Elektronikleitungen;
- Verkabelung, die hohen Temperaturen ausgesetzt ist, z. B. in der Nähe von Kraftwerken, Elektroöfen oder Vakuumröhren; und Verkabelung, die mit starken Chemikalien der chemischen Industrie in Kontakt kommt.

## Rohre Schläuche

Die überlegene Hitze- und Chemikalienbeständigkeit sowie die Antihafteigenschaften von Everflon™ PTFE werden in folgenden Anwendungen genutzt:

- Rohre für Strahltriebwerks- und Raketentreibstoff; Rohrleitungen für Hochtemperatur- oder korrosive Flüssigkeiten in Chemie- oder Kernkraftwerken;
- Rohrleitungen für Flüssigkeiten mit Lebensmitteln oder Chemikalien;
- Dampfschläuche; Transportleitungen für viskose Substanzen;
- Schläuche für ölhdraulische Steuerungseinrichtungen; und Isolierungen für elektronische Geräte.

## Dünne Stäbe

Die hervorragenden elektrischen Eigenschaften und die Beständigkeit gegenüber Hitze und Chemikalien von Everflon™ PTFE werden bei der Herstellung von Pumpen- und Ventiltteilen, Klemmen, Buchsen und Außenisolatoren genutzt.

## Ungesinter-tes Band

### (1) Zum Abdichten

Ungesinteres Band eignet sich ideal als Dichtungsmaterial für Gewindeverbindungen. Um das Gewinde gewickelt, bildet es eine dichte Abdichtung mit ausgezeichneter Chemikalien- und Hitzebeständigkeit. Dank seiner selbstschmierenden Eigenschaften lässt es sich leicht entfernen und verhindert vollständig die Kontamination des Rohrinernen.

### (2) Isolierung

Wird ungesinteres Band um einen Draht oder eine Spule gewickelt und auf 330 °C (626 °F) erhitzt, schrumpft es in Richtung der Kalandrierung um ca. 33 % und ermöglicht so eine vollständige Umhüllung des Werkstücks. Mehrere Lagen Isolierband verschmelzen miteinander und bilden eine vollständig lückenlose Isolierung. Ungesinteres Isolierband wird auch zum Spleißen oder Reparieren von extrusionsisolierten Drähten aus Everflon™ PTFE-Feinpulver verwendet.

### (3) Folie

Wird ungesinteres Isolierband unter Spannung gesintert, entsteht eine Folie, die als Isoliermaterial dient.

# Eigenschaften von Everflon™ PTFE-Feinpulvern

## Thermische Eigenschaften

Everflon™ PTFE kann dauerhaft bis zu einer Temperatur von 260 °C und kurzzeitig auch bei höheren Temperaturen eingesetzt werden. Es zeichnet sich zudem durch eine ausgezeichnete Tieftemperaturfestigkeit aus. Dank dieser hervorragenden thermischen Eigenschaften finden Produkte aus Everflon™ PTFE-Feinpulver breite Anwendung, beispielsweise Bauteile für elektrische und elektronische Maschinen, Rohrauskleidungen, isolierte elektrische Leitungen usw.

## Chemische Eigenschaften

Everflon™ PTFE ist nahezu absolut beständig gegen alle gängigen Chemikalien. Bei Verwendung mit bestimmten Spezialchemikalien unter extremen Bedingungen, wie z. B. geschmolzenen Alkalimetallen, hochtemperiertem und unter hohem Druck stehendem Fluor- oder Trichlorfluorgas, können geringfügige Veränderungen auftreten. Gegenüber gewöhnlichen Säuren, Laugen und Oxidationsmitteln bleibt Everflon™ PTFE bei hohen Temperaturen vollständig stabil. Auch der Kontakt mit organischen Verbindungen führt nicht zu Auflösung oder Quellung. Der Hauptgrund für die weitverbreitete Verwendung von Everflon™ PTFE in der chemischen Industrie für Rohrauskleidungen, Drahtgeflechtschläuche, Dichtungen, Rohre und Faltenbälge liegt in seiner chemischen Inertheit.

## Elektrische Eigenschaften

Da Everflon™ PTFE eine unpolare Molekularstruktur aufweist, eignet es sich ideal als Hochfrequenz-Isoliermaterial. Dies liegt nicht nur an seiner Anwendbarkeit über einen weiten Temperaturbereich, sondern auch an seiner niedrigen, gleichmäßigen Dielektrizitätskonstante und seinem geringen Verlustfaktor über einen weiten Frequenzbereich.

Everflon™ PTFE-Feinpulver wird zur Herstellung von Isolierhüllen für Flugzeuge, elektrische Leitungen, kleine Koaxialkabel, industrielle Steuerkabel, Spaghetti-Schläuche und Isolierbänder verwendet.

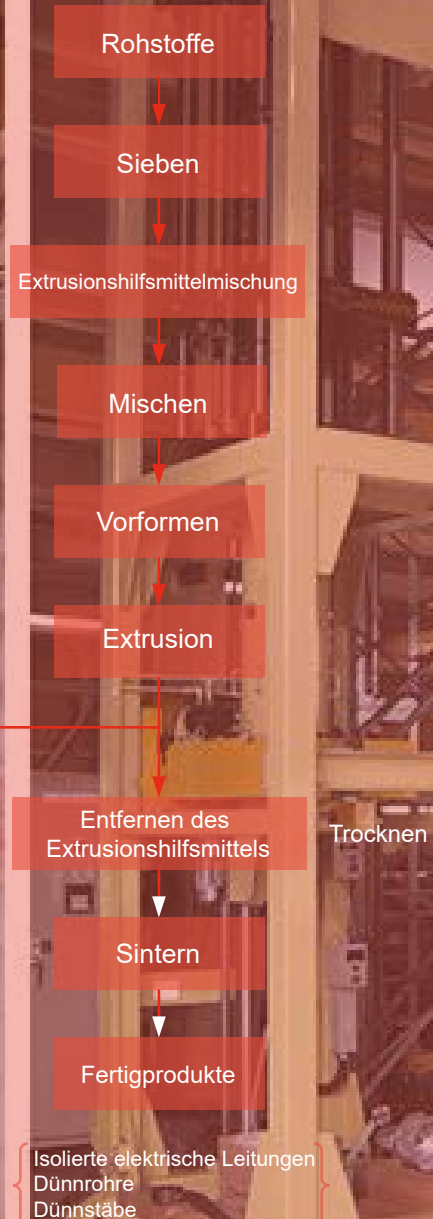
## Geringer Abrieb, Antihafwirkung

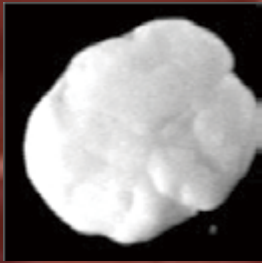
Unter normalen Anwendungsbedingungen besitzt Everflon™ PTFE den niedrigsten Reibungskoeffizienten aller Feststoffe. Darüber hinaus verhindert seine bemerkenswerte Antihafwirkung das Anhaften der meisten Klebstoffe. Schläuche aus Everflon™ PTFE-Feinpulver werden daher als Transportschläuche für flüssige Klebstoffe, Kabelkanäle usw. in der Automobilindustrie und anderen Maschinenbauindustrien sowie in ähnlichen Anwendungen eingesetzt. Darüber hinaus schmiegt sich ungesintertes Band aus Everflon™ PTFE-Feinpulver aufgrund seiner extremen Weichheit und Formbarkeit eng an das Gewinde von Schrauben an und sorgt so für eine hervorragende Abdichtung.

# Fertigungsleitfaden

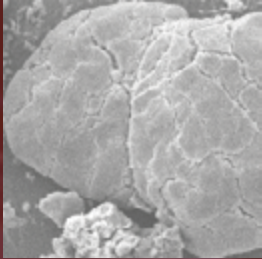
## Pastenextrusion

Im Vergleich zu herkömmlichen Formpulvern weist Everflon™ PTFE-Feinpulver ein geringeres Molekulargewicht (3.000.000–5.000.000) auf und besteht aus extrem kleinen Partikeln. Daher ist die Affinität von Everflon™ PTFE-Feinpulver zu organischen Lösungsmitteln ausgezeichnet. Durch die Zugabe von handelsüblichem Erdöl als Extrusionshilfsmittel lässt es sich wie ein Organosol formen. Das übliche Formverfahren für Everflon™ PTFE-Feinpulver ist nachfolgend dargestellt.

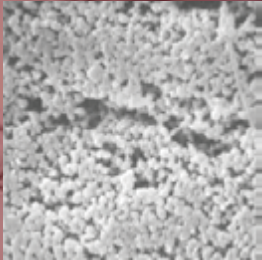




-200um-



-100um-



-1um-

Everflon™ PTFE-Feinpulver besteht aus „kartoffelförmigen“ Sekundärpartikeln mit einem Durchmesser von ca. 500 µm und einer Dichte von 500 g/l. Der Füllgrad beträgt 25 Vol.-%, das Porenvolumen des PTFE-Feinpulvers 750 ml.

Die Sekundärpartikel setzen sich aus ca.  $10^{10}$  Primärpartikeln zusammen, die statistisch in sphärischen Agglomeraten angeordnet sind. Die Packungsdichte beträgt 55 Vol.-%. Eine statistische Kugelpackung gleichgroßer Kugeln kann unabhängig vom Kugeldurchmesser einen maximalen Füllgrad von 62 Vol.-% erreichen. Die sphärischen Primärpartikel weisen eine extrem enge Partikelgrößenverteilung auf. Das darin enthaltene PTFE liegt in hochkristalliner Form vor.

Die kartoffelförmige Gestalt der Sekundärpartikel gewährleistet die Rieselfähigkeit. Die gut sichtbare, körnige, inselartige Struktur der Sekundärpartikel verdeutlicht die statistisch gepackte sphärische Agglomeration. Bei den Partikeln handelt es sich um „traubenartige Agglomerate“ aus

# Phänomenologie der Pastenextrusion

## Pastenmischung

Durch Zugabe von Schmierstoffen wird der Porenraum der Sekundärpartikel gefüllt. Als Schmierstoffe werden organische PTFE-benetzende Flüssigkeiten, meist hochsiedende Kohlenwasserstoffe (Benzole), verwendet. In der Praxis werden 20 Gewichtsteile Benzol mit 100 Gewichtsteilen PTFE vermischt. Die Luft im Inneren der Sekundärpartikel wird durch die Schmierstoffzugabe verdrängt. Die kartoffelartige Form der Sekundärpartikel bleibt dabei unverändert. Die Paste mit dem Additiv behält ihre Fließfähigkeit, während die Dichte auf etwa 700 g/l ansteigt. Das luftgefüllte Porenvolumen zwischen den Sekundärpartikeln liegt im Bereich von 500 ml/l.

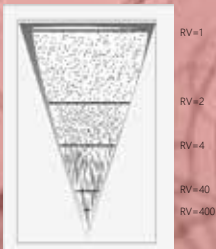
## Vorformlingsherstellung

Die Luft zwischen den Sekundärpartikeln wird durch Komprimieren in einem Zylinder mit einem Druck von ca. 30 bis 50 bar entfernt. Dadurch erhöht sich die Dichte des schmierstoffhaltigen Materials auf 1650 g/l. Die Form der Sekundär- und Primärpartikel bleibt dabei erhalten. Der so entstehende zylindrische Stab wird als Vorformling oder Rohling bezeichnet. Aus der gemessenen Dichte ergibt sich ein Füllgrad von ca. 63 Vol.-%. Rheologisch betrachtet liegt das feine Pulver im Block in pastenartigem Zustand vor. Die Paste lässt sich rheologisch als heterogenes Zweikomponentensystem definieren, bestehend aus einer immobilisierten Flüssigkeit und einem plastisch verformbaren Feststoff. Dieses System fließt, sobald Kräfte oberhalb einer bestimmten Mindestkraft einwirken, und wird dabei irreversibel verformt. Die immobilisierte Flüssigkeit fungiert dabei als Schmiermittel (Matrix), und die verformten Primärpartikel bilden das Füllmaterial.

## Pastenextrusion im Trichterströmungsdesign

Der Rohling wird in einen zylindrischen Metalltrichter überführt und anschließend mit einem bestimmten Druck, dem sogenannten Pastenextrusionsdruck, durch einen ebenfalls aus Metall gefertigten Trichter gepresst. Die Querschnittsverengung im Trichter wird durch das Reduktionsverhältnis (RR) charakterisiert, welches dem Verhältnis der Flächen von Trichtereinlass und Trichterauslass entspricht. Am Trichterauslass ist ein sehr kurzes Rohrstück, die sogenannte Führung, angebracht, in der die fließende Paste beruhigt wird. Im Trichter zeigt das Rohmaterial ein Pfropfenströmungsverhalten, da es nicht an der Metallwand haftet. Ein eigentlicher Fließprozess, rheologisch betrachtet, beginnt erst am Trichtereinlass, dargestellt als Fließfäden in Abb. 1. Die Fließgeschwindigkeit steigt proportional zur Verengung des RR-Querschnitts. Die Verdichtung der Fließfäden erzeugt einen Schergradienten in Fließrichtung. Dieser führt zu einer irreversiblen, plastischen Verformung des Pastenmaterials. Das extrudierte Material gewinnt durch diese Verformung mechanische Stabilität, die sogenannte „Grünstabilität“, sowohl im schmierstoffhaltigen, nassen als auch im trockenen Zustand.

Das nasse Extrudat hat eine Dichte von ca. 1,8 g/cm<sup>3</sup>, das getrocknete Extrudat eine Dichte von 1,6 g/cm<sup>3</sup> und einen Füllgrad von 70 Vol.-%. Damit ist die theoretisch maximale Packungsdichte für Kugeln gleicher Größe nahezu erreicht.



## Aufbrechen der Sekundärpartikel

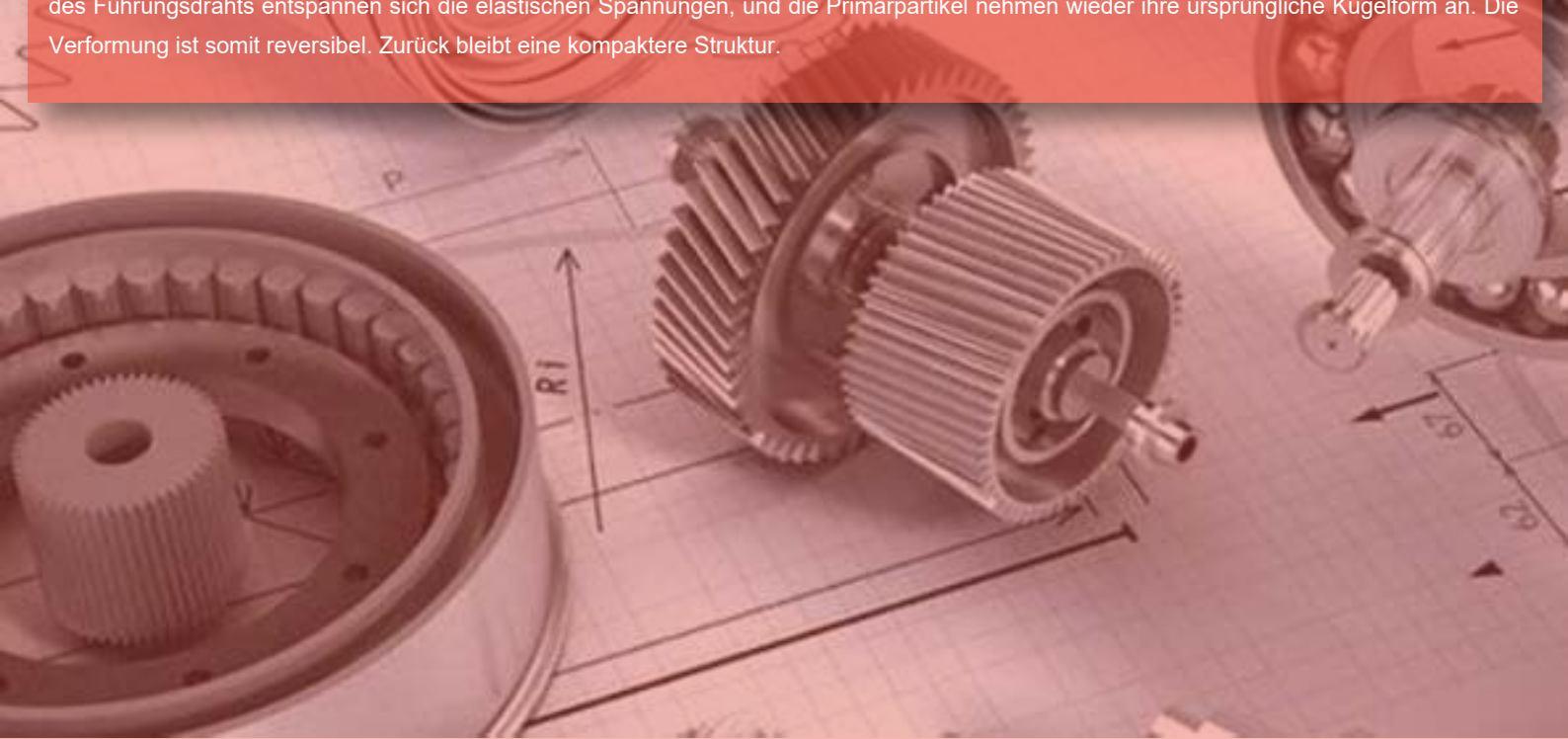
Das Aufbrechen der Sekundärpartikel, auch Pastenfibrillation genannt, ist im Längsschnitt des Trichterkegels dargestellt. Das feine Pulver wird vor der Pastenherstellung mit einem Schmierstoff vermischt, der gefärbte Sekundärpartikel enthält. Der verwendete Farbstoff ist benzolunlöslich. Man kann beobachten, wie die Verformung der gefärbten Sekundärpartikel zu „Längszylindern“ mit steigendem Reduktionsverhältnis (RR) zunimmt.

Der Querschnitt des Zylinders verringert sich mit steigendem Reduktionsverhältnis (RR). Die Querschnittsverringeringung ist umgekehrt proportional zum RR. Sie resultiert aus der paketartigen Neugruppierung großer Primärpartikelcluster, die in Strömungsrichtung zum Kopf des fibrillierenden Sekundärpartikels transportiert werden. Der Transport der Cluster ist zwangsläufig mit einer Positionsveränderung der Primärpartikel verbunden. Dies führt zu einer perlenkettenartigen Anordnung der Primärpartikel. Das Sekundärpartikel bricht auf.

Die perlenkettenartige Anordnung der Primärpartikel sollte idealerweise bis zu einer Größe von  $<10\ \mu\text{m}$  homogen sein; größere, nicht ausgerichtete, „traubenartige“ Cluster sind zu vermeiden. Solche Cluster führen zu unregelmäßigen, unebenen Oberflächen des gesinterten Endprodukts (Orangenschalenstruktur).

## Reversible Deformation von Primärpartikeln

Beim Extrudieren der Paste kommt es zu einer Vergrößerung des Extrudats, d. h. der Durchmesser des Extrudats ist größer als der des Führungsdrahts. Dies kann als Beweis für eine elastische Verformung der Primärpartikel dienen, da nur diese elastische Energie speichern können. Der Schergradient in Fließrichtung verformt die kugelförmigen Primärpartikel zu Ellipsoiden. Die Primärpartikel werden geknetet. Nach dem Verlassen des Führungsdrahts entspannen sich die elastischen Spannungen, und die Primärpartikel nehmen wieder ihre ursprüngliche Kugelform an. Die Verformung ist somit reversibel. Zurück bleibt eine kompaktere Struktur.



# Grundlagen der Verarbeitung von Everflon™ PTFE- Feinpulver

## Verpackung und Lagerung

Everflon™ PTFE-Feinpulver werden in elektronisch gesteuerten Prozessen (Prozessleitsystem) hergestellt und unter Reinraumbedingungen (Reinraumklasse 100) abgefüllt. Die Verpackung erfolgt in dicht verschließbaren Kunststofffässern mit einem Füllvolumen von 20 kg.

Die PTFE-Produktionsanlage sowie die Qualität der Fässer mit Deckel und Dichtung machen Trockensäcke überflüssig und vermeiden so mögliche Verunreinigungen durch Beschädigungen der Säcke. Das Material wird bei Temperaturen unter 19 °C abgefüllt und gelagert. In den wärmeren Monaten erfolgt der Transport in Kühlfahrzeugen, um Verklumpungen durch Transport und/oder Hitze zu vermeiden und die gute Rieselfähigkeit des Feinpulvers zu erhalten.

Um diese Pulvereigenschaften zu bewahren, wird empfohlen, die Produkte möglichst in Kühlräumen bei Temperaturen unter 19 °C zu lagern, da bei dieser Temperatur die Kristallisation stattfindet.

Eine Raumtemperatur von 15 °C wird empfohlen. Sollte das Feinpulver trotz dieser Vorsichtsmaßnahmen verklumpt sein oder Agglomerate enthalten, können diese ausgesiebt werden (Vorsicht: Die Partikel nicht drücken, das Pulver nicht verunreinigen). Die abgetrennten Agglomerate sollten 2 bis 3 Tage bei einer Temperatur zwischen 5 und 10 °C gekühlt und anschließend geschüttelt werden, um sie aufzulösen.

Sie sollten dann bei Temperaturen unter 19 °C gesiebt werden, wodurch die Agglomerate zu rieselfähigem Pulver zerfallen. Es dauert mehr als 24 Stunden, bis das Feinpulver für die Weiterverarbeitung bereit ist, und ca. 3 Tage, bis das Material auf 5 °C abgekühlt ist. Eine praktischere Lösung wäre eine Kühlraumtemperatur von 15 °C, wobei die Abkühlung des PTFE auf 15 °C über mehrere Tage erfolgt.

## Vorbereitung der Extrusionsmischung

Um Fehler im Endprodukt zu vermeiden, muss bei der Verarbeitung des Feinpulvers darauf geachtet werden, jegliche übermäßige mechanische Belastung zu vermeiden, da das Pulver sehr scherempfindlich ist. Es wird empfohlen, das Pulver vorsichtig zu schütteln oder abzuschöpfen, um ein Zerdrücken der Partikel zu verhindern.

## Pulversiebung

Vor dem Einfüllen in den Mischbehälter sollte das Feinpulver gesiebt werden, um eventuelle Agglomerate aufzubrechen und das Pulver aufzulockern. Die Maschenweite des Siebs sollte 3 bis 4 mm betragen. Alternativ können auch Siebsiebe verwendet werden, um härtere Agglomerate aufzubrechen. Größere, nicht zerfallende Klumpen sollten vom Sieb entfernt und in einem separaten Behälter gesammelt werden. Die abgetrennten Agglomeratpartikel können durch Abkühlen und erneutes Sieben wieder aufbereitet werden. Beim offenen Siebvorgang ist höchste Sauberkeit wichtig. Feuchtigkeitsaufnahme durch Kondensation muss vermieden werden, indem die Trommel auf Umgebungstemperatur gehalten und nach der Pulverentnahme sofort wieder verschlossen wird. PTFE ist ein guter elektrischer Isolator, daher ist es beim Dosieren von PTFE notwendig, hohe Gießgeschwindigkeiten zu vermeiden, da sich das Material sonst statisch aufladen und in Kombination mit dem Schmierstoff explodieren könnte.

## Beimischung von Schmierstoffen

Aliphatische Kohlenwasserstoffe mit unterschiedlichen Siedebereichen haben sich als Schmierstoffe für die Pastenextrusion bewährt.

Die Wahl des Schmierstoffs hängt vom Extrusionsmaterial ab. Schmierstoffe mit einem höheren Siedebereich werden üblicherweise für dünnwandige Anwendungen verwendet, die ein Kalandrierverfahren erfordern, wie z. B. Folien. Schmierstoffe mit einem niedrigeren Siedebereich werden für dickwandige Extrusionsmaterialien wie Auskleidungen eingesetzt.

Der gewählte Schmierstoff sollte vom Feinpulver gut aufgenommen und nach der Extrusion ebenso gut entfernt werden. Er sollte außerdem während des Sinterns keine Verfärbungen verursachen. Je nach Anwendung und Schmierstofftyp beträgt der Schmierstoffgehalt 17 bis 25 Gewichtsteile bezogen auf 100 Gewichtsteile Everflon™ PTFE-Feinpulver. Die Schmierstoffmenge wird der Einfachheit halber in Gewichtsteilen angegeben. Korrekter wäre es jedoch, zu sagen, dass die optimale Schmierstoffmenge dem PTFE-Feinpulver zugesetzt wird, da die Hohlräume zwischen den Primärpartikeln aufgefüllt werden müssen. Hierbei spielt die Dichte des Schmierstoffs, die um etwa 10–15 % schwanken kann, eine Rolle. Der Schmierstoff wird dem Pulver in der Mitte des Mischbehälters zugegeben, nicht am Rand.

Der Mischvorgang sollte bei einer Temperatur unter 19 °C durchgeführt werden, da das feine Pulver bei diesen Temperaturen ein besseres Fließverhalten aufweist. Je nach Mischertyp (Trommelmischer oder Taumelmischer) beträgt die Mischzeit 20 bis 30 Minuten bei einer Drehzahl von 20 bis 30 Umdrehungen pro Minute. Die Pulvermischung sollte im Mischbehälter fließen und nicht spritzen. Der Schmierstoff wird gleichmäßig vom Pulver aufgenommen. Die Mischbehälter müssen dicht verschlossen sein, um Verdunstungsverluste zu vermeiden. Der Mischbehälter sollte maximal zu 2/3 seines Volumens gefüllt werden, um eine gute Durchmischung zu gewährleisten.

Beim Mischen des feinen Pulvers mit dem brennbaren Schmierstoff ist eine Erdung wichtig, da von den Schmierstoffdämpfen Entzündungsgefahr ausgeht, z. B. durch elektrostatische Aufladung. Die Benzolkonzentration in den Arbeitsräumen muss mithilfe geeigneter Raumluftmessgeräte überwacht werden. Für eine gute Belüftung ist ebenfalls zu sorgen.

## Pigmentierung

Für die Pigmentierung oder Färbung der Pulverpaste werden folgende Verfahren empfohlen: Flüssige Farbsuspensionen werden vor dem Mischen mit der Pulverpaste dem Schmiermittel zugegeben. Soll das Pigment im trockenen Zustand mit der Pulverpaste vermischt werden (z. B. für antistatische Anwendungen oder zum Färben mit Ruß), wird es direkt auf das Pulver gesiebt und die Mischung anschließend im trockenen Zustand durch Walzen homogenisiert.

## Reifung der Extrusionsmischung

Eine homogene Verteilung des Schmiermittels im PTFE wird durch Reifung der Mischung erreicht. Dieser Reifungsprozess sollte über Nacht oder optimalerweise über 24 Stunden in dicht verschlossenen Behältern erfolgen. Längere Reifungszeiten sind nicht erforderlich.

## Vorformling-Kompression

In diesem Verarbeitungsschritt wird die Mischung aus Everflon™ PTFE-Feinpulver und Schmiermittel in eine Vorformlingpresse gegeben und zu einem zylindrischen Vorformling verpresst. Ziel der Kompression ist es, die in der Mischung aus Pulverpaste und Schmiermittel enthaltene Luft zu entfernen und die Mischung in eine Form zu bringen, die problemlos in den Extrusionszylinder eingeführt werden kann. Der Zylinder der Vorformpresse sollte dreimal so lang sein wie die Vorform, da das Pulver auf ein Drittel seines Volumens komprimiert wird.

Das Gemisch aus Pulver und Schmierstoff muss langsam verdichtet werden, damit die Luft vollständig aus dem Gemisch im Vorformzylinder entweichen kann. Dieser Vorgang kann durch ein Vakuum an den Belüftungsbohrungen unterstützt werden. Das Vorpressen dauert einige Minuten bei einem Druck von ca. 30–50 bar. Die Qualität der Endprodukte hängt unter anderem von einer rissfreien Vorform ab. Der Kompressionsdruck wird daher nur langsam reduziert, und beim Entnehmen der Vorform aus dem Vorformzylinder ist Vorsicht geboten. Das verdichtete Teil muss anschließend sofort weiterverarbeitet werden, um die Verdunstung des Schmierstoffs von den Oberflächen zu minimieren.

Eine ungleichmäßige Verteilung des Schmierstoffs führt zu Qualitäts- und Maßabweichungen des Endprodukts. Die Vorform wird dem Pastenextruder zugeführt – dessen Zylinder einen Durchmesser haben sollte, der 1 mm größer ist als der Außendurchmesser der Vorform.

# Leitfaden zur Fehlerbehebung

Problem	Mögliche Ursache	Lösungsvorschlag
Verunreinigungen des Halbzeugs	Verunreinigtes Schmiermittel wurde hinzugefügt.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Schmierstoff filtern</li><li>• Schmierstoffcharge wechseln</li></ul>
	Beim Öffnen der Pulvertrommel.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vor dem Öffnen Schmutzpartikel von der Außenseite der Trommel entfernen, um Verunreinigungen zu vermeiden</li><li>• Trommel erden, um elektrostatische Aufladungen zu vermeiden</li><li>• Vorbereitungsraum reinigen</li></ul>
	Vorherige Extrusion enthielt Füllstoffe.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extruder reinigen</li></ul>
Braune Verfärbung des Halbzeugs	Schmiermittel wurde nicht vollständig entfernt.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Trocknungszeit verlängern</li><li>• Trocknungstemperatur erhöhen</li><li>• Schmierstoff mit niedrigerem Siedepunkt verwenden</li><li>• Saugleistung im Ofen verbessern</li><li>• Sintervorgang wiederholen, die braune Verfärbung verschwindet in den meisten Fällen</li></ul>
Extrudat ist spröde	Der Extrusionsdruck ist zu niedrig, die Grünfestigkeit ist zu gering.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduktionsgrad erhöhen</li><li>• Schmierstoffmenge reduzieren</li><li>• Material mit höherem Extrusionsdruck verwenden</li><li>• Extrusionsgeschwindigkeit erhöhen</li></ul>
Halbzeug ist in Extrusionsrichtung gerissen	Mechanische Beschädigung im Grünzustand.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Extrudat sorgfältiger behandeln</li><li>• Schmierstoff mit höherem Siedepunkt verwenden</li><li>• Düse auf mechanische Beschädigungen prüfen</li></ul>
Gesintertes Halbzeug weist geringe Reißfestigkeit, aber hohe Festigkeit und Bruchdehnung auf	Das Halbzeug wurde zu lange oder zu heiß gesintert.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Temperaturprofil des Sinterofens prüfen</li><li>• Niedrigere Sintertemperatur wählen (360 bis 380 °C)</li><li>• Ofen auf Funktionsstörungen prüfen</li></ul>
Die Auskleidung ist längs und quer zur Extrusionsrichtung gerissen	Das innere Stützrohr war zu groß.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kleineres inneres Stützrohr verwenden</li></ul>
	Ungleichmäßige Abkühlung nach dem Sintern	<ul style="list-style-type: none"><li>• Gleichmäßige Kaltluftverteilung sicherstellen</li><li>• Ofen oder Kühlaggregat auf Funktionsstörungen prüfen</li></ul>
	Innere Spannungen oder ungleichmäßige Schrumpfung aufgrund zu schneller Abkühlung.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kühlprozess verlangsamen</li><li>• Ofen oder Kühlaggregat auf Funktionsstörungen prüfen</li></ul>
	Das Halbzeug klebte während des Sinterns an der Kontaktfläche.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kontaktfläche auf Rauheit prüfen Mängel</li></ul>

Problem	Mögliche Ursache	Lösungsvorschlag
Halbfertigprodukt aufgeplatzt	Trocknungstemperatur zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trocknungstemperatur auf den Bereich zwischen Siedepunkt des Schmierstoffs und Sintertemperatur reduzieren.</li> <li>Ofen auf Störungen prüfen.</li> </ul>
	Feuchtigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoff trocknen.</li> <li>Kondenswasserbildung beim Öffnen der Pulvertrommel; Trommel auf Raumtemperatur bringen.</li> </ul>
	Lufteinschlüsse bei der Vorformlingsherstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maschinenparameter prüfen</li> <li>Belüftungsbohrungen anbringen.</li> </ul>
Teilweise Verjüngung des Rohrdurchmessers oder wellenförmiges Extrudat („Schlangenmuster“)	Zu viel Schmierstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoffmenge reduzieren.</li> </ul>
Weiße Punkte im Halbfertigprodukt	Verunreinigungen oder PTFE-Rückstände aus vorherigen Extrusionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Extruder reinigen.</li> </ul>
	Gequetschte Pulverpaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulver sorgfältiger behandeln.</li> <li>Schmierstoffstand prüfen.</li> <li>Agglomerate aussieben.</li> </ul>
Teilweise Streifenbildung	Überschüssiger Schmierstoff	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoffmenge reduzieren.</li> </ul>
	Gequetschte Pulverpaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pulver sorgfältiger behandeln.</li> <li>Agglomerate aussieben.</li> </ul>
	Ungleichmäßige Schmierstoffverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mischzeit verlängern.</li> <li>Schmierstoff-Pulver-Mischung über Nacht bei 30 °C ruhen lassen.</li> </ul>
Schuppige Oberfläche des Halbfertigprodukts (Orangenhaut)	Scherkraft im Extrusionswerkzeug zu gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reduktionsverhältnis erhöhen.</li> <li>Extrusionsgeschwindigkeit erhöhen.</li> </ul>
	Raue Werkzeugoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>Polieren.</li> <li>Bei seitlicher Politur auch längs polieren.</li> </ul>
	Schmierstoffmangel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoffmenge erhöhen.</li> </ul>
Unregelmäßige Oberfläche	Schmierstoffmangel Ungleichmäßige Schmierstoffverteilung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Schmierstoffmenge erhöhen. Schmierstoff-Pulver-Mischung über Nacht bei 30 °C ruhen lassen.</li> </ul>
	Inkonsistente Trocknungs- und Sinterbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ofen auf Störungen prüfen.</li> </ul>
	Füllstoffagglomerate in der trockenen gemischten Feinpulvermasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Füllstoffpartikelgröße reduzieren.</li> <li>Abmessungen des Halbzeugs erhöhen.</li> <li>Füllstoff mahlen, zerkleinern oder sieben.</li> <li>Füllstoff oder Füllstoffadditive verwenden, nicht temperaturbeständig genug</li> </ul>



# Everflon Academic Center

Tel: +86-185-7168-9228

[info@everflon.com](mailto:info@everflon.com)

[www.everflon.com](http://www.everflon.com)

Weitere Informationen über unser Unternehmen, unsere Produkte und unseren Service finden Sie auf unserer Website unter [www.everflon.com](http://www.everflon.com) oder [www.everflonultra.com](http://www.everflonultra.com)