



pro-K Fluoropolymergroup

pro-K Kompendium
Fluorkunststoffe

Vorwort

Das vollfluorierte Hochleistungspolymer Polytetrafluorethylen (PTFE) ist der am meisten eingesetzte Fluorkunststoff und hat sich aufgrund seiner einzigartigen Eigenschaften als unverzichtbarer Werkstoff in der modernen Industriegesellschaft etabliert.

Als außergewöhnliche Eigenschaften von PTFE sind die hervorragende und breite Chemikalienbeständigkeit, der breiteste Temperatureinsatzbereich, die exzellenten (di)elektrischen Eigenschaften, die Beständigkeit gegen Versprödung, die Alterungsbeständigkeit sowie die hohe Reinheit des Werkstoffes hervorzuheben.

Das vorliegende Compendium ersetzt und erweitert das vom Gesamtverband Kunststoffverarbeitende Industrie e.V. (GKV), herausgegebene Merkblatt „Qualitätsanforderungen, Prüfrichtlinien und Toleranzen für PTFE-Produkte“ von 1993.

Das Compendium wird von der pro-K Fluoropolymergroup herausgegeben. Es gibt den Wissensstand von Oktober 2013 wieder.

Sämtliche Teile dieses Compendiums wurden auch als einzelne Technische Merkblätter unter www.pro-kunststoff.de/info-service veröffentlicht.

Wichtiger Hinweis:

Diese Ausarbeitung dient lediglich Informationszwecken. Die in dieser Ausarbeitung enthaltenen Informationen wurden nach dem derzeitigen Kenntnisstand und nach bestem Gewissen zusammengestellt. Der Autor und pro-K übernehmen jedoch keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Informationen. Jeder Leser muss sich daher selbst vergewissern, ob die Informationen für seine Zwecke zutreffend und geeignet sind.

Stand: Oktober 2013

Fluoropolymergroup

Die Fluoropolymergroup ist eine Fachgruppe von pro-K Industrieverband Halbzzeuge und Konsumprodukte aus Kunststoff e.V.; Städelstraße 10, D-60596 Frankfurt am Main; Tel.: 069 - 27105-31; Fax 069 - 239837;
E-Mail: info@pro-kunststoff.de; www.pro-kunststoff.de

Teil 1:

Grundsätze für die Bezeichnung von PTFE-Produkten

GRUNDSÄTZE FÜR DIE BEZEICHNUNG VON PTFE-PRODUKTEN

1. Um die unterschiedlichen Anwendungsbereiche für Polytetrafluorethylene abdecken zu können, steht eine Vielzahl von Rohstoffen zur Verfügung.

Nach den Festlegungen der Fluoropolymergroup gelten zur Unterscheidung der verschiedenen Typen folgende Begriffsinhalte:

1.1	Virginales PTFE	=	Unbearbeitetes, noch nicht verarbeitetes, nicht durchgesintertes Ausgangsmaterial
1.2	Virginales, modifiziertes PTFE	=	Wie 1.1, jedoch mit fluorierten Comonomeren chemisch modifiziertes PTFE
1.3	Gefülltes PTFE (Compound)	=	Wie 1.1. und 1.2, jedoch mit Füllstoffen wie Glas, Kohle, Bronze usw. verstärkt
1.4	PTFE-Regenerat	=	Wieder aufbereitetes, gesintertes Ausgangsmaterial
1.5	Modifiziertes PTFE-Regenerat	=	Wieder aufbereitetes, gesintertes, modifiziertes Ausgangsmaterial
1.6	"Reines PTFE" oder "100 % PTFE" oder "Original-PTFE%"	=	Sind keine zulässigen Definitionen für den Qualitätsstandard des Materials

2. Es wird empfohlen, in Angeboten und in der technischen Beratung ausschließlich die eindeutigen Begriffe der Abschnitte 1.1 bis 1.5 zu verwenden, wenn eine Beschreibung der Rohstofftype erforderlich oder gewünscht wird.

3. Eine einfache Unterscheidung zwischen Halbzeugen aus ungefülltem virginalen und ungefülltem virginalen modifizierten PTFE ist die vergleichsweise höhere Transparenz von ungefülltem virginalen modifizierten PTFE im Vergleich bei dünnen Querschnitten.

PRINCIPLES FOR THE DESCRIPTION OF PTFE PRODUCTS

1. A multitude of raw material grades is available for covering the different application fields of polytetrafluor-ethylene.

According to the specification of the Technical Committee of the section "Fluoropolymer", the following definitions are used to classify the different grades:

1.1	Virgin PTFE	=	Raw, unprocessed, not sintered material
1.2	Virgin, modified PTFE	=	Like 1.1, but with perfluorinated comonomers that chemically modify PTFE
1.3	Filled PTFE	=	Like 1.1. and 1.2, but with fillers such as glass, coal, bronze etc.
1.4	PTFE-reprocessed	=	Processed, sintered raw material
1.5	Modified PTFE reprocessed	=	Processed, sintered, modified raw material
1.6	"Pure PTFE" or "100 % PTFE" or	=	Are not reliable definitions to identify the different "original PTFE" types.

2. It is recommended to use only the clear definitions of group 1.1 to 1.5 when a description of the raw material grade is required for offers or technical consultations.

3. An easy way to distinguish between semi-finished items made of virgin PTFE and semi-finished items made of virgin modified PTFE is the comparison of thin cross sections. The semi-finished items made of virgin, modified PTFE are more transparent than semi-finished items made of virgin PTFE .

CRITERES POUR LA DEFINITION DES DIFFERENTS TYPES DE PTFE

1. Pour couvrir les différents domaines d'applications du PTFE, il existe une grande variété de matières premières. Conformément aux spécification du Comité Technique de la section.

"Fluoropolymer" on utilise, pour classer les différents types ou grades de PTFE, les définitions suivantes:

1.1	PTFE vierge	=	Matériau de base non transformé, non fritté et non usin
1.2	PTFE modifié vierge	=	PTFE vierge contenant un comonomère perfluoré comme modifiant
1.3	PTFE chargé	=	PTFE vierge auquel ont été incorporées des charges telle que du verre, du carbone, du bronze, etc.
1.4	PTFE Régénérat	=	PTFE matière initiale retraitée et frittée
1.5	PTFE Régénérat, modifié	=	Matière initiale retraitée, frittée et modifiée
1.6	"PTFE pur" ou "100 %PTFE" ou "PTFE originel"	=	Ne sont pa des définitions suffisamment précises pour qualifier le niveau de qualité de la matière.

2. Pour des offres commerciales et des informations techniques, il est conseillé d'utiliser seulement les définitions précises des groupes 1.1 à 1.5 si la description de la matière de base est nécessaire ou demandée.

3. Une différenciation entre le PTFE vierge non chargé et le PTFE vierge modifié non chargé peut être faite en comparant leurs transparences. En observant des coupes minces, le PTFE vierge non chargé a une transparence plus élevée.

PRINCIPI PER LA DEFINIZIONE DEI TIPI DI PTFE

1. Per soddisfare le molteplici esigenze nei differenti campi applicativi del polietrafluoroetilene, è disponibile una ampia gamma di prodotti.

Sulla base delle specifiche del Comitato Tecnico dei Fluoropolimeri, per la classificazione dei vari tipi valgono le seguenti definizioni:

1.1	PTFE vergine	=	Materiale base non lavorato, non trasformato e non sinterizzato.
1.2	PTFE vergine modificato	=	Come 1.1 ma con comonomeri fluorurati che modificano chimicamente il PTFE
1.3	PTFE caricato (Compound)	=	Come 1.1 e 1.2 ma addizionati di cariche tipo vetro, carbone, bronzo, etc.
1.4	PTFE rigenerato	=	PTFE processato, sinterizzato e rilavorato
1.5	PTFE rigenerato modificato	=	PTFE modificato processato, sinterizzato e rilavorato
1.6	Le definizioni "PTFE puro", "PTFE al 100 %" e "PTFE originale"	=	Non descrivono in modo univoco il tipo di prodotto e pertanto possono includere sia materiali del gruppo 1.1 che del gruppo 1.2 .

2. Nel caso di offerte o consulenze tecniche in cui fosse necessaria una descrizione del tipo di materiale, si consiglia di utilizzare solamente le definizioni dal gruppo 1.1 al 1.5.

3. Un metodo semplice per distinguere semilavorati di PTFE vergine da semilavorati di PTFE vergine modificato, consiste nella comparazione di sezioni sottili. Il semilavorato da PTFE vergine modificato è più trasparente rispetto al semilavorato da PTFE Vergine.

Teil 2:

Qualitätsanforderungen und Prüfrichtlinien für PTFE-Produkte

Inhaltsverzeichnis

1. Geltungsbereich

2. Dichte

2.1. Prüfverfahren

2.2. Forderungen

2.3. Erläuterung

3. Reißfestigkeit und Reißdehnung

3.1. Prüfverfahren

3.2. Mindestwerte

4. Kugeldruckhärte und Shorehärte D

4.1. Prüfverfahren

5. Porengehalt

5.1. Prüfverfahren

6. Durchschlagsfestigkeit, Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand

6.1. Prüfverfahren

6.2. Forderungen

6.3. Hinweis

7. Halbzeuge aus gefülltem PTFE

8. Bestimmung des Füllstoffgehalts von PTFE-Compounds

9. Deformation unter Last

1. Geltungsbereich

Diese Qualitätsanforderungen und Prüfrichtlinien dienen zur Beurteilung von Halbzeugen aus Polytetrafluorethylen. Die aufgeführten Forderungen bezeichnen die Grenzwerte, die Voraussetzung für qualitativ einwandfreie PTFE-Erzeugnisse sind.

Gelegentlich finden sich in der Praxis noch so genannte „Durchschnittswerte“, die Schwankungsbreite der Abweichungen kann dabei sehr groß sein. In solchen Fällen ist eine genaue Eingrenzung des für den Durchschnitt geltenden Toleranzbereichs zu fordern, damit die physikalischen Eigenschaftswerte verglichen werden können.

Die im Folgenden beschriebenen Prüfungen sind bei Normalklima 23 °C ($\pm 2^\circ\text{C}$), 50 % ($\pm 10\%$) Luftfeuchtigkeit durchzuführen (DIN EN ISO 291 "Kunststoffe - Normalklimate für Konditionierung und Prüfung").

Bis einschließlich Abschnitt 6. gelten die Werte für Erzeugnisse aus ungefülltem PTFE.

2. Dichte

2.1 Prüfverfahren

DIN EN ISO 12086 Kunststoffe - Fluorpolymerdispersionen, Formmassen und Extrusionsmaterialien - Teil 2: Herstellung von Probekörpern und Bestimmung von Eigenschaften (Subclause 8.4).

2.2 Forderungen:

Werte: 2,12 - 2,20 g/cm³

2.3 Erläuterung

PTFE-Halbzeuge mit niedrigem Molekulargewicht haben eine höhere Dichte bzw. solche mit höherem Molekulargewicht weisen eine niedrigere Dichte auf. Das bedeutet, dass man bei der Beurteilung der Dichte den Einfluss des verwendeten Pulvers beachten muss.

Geringe Dichte deutet auf ein niedrig-kristallines und damit flexibles Material hin. Werte unterhalb 2,12 g/cm³ sprechen für geringe Verdichtung und hohe Porosität.

Hohe Dichte deutet auf ein höher-kristallines und damit steiferes Material hin. Dichtewerte oberhalb der Toleranz sprechen für veränderte physikalische Werte, die von dem Rohstoff oder aus einer Übersinterung herrühren können und u. a. auf einen thermischen Abbau schließen lassen.

Compounds mit Beimischungen von Glas, Graphit, Kohle, Bronze weisen füllstoffbezogen eine andere Dichte auf.

3. Reißfestigkeit und Reißdehnung

3.1 Prüfverfahren

DIN EN ISO 527-1:1996-04 Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 1: Allgemeine Grundsätze

Der Zugversuch nach dieser Norm dient zur Beurteilung des Verhaltens von Fluorkunststoffen bei einachsiger Beanspruchung auf Zug. Die Prüfung wird an bestimmten Probekörpern unter festgelegten Bedingungen für die Vorbehandlung, das Prüfklima und die Prüfgeschwindigkeit durchgeführt. Der Zugversuch dient in erster Linie zur Qualitätskontrolle und unter Verwendung folgender Probekörper: (Prüfgeschwindigkeit: 50 mm/min.).

Empfehlung für die Dicken der Probekörper: 1,0 mm für PTFE und 1,5 mm für Compound.

Probekörper zur Prüfung von Schälfolien und Platten:

Für Folien von 0,5 bis 3 mm Dicke: Probekörper ähnlich SPI-Standard FD-105 (Bild 1).

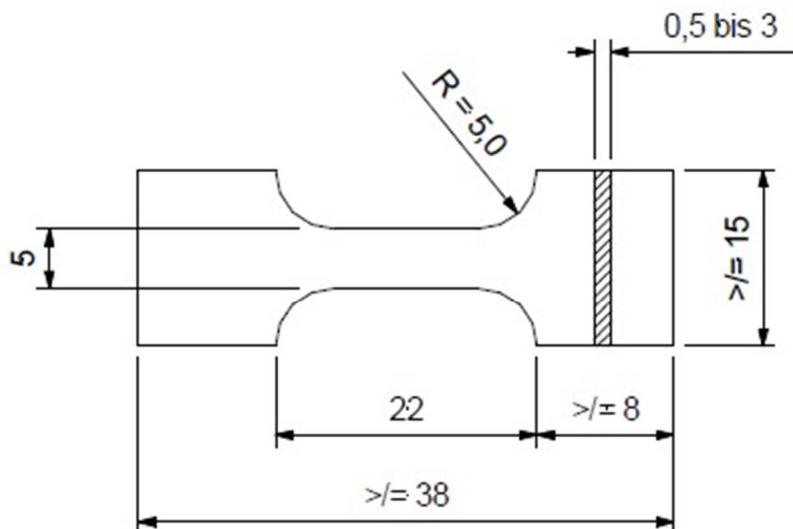


Bild 1: Probekörper gemäß SPI-Standard FD-105.

Für Folien von 0,5 bis 3 mm Dicke: Probekörper nach SPI-Standard FD-105 (Bild 1) oder (Bild 2).

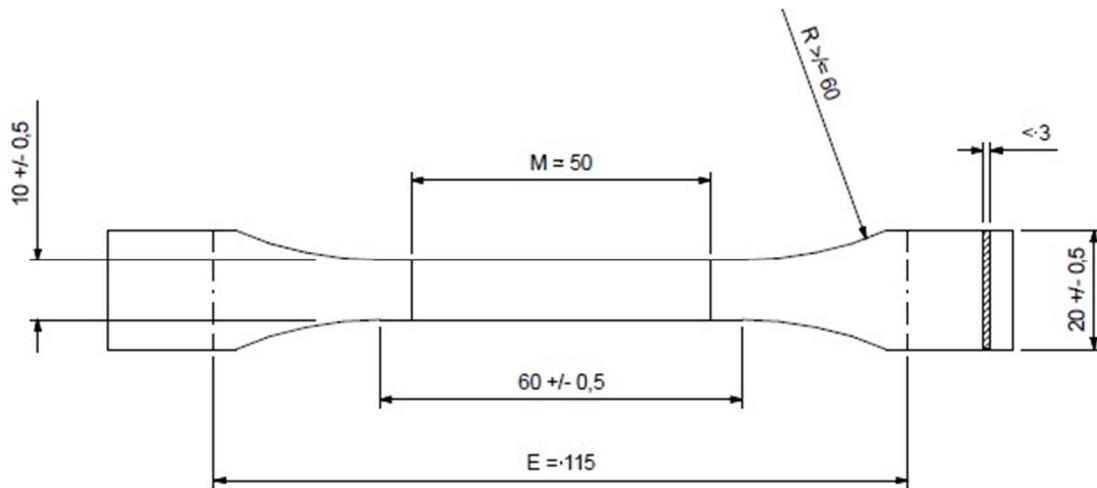


Bild 2: Probekörper 1B nach DIN EN ISO 527-2.

M = Messlänge

E = Einspannlänge

3.1.1 Mechanische Bearbeitung von Probekörpern

Es gelten die Vorgaben der DIN EN ISO 2818:1996, Kunststoffe - Herstellung von Probekörpern durch mechanische Bearbeitung.

3.2 Reißfestigkeit und Reißdehnung – Mindestwerte

Hinweis: Seitens der pro-K Fluoropolymergroup wird empfohlen, folgende Dicken bei den Probekörpern zu verwenden: 1,0 mm bei PTFE und 1,5 mm bei Compound.

	Folien und Platten, gepresstes PTFE		Ramextrudiertes PTFE						Pastenextrudiertes PTFE (gemessen quer zur Extrusionsrichtung)
			aus nicht vorgesintertem PTFE-Pulver		aus vorgesintertem PTFE-Pulver		aus Regenerat		
	rieselfähiges Granulat	nicht rieselfähiges Pulver	Extrusionsrichtung		Extrusionsrichtung		Extrusionsrichtung		
			längs	quer	längs	quer	längs	quer	
Reißfestigkeit N/mm ²	23,0	28,5	22,0	25,5	19,0	20,0	11,0	13,0	26,0
Reißdehnung %	260	300	230	265	190	210	90	110	275

4. Kugeldruckhärte H 132/30 und Shore-Härte D

4.1 Prüfverfahren

Kugeldruckhärte gemäß ISO 2039

Probendicke: Mindestens 4 mm; Abstand zum Rand größer 10 mm. Prüfzeit: 30 Sek.

Shore-Härte D gem. DIN ISO 7619-1:2012-02 und DIN ISO 7619-2:2012-02

Prüfung von Kunststoffen - Härteprüfung nach Shore D

Probendicke: Mindestens 6 mm. Prüfzeit: 3 Sek.

Forderung: Die nachstehenden Werte gelten nur für ungeschichtete Proben.

Probendicke: Mindestens 4 mm

Abstand zum Rand: Größer 10 mm

Kugeldruckhärte: Mindestens 22,0 N/mm²

Shore-Härte D: Mindestens 54

5. Porengehalt

5.1 Prüfverfahren

5.1.1 Stabilisierte Gleichspannung*

Die Prüfung wird mit einem geeigneten Porensuchgerät mit stabilisierter Gleichspannung durchgeführt. Dazu werden Bürstenelektroden empfohlen. Die Prüfspannung (in Volt) ist von der Prüfkörperdicke abhängig.

Sie sollte sich bei einer Materialdicke zwischen 0,4 und 4,2 mm wie folgt errechnen:

Zu einer Grundspannung von 1,5 KV ist eine Zusatzspannung zu addieren; sie ergibt sich aus der in mm gemessenen Prüfkörperdicke, multipliziert mit 2,5 KV.

*In Abstimmung mit dem Anwender kann auch in Wechselspannung geprüft werden.

Hinweis:

Bei 0,4 mm würde somit die Prüfspannung $1,5 \text{ KV} + 0,4 \times 2500 \text{ V} = 2500 \text{ V}$ betragen, bei 1 mm entsprechend 4,0 KV.

Siehe auch VDE-Normen und ATEX-Richtlinie.

5.1.2 Forderung (nach Erfahrungswerten):

$$\text{max. Porenzahl pro m}^2 = \frac{1,0}{\text{Materialdicke (mm)} \times 2}$$

(Teilwerte sind auf volle Zahlen aufzurunden.)

5.1.3 Hinweis

Die Mindestdicke von Folien sollte nicht kleiner sein als der mittlere Korndurchmesser des eingesetzten Pulvers.

5.1.4 Porositätsindikatoren

Zur Feststellung von Poren und Rissen wird die gesamte Oberfläche des zu prüfenden Teils nach Bedarf mit einem Reinigungsmittel entfettet. Nach dem Trocknen wird sie mit einer handelsüblichen Eindringfarbe durch Tauchen oder Aufsprühen überzogen. Nach ca. 5 Minuten wird das Tränkungsmedium durch gründliches Abwischen mit Papiertüchern oder durch Abspülen entfernt. Sobald die Oberfläche trocken ist, wird sie visuell auf Poren/Risse untersucht.

6. Durchschlagsfestigkeit, Durchgangswiderstand und spezifischer Oberflächenwiderstand

6.1 Prüfverfahren

DIN EN ISO 12086

Plastics - Fluoropolymer dispersions and moulding and extrusion materials.

Part 2: Subclauses 8.1.1, 8.1.2 und 8.1.3

IEC 60093

Prüfverfahren für Elektroisolationstoffe, spezifischen Durchgangswiderstand und spezifischen Oberflächenwiderstand von festen, elektrisch isolierenden Werkstoffen.

Bei Angabe der festgestellten Prüfwerte ist die verwendete Elektrodenform aufzuführen.

Bei Angabe der Durchschlagsfestigkeit ist zusätzlich die Dicke der Probe anzugeben, an der die Messung durchgeführt wurde.

Aufgrund der exzellenten Isolationseigenschaften der PTFE-Produkte ergeben sich für die Durchschlagsfestigkeit hohe absolute Messwerte. Um Umgebungseinflüsse auszuschließen, sollte deshalb die Prüfung bei größeren Wandstärken ($\geq 0,5$ mm) im Medium Halocarbonöl durchgeführt werden.

6.2 Forderung

Mindestens 50 KV/mm (gemessen an Proben mit einer maximalen Dicke von 0,5 mm).

6.3 Hinweis:

Der Wert für die Durchschlagsfestigkeit nimmt mit zunehmender Foliendicke deutlich ab.

7. Halbzeuge aus gefülltem PTFE

Ergänzend zu den Abschnitten 2. (Dichte), 3. (Reißfestigkeit und Reißdehnung) sowie 4. (Kugeldruckhärte) gelten für Halbzeuge aus gefülltem PTFE (Compounds) die folgenden Mindestwerte. Die Angaben für Kohle-Compounds beziehen sich auf den Füllstoff graphitierte Kohle. Aus Gründen der Vergleichbarkeit ist in der nachfolgenden Tabelle nur rieselfähiges Material aufgeführt.

		Deformation unter Last 15 N/mm ² 100h		Gepresste Halbzeuge		Ramextrudierte Halbzeuge		Kugel- druckhärte	Shore D
				Reiß- festigkeit	Reiß- dehnung	Reiß- festigkeit	Reiß- dehnung		
Messverfahren	DIN 53479	entspr. pro-K*		DIN EN ISO 527	DIN EN ISO 527	DIN EN ISO 527	DIN EN ISO 527	ISO 2039	DIN 53505
Dimension	[g/cm ³]	[%] 23°C	[%] 100°C	[N/mm ²]	[%]	[N/mm ²]	[%]	[N/mm ²]	
PTFE virginal	2,16 ± 0,04	18	33	23	260	19	190	22	54
PTFE modifiziert virginal	2,16 ± 0,04	9	23	22	360	18	300	23	56
PTFE + 10 % Kohle	2,14 ± 0,04	14	19	16	180	14	160	26	61
PTFE + 15 % Kohle	2,13 ± 0,04	10	14	14	150	12	130	27	62
PTFE + 25 % Kohle	2,09 ± 0,04	8	22	13	100	11	90	34	63
PTFE modifiziert + 25 % Kohle	2,09 ± 0,04	4	-	9	45	8	35	34	63
PTFE + 33 % Kohle	2,09 ± 0,04	6	15	9	25	6	15	35	65
PTFE modifiziert + 33 % Kohle	2,09 ± 0,04	3	-	7	5	6	15	35	65
PTFE + 15 % Graphit	2,16 ± 0,04	11	-	20	200	16	120	-	63
PTFE + 10 % Glas	2,19 ± 0,04	19	26	17	210	16	200	23	57
PTFE + 15 % Glas	2,21 ± 0,04	14	30	15	200	14	180	25	58
PTFE + 20 % Glas	2,22 ± 0,04	16	21	14	180	12	160	26	58
PTFE + 25 % Glas	2,23 ± 0,04	12	30	14	160	11	140	27	59
PTFE modifiziert + 25 % Glas	2,23 ± 0,04	6	-	16	220	18	200	-	59/54
PTFE + 40 % Bronze	3,10 ± 0,10	13	26	13	150	10,5	140	27	63
PTFE + 60 % Bronze	3,85 ± 0,15	8	20	12	120	9,5	100	30	65
PTFE + 55 % Bronze + 5 % MoS ₂	3,85 ± 0,15	-	-	14	55	-	-	-	72/68
PTFE + 50 % VA	3,35 ± 0,10	4	-	16	200	20	200	-	69/65
PTFE + 20 % PEEK	1,92 ± 0,04	5	-	18	200	16	180	-	68/62
PTFE + 10 % aromatisches Polyester	2,07 ± 0,04	11	-	24	340	20	270	-	63/57
PTFE + 20 % aromatisches Polyester	1,95 ± 0,04	-	-	18	200	-	-	-	64/60
PTFE + 10 % Kohlefaser	2,09 ± 0,04	-	-	22	260	23	250	-	65/60
PTFE + 20 % Kohlefaser	1,98 ± 0,04	-	-	14	140	14	140	-	67/63
PTFE + 7 % Polyimid	2,06 ± 0,04	-	-	22	250	26	280	-	60/54
PTFE + 10 % Polyimid	2,03 ± 0,04	-	-	16	250	-	-	-	68/60

*gemäß ASTM D 621 wird die bleibende Deformation in der Regel nach 100 h ohne Relaxation bestimmt.

8. Bestimmung des Füllstoffgehalts von PTFE-Compounds

Die folgende Methode beschreibt eines der gebräuchlichsten Verfahren zur Bestimmung des Füllstoffgehalts in PTFE-Compounds auf der Basis von z. B. Glas, Kohle, Graphit oder Metallen. Es wird empfohlen, zur Bestimmung des Füllstoffgehaltes die TGA-Methode (**TGA = Thermal Gravimetric Analysis**) unter Einsatz inerter und oxidierender Atmosphären anzuwenden. Der Einsatz der TGA-Methode erfolgt typischerweise im Anschluss an eine DSC-Untersuchung (**DSC = Differential Scanning Calorimetry**).

Die Durchführung der DSC-Analyse an PTFE-Compounds erfolgt in Anlehnung an ISO 11357-3:1999: Plastics differential scanning calorimetry.

Empfohlene Probenmenge: 5 . 10 mg.

Die Untersuchung beginnt unter Stickstoff-Inertgasatmosphäre.

Bei der DSC-Methode wird die Probe zunächst in einem ersten Aufheizvorgang auf 390 °C erwärmt, wobei das Kristallitschmelzverhalten bei ca. 327 °C (gesintertes PTFE) bzw. 345 °C (ungesintertes PTFE) zur Charakterisierung des Werkstoffes dient. Ermittelt werden der Temperaturbereich der Schmelzkurve (°C) und die Schmelzenthalpie (J/g). Besonderheiten des Produktes bzw. der Sinterung im Verarbeitungsprozess werden dabei erkannt.

Anschließend wird die Probe mit definierter Abkühlrate bis unter den Kristallitschmelzpunkt abgekühlt. Beim zweiten Aufschmelzen werden bleibende Produktveränderungen, z. B. bedingt durch Übersintern, erkannt.

Beim zweiten Aufschmelzen wird die Aufheizung bis 650 °C weitergeführt, wobei sowohl PTFE als auch bis zu dieser Temperatur thermisch zersetzbare Füllstoffe abgebaut werden.

Anhand des ermittelten Temperaturverlustes werden der PTFE-Anteil und die Anteile der thermisch nicht-oxidativ abbaubaren Füllstoffe ermittelt.

Bei 650 °C erfolgt die Umstellung auf Sauerstoff-Atmosphäre. Anschließend wird bis auf 850 °C aufgeheizt. Dabei wird anhand des weiteren Gewichtsverlustes der Anteil an oxidativ abbaubaren Füllstoffkomponenten ermittelt.

Oxidierbare, thermisch nicht abbaubare Füllstoffe, z. B. Bronzen, erkennt man an dem oxidationsbedingten Gewichtsanstieg.

Beispiel für ein kombiniertes DSC/TGA- Programm:

1. 1. Aufheizung: 30 °C - >390 °C (10 K/min)
2. Isothermes Segment 390 °C (5 min)
3. Abkühlen 390 °C - >150 °C (5 K/min)
4. Isothermes Segment (5 min)
5. 2. Aufheizung 150 °C - >650 °C (10 K/min)
6. Umschalten auf Sauerstoff O₂, Aufheizen 650 °C - >850 °C (10 K/min)

Die Untersuchungen sind unter Berücksichtigung entsprechender Sicherheitsvorkehrungen, insbesondere einer wirksamen Absaugeinrichtung, durchzuführen.

9. Deformation unter Last

Die Messung der Deformation unter Last ist nicht Bestandteil der allgemeinen Qualitätsprüfung. Sie bedarf der gesonderten Vereinbarung zwischen Lieferant und Abnehmer.

9.1 Prüfverfahren

Ein zylindrischer Probekörper (Außendurchmesser 10 mm, Höhe 10 mm), der frei von Restspannung ist, wird in die Prüfkammer der in Bild 4 dargestellten Prüfvorrichtung gebracht. Materialdicken über 10 mm sind entsprechend abzarbeiten. Der bei Normklima konditionierte Probekörper (ASTM D621/64) wird zwischen den beiden Druckstempeln platziert. Bei Probekörpern ist auf plane Seitenflächen zu achten. Bei Normklima beträgt der Prüfdruck $15 \pm 0,5 \text{ N/mm}^2$. Bei abweichenden Temperaturen ist er entsprechend anzupassen.

Es erfolgt je eine Prüfung bei $(23 \pm 2) \text{ °C}$ sowie bei $(100 \pm 2) \text{ °C}$; abweichende Temperaturen sind in jedem Fall zu protokollieren.

Die Messung erfolgt nach 100 h Belastung oder nach 100 h Belastung und anschließender 24 h Entlastung.

9.2 Auswertung

Die Verformung unter Last wird für beide Prüftemperaturen wie folgt berechnet:

$$\frac{B-A}{B} \times 100 (\%)$$

Dabei gilt (Messgenauigkeit 1/100 mm):

A = Probekörperhöhe nach dem Prüfzyklus

B = Ursprüngliche Höhe des Probekörpers

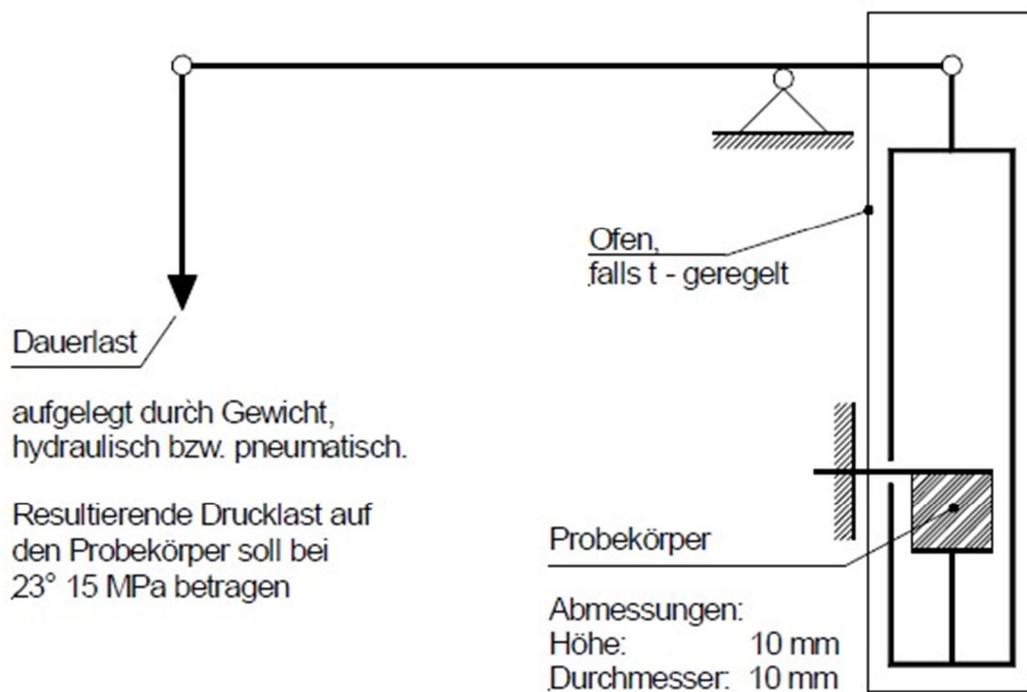


Bild 3: Prüfvorrichtung zur Deformationsmessung (Prinzipskizze).

Teil 3:

Toleranzen für gesinterte PTFE-Produkte

Inhaltsverzeichnis

1. Geltungsbereich

2. Allgemeines

2.1. Schälfolie, geschälte Platten

2.2. Gepresste Platten

2.3. Extrudierte und gepresste Stäbe, extrudierte Rohre (Ram-Extrusion)

2.4 Durchmesser- und Wanddickentoleranzen für gepresste, freigesinterte Rohre

2.5. Pastenextrudate, Schläuche und Rohre

1. Geltungsbereich

Die in diesem Technischen Merkblatt aufgeführten Toleranzen gelten sowohl für ungefüllte als auch für gefüllte PTFE-Produkte sowie für PTFE-Regenerate.

2. Allgemeines

Die Messungen sollten im Normklima $23\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$, $50\% \pm 10\%$ Luftfeuchtigkeit erfolgen.

2.1. Schälfolie, geschälte Platten

Dicke	Toleranz
< 0,1 mm	+0,01 mm/ -0 mm
≥ 0,1 mm	+10 % / -0 %

Die Standard-Toleranz auf die Breite beträgt $+3\% / -0\%$, maximal 30 mm.

Die Standard-Toleranz auf die Länge beträgt $+2\% / -0\%$.

Für die Rauhtiefe gilt $m0,8$ m

In Abhängigkeit von der beabsichtigten Anwendung können für die nachfolgenden Kriterien jeweils gesonderte Vereinbarungen zwischen Lieferant und Kunde getroffen werden.

Als Anhaltspunkte werden die folgenden vier Mindestanforderungen empfohlen:

Randwelligkeit

Die PTFE-Schälfolie der Länge L und der Breite B wird auf einer ebenen Unterlage spannungsfrei ausgerollt. Über die Wellenberge an den Folienrändern wird eine Ebene gelegt. Messtechnisch kann dies z.B. durch Spannen von zwei Schnüren erfolgen. Die Festlegung der maximal erlaubten Randwelligkeit erfolgt nach dem in der DIN ISO 1101 beschriebenen Testverfahren.

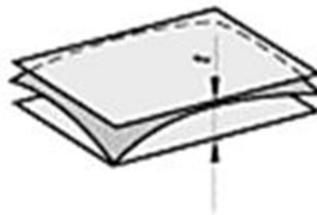


Abb. 1 Randwelligkeit (aus DIN ISO 1101, Uni Essen / Duisburg, ipe)

Ebenheitstoleranz

Die Folienfläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand t liegen. Für t gelten die folgenden Maximalwerte

	Foliendicke (mm)	Folienbreite bis (mm)	t (mm) Folie normal
Standard PTFE	$\leq 2,5$	600	30
		1000	50
		1200	60
		1500	80
	$\leq 5,0$	600	40
		1000	60
		1200	70
		1500	90
Modifiziertes PTFE	$\leq 2,5$	600	30
		1000	60
		1200	70
		1500	90
	$\leq 5,0$	600	55
		1000	70
		1200	85
		1500	110

Geradelaufverhalten

Die PTFE-Schälfolie der Länge L wird auf einer ebenen Unterlage spannungsfrei ausgerollt. Die Eckpunkte auf einer Seite am Anfang und am Ende der ausgerollten PTFE-Bahn werden mit einer Geraden verbunden, dazu parallel wird eine zweite Gerade mit dem Abstand C gelegt. Der immer irgendwie gekrümmte Rand der Bahn muss dann innerhalb der beiden Geraden verlaufen.

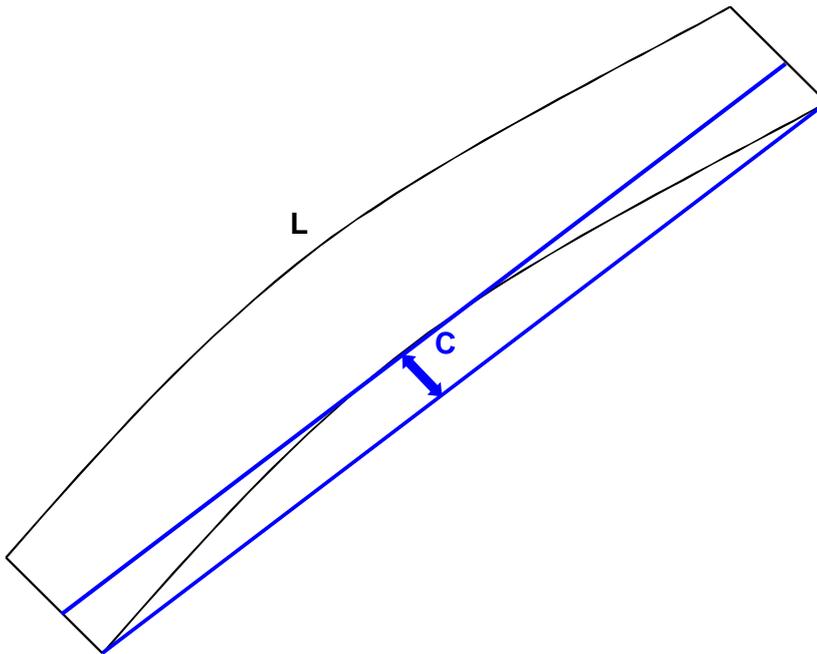


Abb.2: Geradelaufverhalten

Das Geradelaufverhalten ist nicht Bestandteil der allgemeinen Qualitätsbestimmungen.

Für Folien der Stärke ≤ 5 mm können die folgenden Richtwerte herangezogen werden:

	C in % von L
Standard PTFE	3
Modifiziertes PTFE	5

Verschmutzung

Die Beurteilung des Verschmutzungsgrades erfolgt durch visuelle Kontrolle der Oberflächen auf Einschlüsse. Nicht berücksichtigt werden oberflächlich anhaftende Verunreinigungen aus dem Verarbeitungsprozess.

Die nachfolgenden Kriterien zur Beurteilung der Verschmutzung verstehen sich als Orientierungshilfe bei der Bewertung.

Gepresste Platten und dickwandige Folien

Die Qualität der Halbzeuge ist durch die nachfolgende Tabelle festgelegt.

Formate	Beschreibung
600 x 600 mm	2 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm pro Plattenseite
1000 x 1000 mm	3 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 2 mm pro Plattenseite
1200 x 1200 mm 1220 x 1220 mm	4 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 2 mm pro Plattenseite
1500 x 1500 mm	5 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 2 mm pro Plattenseite

Dünnwandige Schälfolien

Für diese Folien gelten in der Regel höhere Anforderungen. Diese sind zwischen Hersteller und Anwender gesondert zu vereinbaren.

Presslinge

Die Qualität der Halbzeuge ist durch die nachfolgende Tabelle festgelegt.

Die Unreinheiten beziehen sich bis zum \varnothing 400 mm auf jeweils eine Länge von 300 mm, ab dem \varnothing 400 mm auf eine Länge von 100 mm.

Abmessungen	Beschreibung
Bis \varnothing 100 mm. (\varnothing D);	2 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm
über \varnothing 100 bis 300 mm (\varnothing OD)	3 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm
über \varnothing 300 mm (\varnothing OD)	3 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm

Extrudat

Die Qualität der Halbzeuge ist durch die nachfolgende Tabelle festgelegt.

(Länge 1000 mm)

Abmessungen	Beschreibung
von \varnothing 4 bis \varnothing 40 mm (\varnothing OD)	2 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm pro Stab / Rohr
über \varnothing 40 bis \varnothing 80 mm (\varnothing OD)	3 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 1 mm pro Stab / Rohr
über \varnothing 80 mm (\varnothing OD)	4 Einschlüsse mit einem Durchmesser von höchstens 2 mm pro Stab / Rohr

Qualitätsüberwachung durch Ermittlung der mechanischen Eigenschaften

Angaben zu den mechanischen Eigenschaften sind im Technisches Merkblatt 04, „Qualitätsanforderungen und Prüfrichtlinien für PTFE-Produkte, März 2013“ der pro-K Fluoropolymergroup hinterlegt.

2.2. Gepresste Platten

Dicke	Toleranz
< 5 mm	+0,75 / -0 mm
≥ 5 mm	+15 / -0 %

Die Toleranz auf Breite und Länge beträgt +3 / -0 %, maximal 35 mm.

Für die Rautiefe gilt R_z m10 m

Anforderungen bezüglich planliegender gepresster Platten sind nicht definiert.

Im Bedarfsfall sind sie zwischen Hersteller und Verwender zu vereinbaren.

2.3. Extrudierte und gepresste Stäbe, extrudierte Rohre (Ram-Extrusion)

Es wird ausschließlich mit einer Plus-toleranz gearbeitet. Diese beträgt 10 Prozent unabhängig vom Durchmesser. Die Standard-Toleranz für extrudierte und gepresste Stäbe und extrudierte Rohre (Ram-Extrusion) auf die Länge beträgt:

Länge	Toleranz
< 500 mm	+10 / -0 mm
≥ 500 mm	+2 / -0 %

Durchmesser-Toleranz für geschliffene Stäbe (nach Vereinbarung)

Durchmesser-Toleranzen (Innen und Außen) für extrudierte Rohre

Außen- Ø	Toleranz auf den	
	Innen- Ø	Außen- Ø
< 10 mm	+0 / -0,6 mm	+0,6 / -0 mm
≥ 10 mm	+0 / -6 %	+6 / -0 %

2.4 Durchmesser- und Wanddickentoleranzen für gepresste, freigesinterte Rohre

Die Toleranzen für Durchmesser und Wanddicke hängen maßgeblich von der Länge und Wandstärke des Pressteils ab. Sie liegen im Außendurchmesser in der Plus-Toleranz und im Innendurchmesser in der Minus-Toleranz höher als bei extrudierten Rohren. Verfahrens- und werkstoffbedingt lassen sich nur begrenzte Presslängen herstellen. Die zwischen Hersteller und Abnehmer zu vereinbarenden Bearbeitungszugaben sind über die gesamte Länge des Pressteils einzuhalten.

2.5. Pastenextrudate, Schläuche und Rohre

Die Standard-Toleranz auf dem Innen- \emptyset und der Wandstärke beträgt:

Abmessung	Toleranz
Innen- \emptyset < 5 mm	$\pm 0,25$ mm
Innen- \emptyset \geq 5 mm	± 5 %
Wandstärke < 1,0 mm	$\pm 0,1$ mm
Wandstärke \geq 1,0 mm	± 10 %

Die Standard-Toleranz auf die Länge beträgt +2 / -0 %.

Mittigkeitsabweichungen	
Wanddicke (mm)	Toleranz (mm)
bis 5	0,3
über 5 bis 20	0,5
über 20 bis 40	1,0
über 40	nach Vereinbarung

Pastenextrudierte Rohre

Außendurchmesser (mm)	Toleranz (mm)
bis 50	$\pm 2,0$
über 50 bis 80	$\pm 2,5$
über 80 bis 125	$\pm 3,0$
über 125 bis 150	$\pm 3,5$
über 150 bis 200	$\pm 4,0$
über 200 bis 250	$\pm 5,0$
über 250 bis 350	$\pm 5,5$
über 350 bis 300	$\pm 6,0$
über 400	nach Vereinbarung

Toleranzen zur Wanddicke

Wanddicke (mm)	Toleranz (mm)
bis 3,0	$\pm 0,3$
über 3,0 bis 4,0	$\pm 0,40$
über 4,0 bis 5,0	$\pm 0,50$
über 5,0 bis 7,5	$\pm 0,6$
über 7,5	nach Vereinbarung

Teil 4:

Toleranzen für die Bearbeitung von mechanischen PTFE-Teilen

Inhaltsverzeichnis

5. PTFE-Drehteile

- 1.1 Geltungsbereich
- 1.2 Auswahl der Toleranzen
- 1.3 Zulässige Abweichungen für Längenmaße

6. PTFE-Frästeile

- 2.1 Geltungsbereich
- 2.2 Auswahl der Toleranzen

3. PTFE-Stanzteile

- 3.1 Geltungsbereich
- 3.2 Auswahl der Toleranzen
- 3.3 Zulässige Abweichungen für die Dicke

4. Zulässige Abweichungen für Maße ohne Toleranzangaben an spanend gefertigten, rotationssymmetrischen PTFE-Teilen

- 4.1 Durchmesser und Längenmaße
- 4.2 Rundungshalbmesser und Schrägen (Fasen)
- 4.3 Winkelmaße
- 4.4 Formabweichungen

5. Oberflächengüte

- 5.1 Prüfverfahren
- 5.2 Anforderungen

6. Messmittel und . methoden für die Oberflächenprüfung

1. PTFE-Drehteile

1.1 Geltungsbereich

Abschnitt 1 behandelt die mit normalem Fertigungsaufwand erreichbaren, einhaltbaren Toleranzen für spanabhebend gefertigte PTFE-Teile mit einer Länge von $5 \frac{1}{2} d$, höchstens jedoch 50 mm bearbeiteter Länge (sd% zu bearbeitender Außendurchmesser). Die Messung erfolgt bei einem Normklima¹. Die zu messenden Teile müssen sich zuvor akklimatisiert haben.

1.2 Auswahl der Toleranzen

Die folgende Tabelle entspricht der Geometrischen Produktspezifikation (GPS) - ISO-Toleranzsysteme für Längenmaße . Teil 1. Grundlagen für Toleranzen, Abweichungen und Passungen (ISO/DIS 286-1:2007); Deutsche Fassung prEN ISO 286-1:2007

Es gelten folgende Toleranzen (in μm):

bis 50 mm: für die Wanddicke (radial)	IT 10
für den Durchmesser	IT 11
über 50 bis 180 mm:	
für die Wanddicke	IT 11
für den Durchmesser	IT 12
über 180 bis 500 mm:	
für die Wanddicke	IT 12
für den Durchmesser	IT 12

¹ Nach der DIN EN ISO 291 gibt es verschiedene Normklimata. Einmal das Normklima 23/50 (für nicht tropische Länder) und einmal das Normklima 27/65 (für tropische Länder). Für beide Klimata gibt es die Klasse 1 und die Klasse 2. Bei der Klasse 1 ist die Temperaturabweichung $\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ und die Feuchteabweichung $\pm 5\%$. Bei der Klasse 2 ist die Temperaturabweichung $\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ und die Feuchteabweichung $\pm 10\%$.

Nennmaß -bereich mm	Radiale Wanddicke							Durchmesser						
	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
von 1 bis 3	1 4	25	40	60	100	140	250	14	25	40	60	100	140	250
über 3 bis 6	1 8	30	48	75	120	180	300	18	30	48	75	120	180	300
über 6 bis 10	2 2	36	58	90	150	220	360	22	36	58	90	150	220	360
Über 10 bis 18	2 7	43	70	110	180	270	430	27	43	70	110	180	270	430
über 18 bis 30	3 3	52	84	130	210	330	520	33	52	84	130	210	330	520
über 30 bis 50	3 9	62	100	160	250	390	620	39	62	100	160	250	390	620
über 50 bis 80	4 6	74	120	190	300	460	740	46	74	120	190	300	460	740
über 80 bis 120	5 4	87	140	220	350	540	870	54	87	140	220	350	540	870
über 120 bis 180	6 3	100	160	250	400	630	1000	63	100	160	250	400	630	1000
über 180 bis 250	7 2	115	185	290	460	720	1150	72	115	185	290	460	720	1150
über 250 bis 315	8 1	130	210	320	520	810	1300	81	130	210	320	520	810	1300
über 315 bis 400	8 9	140	230	360	570	890	1400	89	140	230	360	570	890	1400
über 400 bis 500	9 7	155	250	400	630	970	1550	97	155	250	400	630	970	1550

1.3 Zulässige Abweichungen für Längenmaße

Nach DIN 7168 (Blatt 1), Tabelle 1: oberes und unteres Grenzabmaß für Längenmaß, Genauigkeitsgrad \pm fein‰

Genauigkeitsgrad	Nennmaßbereich (mm)		
	0,5 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120
Fein	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$

Die Messungen erfolgen bei Normalklima 23/50 DIN 50014.

Ist in Bezug auf die Funktionsfähigkeit eine engere Toleranz notwendig, die einen höheren Fertigungsaufwand bedingt, erfordert dies eine produktbezogene Festlegung zwischen Besteller und PTFE-Verarbeiter.

Spanlos gefertigte Drehteile erfordern größere Toleranzen als spanabhebend gefertigte. Sie müssen daher zwischen Besteller und PTFE Verarbeiter gesondert vereinbart werden.

2. PTFE-Frästeile

2.1 Geltungsbereich

Abschnitt 2 behandelt die mit normalem Fertigungsaufwand einhaltbaren Toleranzen für PTFE-Frästeile. Die Eigenart der Fräsbearbeitung von PTFE verlangt für komplizierte Teile oder Formen jedoch häufig gröbere Toleranzen.

2.2 Auswahl der Toleranzen

Die Toleranztafel entspricht der ISO-Toleranzreihe (IT) nach ISO 286-1. Sie weist eine Begrenzung des Feinheitsgrades auf die Grundtoleranzen der IT-Reihen 13, 14 und 15 auf.

Bearbeitungsmaß mm	IT										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
von 1 bis 3	14	25	40	60	100	140	250	400	600	---	---
über 3 bis 6	18	30	48	75	120	180	300	480	750	---	---
über 6 bis 10	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	---
über 10 bis 18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
über 18 bis 30	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
über 30 bis 50	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
über 50 bis 80	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
über 80 bis 120	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
über 120 bis 180	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
über 180 bis 250	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
über 250 bis 315	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
über 315 bis 400	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
über 400 bis 500	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Ist in Bezug auf die Funktionsfähigkeit eine feinere Toleranz notwendig, die einen höheren Fertigungsaufwand bedingt, erfordert dies eine produktbezogene Festlegung zwischen Besteller und PTFE-Verarbeiter.

3. PTFE-Stanzteile

3.1 Geltungsbereich

Die angegebenen Toleranzen gelten für eine Seite des Stanzteils, die Gegenseite kann durch konische Ausbildung der Schnittfläche abweichen. Aus diesem Grund gilt bei Innenmaßen das Kleinmaß und bei Außenmaßen das Größtmaß als Bezugsmaß für die Toleranz.

3.2 Auswahl der Toleranzen für Durchmesser und andere Maße (außer Dicke)

Für Stanzteile, die mit Präzisionsschnittwerkzeugen (Gesamtschnitt, Messerschnitte) hergestellt wurden, gelten die Grundtoleranzen der IT-Reihe 15 nach prEN ISO 286-1:2007.

Die Toleranzangaben gelten bei einer Dicke bis zu max. 3 mm.

3.3 Zulässige Abweichungen für die Dicke

Bis zu einer Nenndicke von 2 mm: $\pm 10 \%$;

Bei einer Nenndicke über 2 mm gelten die in den pro-K Richtlinien festgelegten Dickentoleranzen für PTFE-Platten.

4. Zulässige Abweichungen für Maße ohne Toleranzangabe an spanend gefertigten, rotationssymmetrischen PTFE-Teilen

4.1 Durchmesser und Längenmaße

Nach DIN 7168 Allgemeintoleranzen; Längen- und Winkelmaße, Form und Lage, nicht für Neukonstruktionen, aktuelle Ausgabe 4.1991, (Blatt1), Tabelle 1, oberes und unteres Grenzmaß für Längenmaße, Genauigkeitsgrad, $\text{mittel}\%$ und $\text{grob}\%$ identisch mit DIN ISO 2768-1 Allgemeintoleranzen.

Genauigkeitsgrad	Grenzabmaße in mm für Nennmaßbereich						
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000
mittel	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,2$	$\pm 0,3$	0,5	0,8	1,2
grob	$\pm 0,15$	$\pm 0,2$	$\pm 0,5$	$\pm 0,8$	$\pm 1,2$	$\pm 2,0$	± 3

Für den Nennmaßbereich 0,5-120 mm gilt der Genauigkeitsgrad $\text{mittel}\%$. Für Maßbereiche über 120 bis 2000 mm sowie für fertigungstechnisch schwierige (z. B. dünnwandige) Teile ist der Genauigkeitsgrad $\text{grob}\%$ anzusetzen, sofern nicht ausdrücklich eine andere Vereinbarung getroffen wurde.

4.2 Rundungshalbmesser und Schrägungen (Fasen)

Nach DIN 7168 (Blatt 1), Tabelle 2, oberes und unteres Grenzmaß für Rundungshalbmesser und Fasenhöhen, Genauigkeitsgrad fein/mittel% identisch mit DIN ISO 2768-1 Allgemeintoleranz.

Genauigkeitsgrad	Grenzmaß in mm für Nennmaßbereich				
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 315
fein	± 0,2	± 0,5	± 0,1	± 0,2	± 0,4
mittel					

4.3 Winkelmaße

Nach DIN 7168 (Blatt 1), Tabelle 3: Genauigkeitsgrad fein/mittel%

Genauigkeitsgrad	Grenzmaß in Winkleinheiten für Nennmaßbereiche des kürzeren Schenkels in mm					
	bis 10		über 10 bis 50		über 50 bis 120	
	Grad	mm je 100 mm	Grad	mm je 100 mm	Grad	mm je 100 mm
fein	± 0,1°	1,8	± 30°	0,9	± 20°	± 0,6
mittel						

4.4 Formabweichungen

PTFE-Hohlkörper sind, besonders bei geringer Wandstärke, schwierig auf Formabweichungen zu messen. Die folgenden Toleranzangaben gelten daher nur für massive Formteile oder Hohlkörper, bei denen das Verhältnis Durchmesser / Wandung kleiner als 5 ist: Diese Teile dürfen die durch die Zahlenwerte in den Tabellen 4.1 bis 4.3 gegebenen Toleranzräume des jeweiligen Nennmaßes ausnutzen.

5. Oberflächengüte

5.1 Prüfverfahren

DIN EB USI 3274 Geometrische Produktspezifikationen (GPS) . Oberflächenbeschaffenheit: Tastschnittverfahren . Nenneigenschaften von Tastschnittgeräten (ISO 3274:1996); Deutsche Fassung EN ISO 3274:1998.

Empfohlen wird das Bezugsflächen-Tastsystem mit einem Tastspitzenradius von 0,005 mm. Wegen der Weichheit von PTFE sollte mit einer sehr geringen Messkraft (0,7 mN) gearbeitet werden.

5.2 Anforderungen

Die Richtwerte für die zulässige Rauhtiefe der spanend bearbeiteten Oberflächen sind folgende:

PTFE-Typ	Rauhtiefe R_z
Virginal	< 16 μm
Gefüllt* ²	< 25 μm

Die erforderliche Prüfstrecke ist zu beachten.

Durch erhöhten Fertigungsaufwand ist eine Verbesserung der Oberflächengüte möglich.

6. Messmittel und Messmethoden für die Oberflächenprüfung

Empfohlen wird die Verwendung eines federbelasteten Abtastsystems. Die Tastspitze ist als Kegel mit abgerundeter Spitze ausgeführt. Der Rundungsradius sollte maximal 5 μm betragen. Insbesondere bei der Prüfung von gefüllten PTFE-Produkten wird die Verwendung einer Diamantspitze empfohlen.

² Wird beeinflusst durch Art und Menge des Füllstoffes sowie dessen Partikelgröße und Faserlänge z.B. Füllstoff Glasfaser: Typische Werte $L_{50} = 60 \mu\text{m}$, maximale Faserlänge ca. 150 μm .

Mitglieder der Fluoropolymergroup:



3M
www.dyneon.com



Kunststofftechnik
www.elringklinger.com



Fietz GmbH, Burscheid
Technische Kunststoffe

www.fietz.com



GMBH+CO
www.heutecomp.de



INDUSTRIEDICHTUNGEN
www.kudernak.de



www.k-u-w.com



THE CARBON COMPANY

www.sglgroup.de



www.berghof.com



Fluorkunststoffe
www.teku-gmbh.de



www.3p-plastiquesperformants.com

PTFE NÜNCHRITZ



www.ptfe-nuenchritz.com

BOHLENDER

www.bohlender.de



Fluorocarbon Polymer Solutions

www.fps-solutions.de



www.gts-seals.de