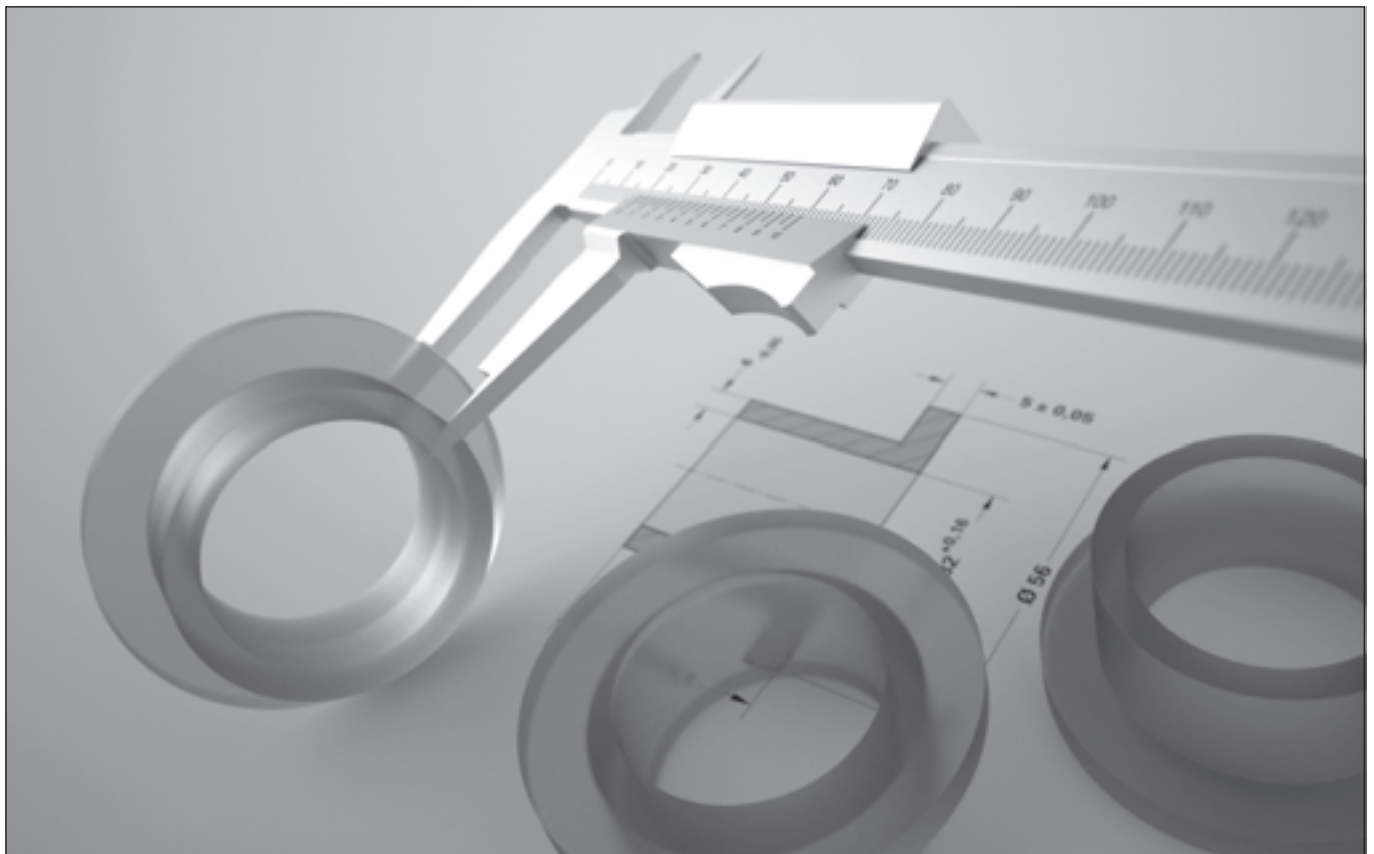


# **Toleranzen für die mechanische Bearbeitung von Kunststoffen**

Tolerances for the  
mechanical machining of plastics



# Toleranzen für die mechanische Bearbeitung von Kunststoffen

## Tolerances for the mechanical machining of plastics

Das kunststoffgerechte Vermaßen und Tolerieren, ist eine der Grundlagen für eine effektive und reibungslose Kommunikation zwischen Konstruktion und Produktion. Im Vergleich zu Metallen besitzen die meisten Kunststoffe allerdings völlig andere physikalische Eigenschaften. Ihre mehrfach größere Wärmedehnung, Volumenänderungen durch Aufnahme und Abgabe von Feuchtigkeit, sowie der langsame Abbau von Restspannungen im Langzeitverhalten schließen die Gewährleistung der im Metallbereich üblichen Maßtoleranzen aus.

Eine fehlende Normung von Maß- und Fertigungstoleranzen für die spanende Bearbeitung von Kunststoffteilen führt aber in vielen Fällen noch immer dazu, daß auch bei der Konstruktion von Kunststoffteilen die im Metallbereich üblichen ISO-Toleranzen gewünscht werden. Dieser Sachverhalt kann zu Problemen und im Extremfall zu fehlerhaften Ergebnissen führen. Im Einklang mit einer an Bedeutung gewinnenden Qualitätssicherung – auch im Rahmen des Qualitätsmanagements – sollten die Toleranzen für Dreh- und Frästeile aus Kunststoff mit Rücksicht auf mögliche Folgen festgelegt werden. Die vorliegende technische Information soll ihnen helfen, diese Probleme zu beseitigen und Schäden zu verhüten.

Die Fertigungstoleranzen, die wir Ihnen in den folgenden Erläuterungen vorschlagen, sind mit üblichem Fertigungsaufwand zu erreichen. In den meisten Fällen bleibt auch bei den von uns empfohlenen, im Vergleich zum Metallbereich relativ großen Toleranzen, die Funktion des Kunststoffteils gewährleistet. Sollten jedoch z.B. aus konstruktiven Gründen engere Toleranzen erforderlich sein, bitten wir Sie, mit unseren Anwendungstechnikern Kontakt aufzunehmen.

Die folgenden Faktoren sind maßgeblich für die Änderung von Maßen an Kunststoffteilen und somit auch für die Beachtung spezieller Toleranzen verantwortlich:

- **Feuchtigkeitseinflüsse**
  - Wasseraufnahme
- **Thermische Einflüsse**
  - Therm. Längendehnung
  - Therm. Volumenänderung
- **Mechanische Spannungen**
  - Maßveränderung durch innere Spannungen
  - Maßveränderung durch die Elastizität des Werkstoffs

One of the fundamental requirements for effective and smooth communication between design and production departments is dimensioning and tolerancing in a way that takes the particular properties of plastics into consideration. Compared to metals, most plastics have completely different properties. Their much higher thermal expansion, changes in volume due to absorption and release of moisture and their slow residual strain relief over the long term mean it is not possible to guarantee the dimensional tolerances normal in the metals industry.

However, since there is no standard for the dimensional and manufacturing tolerances for machining of plastic components by material removal, the ISO tolerances normal in the metal industry are still often wanted when it comes to the construction of plastic components. This situation can lead to problems and in an extreme case to flawed results.

In the interests of quality assurance and quality management, both of which are gaining in importance, the tolerances for turned and milled parts of plastic should be defined with due consideration to the possible consequences. The purpose of this technical information is to help you eliminate these problems and avert damage.

The manufacturing tolerances we propose in the following explanations can be achieved with normal manufacturing complexity. In most cases the function of the plastic component is guaranteed even with the relatively large, compared to the metals industry, tolerances recommended by us. Should, however, tighter tolerances be necessary for, for example, design reasons, we ask you to please contact our application engineers.

The following factors are of decisive importance for changes to the dimensions of plastic components and therefore also instrumental for compliance with special tolerances:

- **Moisture influences**
  - Water absorption
- **Thermal influences**
  - Thermal linear expansion
  - Thermal volumetric change
- **Mechanical stresses**
  - Dimensional change due to internal stresses
  - Dimensional change due to the elasticity of the material

# Feuchtigkeitseinflüsse

## Moisture influences

<b>Wasseraufnahme von Kunststoffen bei Normklima* in %</b>	
Water absorption of plastics in standard atmosphere* [%]	
<b>Werkstoff</b>	
Material	%
<b>Polyamid 6 (PA 6)</b>	3,00
Polyamide 6	
<b>Polyamid 66 (PA 66)</b>	2,80
Polyamide 66	
<b>Polyamid 6 G (PA 6 G)</b>	2,50
Polyamide 6 G	
<b>Polyamid 12 (PA 12)</b>	0,80
Polyamide 12	
<b>Polyoxymethylen (POM)</b>	0,20
Polyoxymethylene	
<b>Polyethylenterephthalat (PET)</b>	0,25
Polyethyleneterephthalate	
<b>Polyethylen, ultrahochmolekular (PE-UHMW)</b>	0,01
Polyethylene, ultra-high molecular	
<b>Polytetrafluorethylen, virginal (PTFE)</b>	0,01
Polytetrafluorethylene, virginal	
<b>Polytetrafluorethylen + 25% Kohle (PTFE)</b>	0,01
Polytetrafluorethylene + 25% carbon	
<b>Polytetrafluorethylen + 60% Bronze (PTFE)</b>	0,02
Polytetrafluorethylene + 60% bronze	
<b>Polyvinylidenfluorid (PVDF)</b>	0,04
Polyvinylidene fluoride	
<b>Ethylen-Tetrafluorethylen (ETFE)</b>	< 0,03
Ethylene-Tetrafluorethylene	
<b>Polychlorotrifluorethylen (PCTFE)</b>	< 0,01
Polychlorotrifluorethylene	
<b>Polyetheretherketon (PEEK)</b>	0,20
Polyetheretherketone	
<b>Polyimid (PI)</b>	0,24
Polyimide	

Die Aufnahme von Feuchtigkeit führt bei Kunststoffen zu einer Vergrößerung des Volumens. Diese ist abhängig von der relativen Luftfeuchtigkeit und vom Kristallinitätsgrad des Kunststoffes. Die Aufnahme von Feuchtigkeit in natürlicher Atmosphäre ist ein langsamer Vorgang. Durch diese Tatsache bedingt, verursacht eine kurzfristige Änderung der Luftfeuchtigkeit nur eine geringe Volumenänderung.

Das Maß dieser Volumenänderung ist - abhängig vom jeweiligen Kunststoff - sehr unterschiedlich. Besonders groß ist die Feuchtigkeitsaufnahme bei den verschiedenen Polyamidwerkstoffen.

### Längenänderung durch Aufnahme von Feuchtigkeit

Die lineare Längendehnung beträgt ca. 1/4 bis 1/3 der prozentualen Wasseraufnahme. D.h. ein Ring mit einem Durchmesser von 200 mm wird bei einer Wasseraufnahme von 1% um ca. 0,6 mm größer werden.

Bei der Lagerung in Wasser sind die Werte zum Teil noch erheblich höher. Beispiel PA 6: ca. 9-10%.

Alle genannten Eigenschaftswerte sind Mittelwerte, die an Laborprüfkörpern ermittelt werden. Hierbei kann es sich nur um Richtwerte handeln. Bei Fertigteilen ist je nach Formgebung und Fabrikationsverfahren mit Abweichungen zu rechnen.

\* Normklima nach DIN 50014: Luft bei 23°C und 50% relative Luftfeuchte. Angegeben wird die prozentuale Gewichtszunahme des Kunststoffes.

The absorption of moisture leads in plastics to an increase in volume. This depends on the relative air humidity and the degree of crystallinity of the plastic. The absorption of moisture in natural atmosphere is a slow process. As a result, a brief change in air humidity only causes a slight change in volume.

The magnitude of this volumetric change varies greatly depending on the particular plastic. Moisture absorption is particularly high in the case of the various polyamide materials.

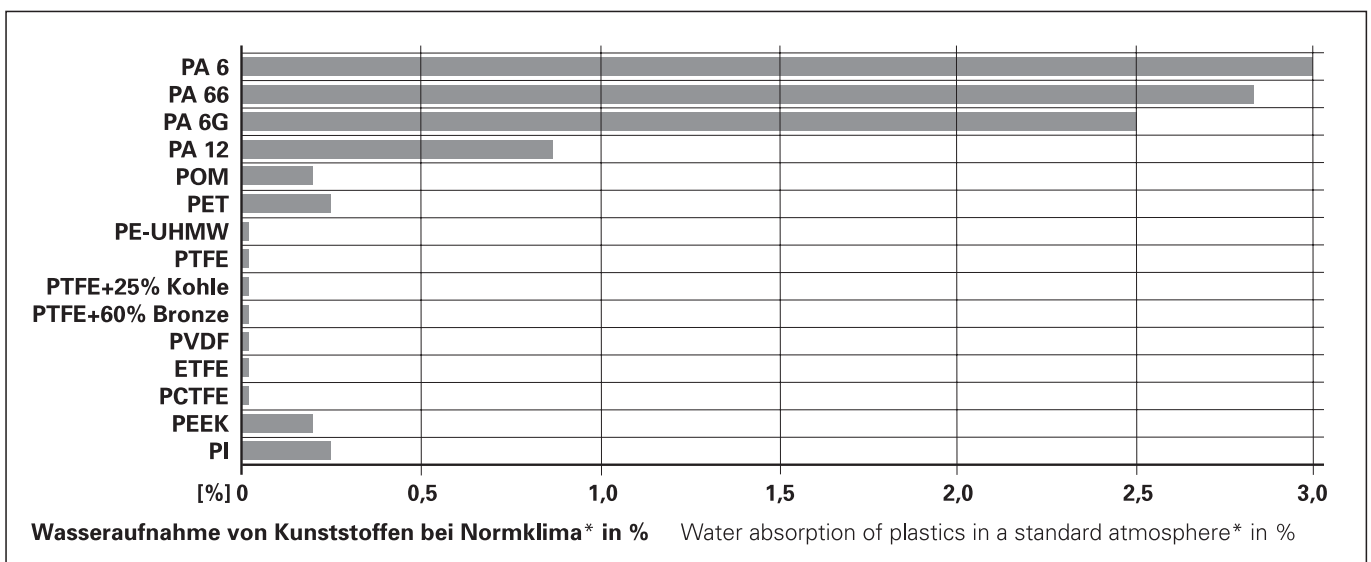
### Linear deformation due to the absorption of moisture

The linear expansion in length is about 1/4 to 1/3 of the percentage of water absorption. This means a ring with a diameter of 200 mm will grow by approximately 0.6 mm at a water absorption rate of 1%.

If stored in water, the values can be considerably higher. Example PA 6: approximately 9-10%.

All the property values named here are mean values obtained from laboratory specimens. They can only serve as guide values. Deviations are likely in the case of finished parts in dependence on their shape and manufacturing process.

\* Standard atmosphere according to DIN 50014: air at 23°C and 50% relative air humidity. The increase in weight of the plastic in percent is stated.



# Thermische Einflüsse

## Thermal influences

Jeder Kunststoff ändert unter dem Einfluß einer sich ändernden Temperatur auch sein Volumen. Diese Volumenänderung ist eine Folgeerscheinung der Molekülbewegungen und der damit verbundenen Änderung des mittleren Abstandes der Moleküle untereinander.

Die Volumenänderung ( $\Delta V$ ) ist abhängig von der Temperaturdifferenz, dem jeweiligen Kunststoff und seinem Herstellungsverfahren.

Das Maß der thermischen Ausdehnung von Kunststoffen ist in den meisten Fällen um den Faktor 4 bis 5 höher als bei Stahl und liegt bei einzelnen Kunststoffen sogar um den Faktor 10 bis 20 darüber.

### Thermische Längenänderung

Die Eigenschaft der Volumenänderung steht in direkter Abhängigkeit zur Größe des Kunststoffteils. Aus diesem Grund wird in den meisten Fällen die bei langgestreckten Körpern stärker in Erscheinung tretende thermische Längenänderung ( $\Delta l$ ) bestimmt. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot (v_2 - v_1) \text{ [mm]}$$

$\Delta l$  = Längenänderung [mm]

$l$  = Länge bei Temperatur  $v_1$  [mm]

$\alpha$  = Linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ]

$v_1$  = Einbautemperatur [ $^\circ\text{C}$ ]

(Normtemperatur  $20^\circ\text{C}$ )

$v_2$  = Betriebstemperatur [ $^\circ\text{C}$ ]

### Thermische Volumenänderung

Die Änderung des Volumens eines Kunststoffteils kann sich besonders bei gekapselten Teilen ungünstig auswirken. Sie errechnet sich nach folgender Formel:

$$\Delta V = V \cdot \beta \cdot (v_2 - v_1) \text{ [mm}^3\text{]}$$

$\Delta V$  = Volumenänderung

$V$  = Volumen

$\beta$  = linearer thermischer Volumenausdehnungskoeffizient [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ]

$v_1$  = Einbautemperatur [ $^\circ\text{C}$ ]  
(Normtemperatur  $20^\circ\text{C}$ )

$v_2$  = Betriebstemperatur [ $^\circ\text{C}$ ]

Unter der Voraussetzung, daß die thermische Längenausdehnung in keiner Richtung behindert wird, gilt  $\beta = 3 \cdot \alpha$  [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ].

Every plastic also undergoes a change in volume under the influence of a changing temperature. This volumetric change is a consequence of the molecular movements and the related change in the mean distance between the molecules.

The volumetric change (DV) depends on the temperature difference, the particular plastic and its manufacturing process.

The magnitude of thermal expansion in plastics is usually four to five times higher than in steel and can in the case of certain plastics even be 10 to 20 times higher.

### Thermal linear deformation

The property of volumetric change is a direct function of the size of the plastic component. For this reason the thermal linear deformation (DI), which usually occurs more strongly in long bodies, is determined in most cases. It is calculated by the following formula:

$$\Delta l = l \cdot \alpha \cdot (v_2 - v_1) \text{ [mm]}$$

$\Delta l$  = Linear deformation [mm]

$l$  = Length at Temperature  $v_1$  [mm]

$\alpha$  = Coefficient of thermal linear expansion [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ]

$v_1$  = Fitting temperature [ $^\circ\text{C}$ ]  
(Normal temp.  $20^\circ\text{C}$ )

$v_2$  = Operating temp. [ $^\circ\text{C}$ ]

### Thermal change in volume

The change in the volume of a plastic component can have a detrimental effect especially in the case of encapsulated components. It is calculated by the following formula:

$$\Delta V = V \cdot \beta \cdot (v_2 - v_1) \text{ [mm}^3\text{]}$$

$\Delta V$  = Volumetric change

$V$  = Volume

$\beta$  = Coefficient of volumetric thermal expansion [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ]

$v_1$  = Fitting temperature [ $^\circ\text{C}$ ]  
(Normal temp.  $20^\circ\text{C}$ )

$v_2$  = Operating temp. [ $^\circ\text{C}$ ]

Assuming the thermal linear expansion is not obstructed in any direction, the following applies:  $\beta = 3 \cdot \alpha$  [ $10^{-5} \cdot 1/^\circ\text{C}$ ].

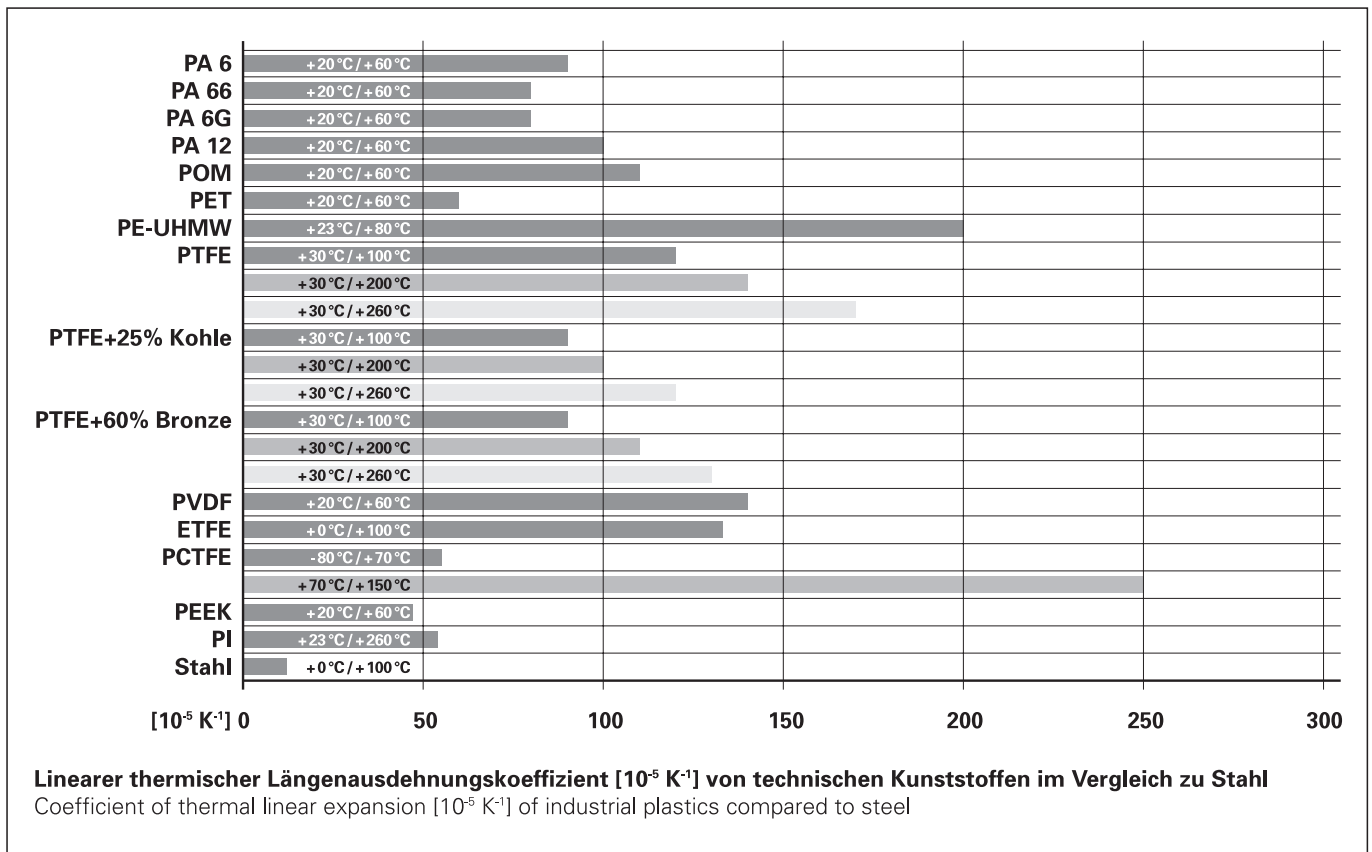
<b>Linearer thermischer Längenausdehnungskoeffizient [<math>10^{-5} \text{ K}^{-1}</math>] von technischen Kunststoffen</b>				
Coefficient of thermal linear expansion [ $10^{-5} \text{ K}^{-1}$ ] of industrial plastics				
<b>Werkstoff</b> Material	<b>Kurzzeichen</b> Symbol		<b>Temperaturbereich</b> Temperature range	<b>Faktor zu Stahl</b> Factor to steel
<b>Polyamid 6</b> Polyamide 6	PA 6	90	+ 20 °C / + 60 °C	7,5
<b>Polyamid 66</b> Polyamide 66	PA 66	80	+ 20 °C / + 60 °C	6,7
<b>Polyamid 6 G</b> Polyamide 6 G	PA 6 G	80	+ 20 °C / + 60 °C	6,7
<b>Polyamid 12</b> Polyamide 12	PA 12	100	+ 20 °C / + 60 °C	8,3
<b>Polyoxymethylen (Polyacetal)</b> Polyoxymethylene (Polyacetal)	POM	110	+ 20 °C / + 60 °C	9,2
<b>Polyethylen-terphtalat</b> Polyethyleneterphtalate	PET	60	+ 20 °C / + 60 °C	5,0
<b>Polyethylen, ultrahochmolekular</b> Polyethylene, ultra-high molecular	PE-UHMW	200	+ 23 °C / + 80 °C	16,7
<b>Polytetrafluorethylen, virginal</b> Polytetrafluorethylene, virginal	PTFE	120	+ 30 °C / + 100 °C	10,0
		140	+ 30 °C / + 200 °C	11,7
		170	+ 30 °C / + 260 °C	14,2
<b>Polytetrafluorethylen + 25% Kohle</b> Polytetrafluorethylene + 25% carbon	PTFE	90	+ 30 °C / + 100 °C	7,5
		100	+ 30 °C / + 200 °C	8,3
		120	+ 30 °C / + 260 °C	10,0
<b>Polytetrafluorethylen + 60% Bronze</b> Polytetrafluorethylene + 60% bronze	PTFE	90	+ 30 °C / + 100 °C	7,5
		110	+ 30 °C / + 200 °C	9,2
		130	+ 30 °C / + 260 °C	10,8
<b>Polyvinylidenfluorid</b> Polyvinylidenfluoride	PVDF	140	+ 20 °C / + 60 °C	11,7
<b>Ethylen-Tetrafluorethylen</b> Ethylene-Tetrafluorethylene	ETFE	133	+ 0 °C / + 100 °C	11,1
<b>Polychlortrifluorethylen</b> Polychlorotrifluorethylene	PCTFE	55	- 80 °C / + 70 °C	4,6
		250	+ 70 °C / + 150 °C	20,8
<b>Polyetheretherketon</b> Polyetheretherketone	PEEK	47	+ 20 °C / + 60 °C	3,9
<b>Polyimid</b> Polyimide	PI	54	+ 23 °C / + 260 °C	4,5
<b>Stahl (zum Vergleich)</b> Steel (compare)	St	12	+ 0 °C / + 100 °C	1,0

Alle von uns genannten Eigenschaftswerte sind Mittelwerte, die an Laborprüfkörpern für unterschiedliche Temperaturbereiche (siehe nebenstehende Tabelle) ermittelt wurden. Hierbei kann es sich nur um Richtwerte handeln.

Bei Fertigteilen ist je nach Formgebung und Fabrikationsverfahren mit Abweichungen zu rechnen.

All the property values named by us are mean values obtained from laboratory specimens for different temperature ranges (see table opposite). They can only serve as guide values.

Deviations are likely in the case of finished parts in dependence on their shape and manufacturing process.



# Einflüsse durch Elastizität und innere Spannungen

## Influences of elasticity and internal stresses

### Maßveränderungen durch Elastizität des Werkstoffs

Bedingt durch die Elastizität von Kunststoffen, kommt es - abhängig vom Bearbeitungsverfahren und eingesetzten Werkzeugen - ebenfalls zu maßlichen Veränderungen.

Eine mit einem 10,0 mm Bohrer durchgeführte Bearbeitung schwindet z.B. auf 9,9 mm. Die Nutbreite nach der Bearbeitung mit einem 10,0 mm Fräser schwindet auf 9,9 mm (siehe Beispiel unten, Empfehlungen zur richtigen Vermaßung).

### Dimensional changes due to the elasticity of the material

Due to the elasticity of plastics, dimensional changes also occur in dependence on the machining method and the tools used.

A hole drilled with a 10.0 mm drill contracts to, for example, 9.9 mm. The width of a groove machined with a 10.0 mm milling cutter contracts to 9.9 mm after machining (see example below, recommendations for correct dimensioning).

### Maßveränderungen durch innere Spannungen

Die Kunststoffhalbzeuge, welche als Rohmaterial für die mechanische Bearbeitung dienen, sind bei ihrer Herstellung großen Drücken und Temperaturen ausgesetzt. Durch diese Einflüsse bedingt, weisen Halbzeuge aus Kunststoff unterschiedlich große mechanische Spannungen innerhalb des jeweiligen Halbzeugs auf.

Durch eine mechanische Bearbeitung - besonders bei einer großen Änderung von Querschnitten - werden innere Spannungen frei, was ebenfalls zu Problemen bei der Einhaltung von Toleranzen führen kann.

### Dimensional changes due to internal stresses

The semi-finished plastic products used as feedstock for mechanical machining are exposed to high pressures and temperatures during their manufacture. As a result of these influences, semi-finished plastic products have differently large mechanical stresses in them.

Mechanical machining - especially when there is a large change in cross sections - releases internal stresses, which can also lead to problems in complying with tolerances.

## Empfehlungen zur richtigen Vermaßung

### Recommendations for correct dimensioning

Die richtige Vermaßung von Kunststoffteilen ist der erste Schritt zur Vermeidung von Problemen, die im Extremfall zur Unbrauchbarkeit des gefertigten Teiles führen können.

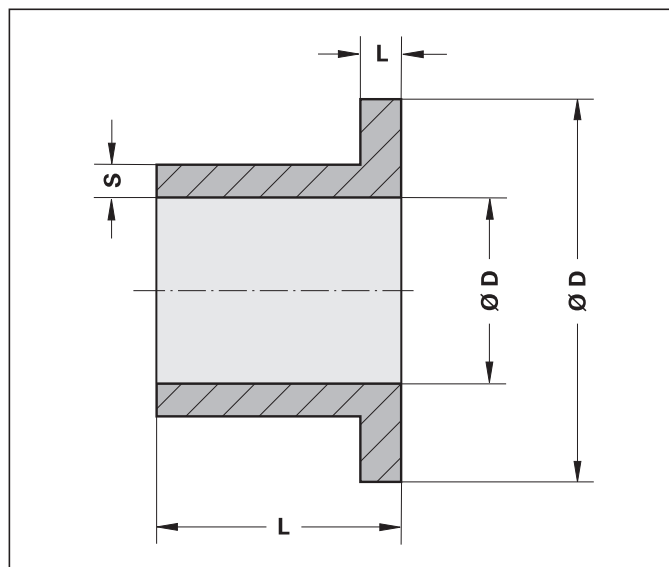
Im Unterschied zu Metallen ist das Vermessen eng tolerierter Maße an Kunststoffteilen problematisch. Da sich z.B. weiche Thermoplaste unter dem Druck von Mikrometerspindeln deformieren und sich deren Abzugsdrehmoment durch niedrigste Reibwerte stark verfälscht, sind berührungslose Meßsysteme dringend zu empfehlen.

Bei Gleitlagerbuchsen, Stützringen etc. mit geringen Wandstärken, sollte ein Durchmesser und die Wandung bemaßt und toleriert werden, um Verfälschungen der Maße durch zu hohe Meßdruckkräfte zu vermeiden (siehe Abbildung).

Correct dimensioning of plastic parts is the first step in avoiding problems that in an extreme case can lead to the unusability of the finished product.

In contrast to metals, dimensioning of plastic components with tight tolerances is problematical. Since, for example, soft thermoplastics are deformed under the pressure of micrometer spindles, non-contact measuring systems are highly recommended.

For plain bearing bushes, back-up rings, etc. with low wall thicknesses, the diameter and wall should be dimensioned and tolerated in such a way that falsifications of the dimensions by excessively high measuring pressure forces are avoided (see figure).



### Toleranzen für die Kunststoffbearbeitung

Tolerances for the mechanical machining of plastics

# Empfehlungen für die Festlegung von Toleranzen

## Recommendations for the definition of tolerances

Unter Berücksichtigung aller zuvor beschriebenen für Kunststoffe typischen Eigenschaften (Änderung von Maßen durch Veränderungen von Luftfeuchtigkeit und Temperatur, mechanische Spannungen und Elastizität des Werkstoffs) ergeben sich für die mechanische Bearbeitung von Kunststoffen typische Toleranzen.

Taking all the aforementioned properties typical of plastics into consideration (dimensional changes due to changes in air humidity and temperature, mechanical stresses and elasticity of the material), typical tolerances can be derived for the mechanical machining of plastics.

Die vorgeschlagenen Toleranzgrößen sind mit üblichem Fertigungsaufwand zu erreichen und gewährleisten in den meisten Fällen die sichere Funktion des Kunststoffteils.

The recommended tolerance values can be achieved with normal manufacturing complexity and in most cases guarantee reliable operation of the plastic component.

Die mit normalem Fertigungsaufwand erreich- und einhaltbaren Toleranzen für spanabhebend gefertigte Teile mit einer bearbeiteten Länge von  $5 \cdot \sqrt{d}$  und höchstens 50 mm zu bearbeitender Länge entsprechen der tabellarischen Übersicht ISO-Toleranzreihe (IT) nach DIN 7151.

The tolerances for components manufactured in a material removing process with a machined length of  $5 \cdot \sqrt{d}$  and a maximum machineable length of 50 mm that can be achieved and met with normal manufacturing complexity correspond to the tabular overview of ISO tolerance series (IT) according to DIN 7151.

Empfehlung für Toleranzfelder, Nennmaße (1 mm bis 500 mm):

Recommendation for tolerance zones, nominal dimensions (1 mm to 500 mm):

Nennmaß bis 50 mm:  
 – für die Wandstärke IT 10  
 – für den Durchmesser IT 11

Nominal dimension to 50 mm:  
 – for the wall thickness IT 10  
 – for the diameter IT 11

Maß über 50 bis 180 mm:  
 – für die Wandstärke IT 11  
 – für den Durchmesser IT 12

Dimension above 50 to 180 mm:  
 – for the wall thickness IT 11  
 – for the diameter IT 12

Maß über 180 bis 500 mm:  
 – für die Wandstärke IT 12  
 – für den Durchmesser IT 12

Dimension above 180 to 500 mm:  
 – for the wall thickness IT 12  
 – for the diameter IT 12

Wandstärken/Durchmesser, ISO-Toleranzreihe n. DIN 7151 Wall thicknesses/Diameters, ISO tolerance series according to DIN 7151															
S/D Wandstärken (S)/Durchmesser (D) Nennmaßbereich [mm] Wall thickness (S)/Diameter (D) Nominal dimension range [mm]	S Wandstärke (S) radial, Toleranz in $\mu\text{m}$ Wall thickness (S) radial, tolerance in $\mu\text{m}$								D Durchmesser (D), Toleranz in $\mu\text{m}$ Diameter (D), tolerance in $\mu\text{m}$						
	IT														
	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	
1 - 3	14	25	40	60	100	140	250	14	25	10	60	100	140	250	
3 - 6	18	30	48	75	120	180	300	18	30	40	75	120	180	300	
6 - 10	22	36	58	90	150	220	360	22	36	48	90	150	220	360	
10 - 18	27	43	70	110	180	270	430	27	43	58	110	180	270	430	
18 - 30	33	52	84	130	210	330	520	33	52	70	130	210	330	520	
30 - 50	39	62	100	160	250	390	620	39	62	84	160	250	390	620	
50 - 80	46	74	120	190	300	460	740	46	74	100	190	300	460	740	
80 - 120	54	87	140	220	350	540	870	54	87	120	220	350	540	870	
120 - 180	63	100	160	250	400	630	1000	63	100	140	250	400	630	1000	
180 - 250	72	115	185	290	460	720	1150	72	115	160	290	460	720	1150	
250 - 315	81	130	210	320	520	810	1300	81	130	185	320	520	810	1300	
315 - 400	89	140	230	360	570	890	1400	89	140	210	360	570	890	1400	
400 - 500	97	155	250	400	630	970	1550	97	155	230	400	630	970	1550	

Toleranzen für Längenmaße (L) ohne Toleranzangabe, DIN ISO 2768 Teil 1 [mm] Tolerances for linear dimensions (L) without individual tolerance indications, DIN ISO 2768 Part 1 [mm]								
Genauigkeitsgrad Precision	L Länge (L), Nennmaßbereich [mm] Length (L), Nominal dimension range [mm]							
	$\leq 6$	$> 6$ $\leq 30$	$> 30$ $\leq 100$	$> 100$ $\leq 300$	$> 300$ $\leq 1000$	$> 1000$ $\leq 2000$	$> 2000$ $\leq 4000$	$> 4000$
fein fine	$\pm 0,05$	$\pm 0,10$	$\pm 0,15$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	-	-
mittel medium	$\pm 0,10$	$\pm 0,20$	$\pm 0,30$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$
grob rough	$\pm 0,20$	$\pm 0,50$	$\pm 0,80$	$\pm 1,20$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 4,00$	$\pm 5,00$
sehr grob very rough	$\pm 0,50$	$\pm 1,00$	$\pm 1,50$	$\pm 2,00$	$\pm 3,00$	$\pm 5,00$	$\pm 8,00$	$\pm 10,00$

Wandstärken (S),  
Durchmesser (D), Länge (L)  
siehe Zeichnung Seite 6.

Wall thickness (S),  
Diameter (D), Length (L)  
see drawing on page 6.

Sollten die zu vermaßenden Teile extreme Durchmesser/Längen-Verhältnisse oder sehr geringe Wandstärken besitzen, sind die empfohlenen Toleranzreihen entsprechend zu korrigieren.

Should the components being dimensioned have extreme diameter-to-length ratios or very low wall thicknesses, the recommended tolerance series must be adjusted accordingly.



Toleranzen für die Kunststoffbearbeitung  
Tolerances for the mechanical machining of plastics

Unsere Empfehlungen beruhen auf langjähriger Erfahrung. Trotzdem können unbekannte Faktoren beim praktischen Einsatz allgemeingültige Aussagen erheblich einschränken, so daß wir im Einzelfall keine Gewährleistung für die Richtigkeit unserer Empfehlungen übernehmen können.

Abbildungen sind schematisch und können von der tatsächlichen Ausführung abweichen.

Our recommendations are based on years of experience. However, unknown factors in the practical use can considerably restrict the validity of generally true statements. We are therefore unable to provide any guarantee for the correctness of our recommendations for the individual case.

The actual appearance of the products may differ from the drawings.

Frühere Produktinformationen sind mit dem Erscheinen der aktuellen Produktinformation 0004 12-2008 ungültig. Änderungen vorbehalten.

The actual product information 0004 12-2008 supersedes previous product informations. Subject to change.



TECHNO-PARTS GmbH  
Dichtungs- und  
Kunststofftechnik  
Alte Bottroper Straße 81  
D-45356 Essen  
Tel: +49(0)2 01/8 66 06-0  
Fax: +49(0)2 01/8 66 06 68  
vk@techno-parts.de  
www.techno-parts.de