

Toleranzen für die spanabhebende Bearbeitung von Kunststoffen

1. Allgemeines

Kunststoffe unterliegen anderen physikalischen Gesetzmäßigkeiten als Metalle. Vor allem die wesentlich größere Wärmedehnung und die Volumenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme von bis zu 10 % (bei Wasserlagerung) grenzen die Gewährleistung enger Maßtoleranzen (1/100 - 1/1000 mm), wie sie für Metalle üblich sind, aus. Da aber bis heute in keinem Normenwerk Toleranzangaben für spanend bearbeitete Kunststoffteile geschaffen wurden, bedient sich der Konstrukteur zwangsläufig der für Metalle üblichen ISO-Toleranzen. Obwohl die Bearbeitung auf den gleichen Präzisionsmaschinen, wie sie bei der Metallverarbeitung verwandt werden, erfolgt, muss der Konstrukteur diese nachträglichen Maßänderungen und das „Fließen“ des Werkstoffes berücksichtigen.

Dieser Umstand führt naturgemäß zu unliebsamen Diskussionen, Ärger und nicht zuletzt zur Reklamation der Ware. Solche vorprogrammierten „Ausschuss“-Teile sind selbst bei zuverlässigen Fachkräften nicht zu umgehen.

Aus diesen Gründen sollten Toleranzgrößen schon bei der Konstruktion so festgelegt werden, dass die zu erwartenden nachträglichen Maßveränderungen die vorgesehene Funktion des Maschinenteiles nicht beeinträchtigen.

2. Maßliche Veränderung durch Wärmedehnung

2.1 Allgemeines

Die Einwirkung von Wärme oder Kälte auf einen Kunststoff führt zu einer Volumenänderung nach allen Seiten des Bauteiles. Diese Volumenänderung ist eine Folge des unterschiedlichen Ausschlagens der Moleküle und der damit verbundenen Veränderung des mittleren Abstandes der Stoffteilchen untereinander. Die Volumenabnahme bzw. Zunahme bei technischen Kunststoffen unterliegt einer Hysterese, d. h. dass der Kunststoff eine gewisse Längung bzw. Kürzung beibehält, wenn die Normaltemperatur wieder erreicht wird. Eine genaue Festlegung des Hysteresewertes ist trotz intensiver Untersuchungen zur Zeit nicht möglich. Die Größe der Volumenänderung hängt von der Art des Kunststoffes, dem Herstellungsprozess und der Temperaturdifferenz ΔT ab. Da die Volumenänderung abhängig von der Bauteilgröße ist, wird meistens nur die bei langgestreckten Körpern stärker in Erscheinung tretende Dehnung bzw. Kürzung in der Längsrichtung bestimmt.

2.2 Längenausdehnung

$$(\Delta l = l_0 \times \Delta T \times \alpha)$$

Der lineare thermische Längenausdehnungskoeffizient α (Gültigkeitsbereich von α : mittlerer Wert zwischen 23 und 100°C) gibt an, um wieviel sich die Länge eines Kunststoffteiles vergrößert, wenn sich die Temperatur um 1°C erhöht. Berechnungsbeispiele können Sie der Tabelle 1 entnehmen.

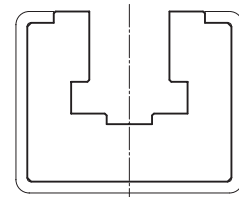
2.3 Volumenänderung

$$(\Delta V = V_0 \times \Delta T \times \alpha_V)$$

Die Volumenzunahme eines festen Körpers bei Erwärmung ergibt sich aus der Längenzunahme, die in Richtung der Länge, Breite und Höhe erfolgt.

Eine Beziehung zwischen dem Längenausdehnungskoeffizienten α und dem Volumenausdehnungskoeffizienten α_V kann aus der Betrachtung eines würfelförmigen Körpers hergeleitet werden.

$$V_0 = l_0^3 \text{ daraus folgt } \alpha_V \approx 3 \alpha$$



Die Volumenänderung wirkt sich besonders bei gekapselten Teilen aus.

Beispiel:

Kettenführung aus Werkstoff "S"[®] im C-Profil. Bei großen Temperaturunterschieden könnte es zu einem Klemmen der Rollenketten kommen.

3. Volumenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme

Bei der Festlegung von Toleranzen ist die Volumenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme hauptsächlich bei Teilen aus Polyamid zu beachten. Aus der Tabelle 1 und Abbildung 1 können Sie ersehen, dass Materialien wie Werkstoff "S"[®] oder Murytal[®] C einen verschwindend geringen Prozentsatz Feuchtigkeit aufnehmen.

Die Feuchtigkeitsaufnahme geht in natürlicher Atmosphäre sehr langsam vor. Sie hängt im Wesentlichen von der relativen Luftfeuchtigkeit, der Umgebung und dem Kristallinitätsgrad des Materials ab. Eine kurzzeitige Veränderung der relativen Feuchtigkeit verursacht nur eine geringe Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes der Polyamide. Daraus resultierende Maßveränderungen sind deshalb nicht überzubewerten.

4. Dimensionsveränderungen durch vorhandene Restspannungen

4.1 Maßveränderungen durch innere Spannungen

Kunststoffhalbzeuge, die bei ihrem Herstellungsprozess unter Druck hergestellt werden, weisen unterschiedlich große innere Spannungen auf. Diese Spannungen lösen sich bei der spanenden Bearbeitung insbesondere, wenn große Änderungen des Querschnittes erfolgen.

In solchen Fällen muss in der Fertigungsplanung eine spanabhebende Vorbehandlung mit anschließender thermischer Zwischenbehandlung (Tempern im Wärmeofen) eingeplant werden. Anschließend können die Fertigmaße hergestellt werden. Nähere Informationen zu Tempervorschriften einzelner Werkstoffe können Sie auf Anfrage von unserer Anwendungstechnik erhalten.

4.2 Werkzeugabhängige Maßveränderungen durch die Elastizität des Werkstoffes bei der spanabhebenden Bearbeitung

Bei der spanabhebenden Bearbeitung von Kunststoffen kommt es zu werkzeugabhängigen Maßveränderungen durch die Elastizität des Kunststoffes.

Beispiel:

Bohrung mit Bohrer Δ 10,0 mm schwindet auf Δ 9,9 mm.

Nutbreite mit Nutfräser Δ 10,0 mm wird 9,9 mm breit.

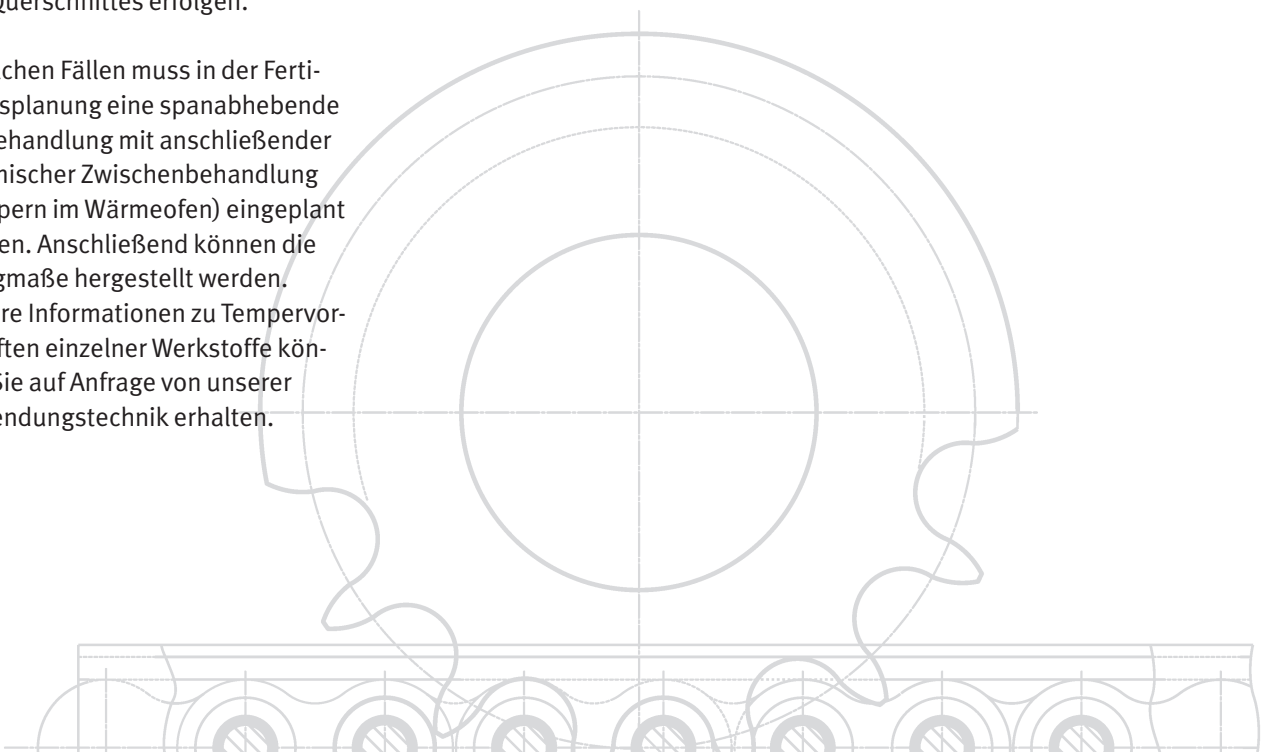
5. Konstruktionsvorschläge

Nachfolgender Vorschlag soll das „Umdenken“ des Konstrukteurs bei der Festlegung von Fertigungstoleranzen bei Produkten aus technischen Kunststoffen erleichtern.

Die hier vorgeschlagene Toleranzgrößen sind mit üblichem Fertigungsaufwand erreichbar.

Normalerweise ist auch bei diesen vergrößerten Toleranzen die Funktion des Kunststoffteils gewährleistet.

Für maschinenbautechnische Teile aus Kunststoffen ist demnach von der Festlegung der ISO-Toleranzreihen IT 6 und 7 abzusehen. Wenn aus verschiedenen Gründen engere Toleranzen als die nachfolgend empfohlenen gefordert werden, wird unsere Anwendungstechnik Sie gerne beraten.



6. Vorgehen zur Festlegung kunststoffgerechter Toleranzen

6.1 Kunststoffgerechte Vermaßung

z. B.: Für dünnwandige Teile. Außen-
durchmesser und Wandstärke be-
maßen anstelle von Außen- und
Innendurchmesser (siehe Beispiel).

6.2 Festlegung der Maß-Kategorie

nach Tabelle entsprechend Maß-
haltigkeit des Kunststoffes.

Makategorie A: Thermoplaste mit
oder ohne Verstrkungstoffe mit
geringer Feuchtigkeitsaufnahme

Makategorie B: weiche Thermo-
plaste und Polyamide mit großer
Feuchtigkeitsaufnahme

Kategorie	Werkstoffe
A	Murytal [®] C, Murytal [®] H
	Murylat [®] , Murylat [®] SP
	Murflor [®] + Kohle
	Murflor [®] + Bronze
	Muranyl [®] , PVC, PP
	Murdotec [®] SP, Murpec [®]
	Murpec [®] SP
B	Werkstoff "S" [®]
	Muralen [®] , Murylon [®] B
	Murylon [®] A, Murylon [®] 6 G
	Murylon [®] HT, Murlubric [®]
	Murdopol [®] , Murflor [®]
	Murylon [®] A schwarz+GF

6.3 Zuordnung der Toleranzreihe

Für Maße mit Toleranzangabe nach
Tabelle 2 für Dreh- und Frästeile.

Für Maße ohne Toleranzangabe kann
das Abmaß direkt den Tabellen nach
DIN ISO 2768 mittel (in Sonderfällen
2768 fein) entnommen werden.

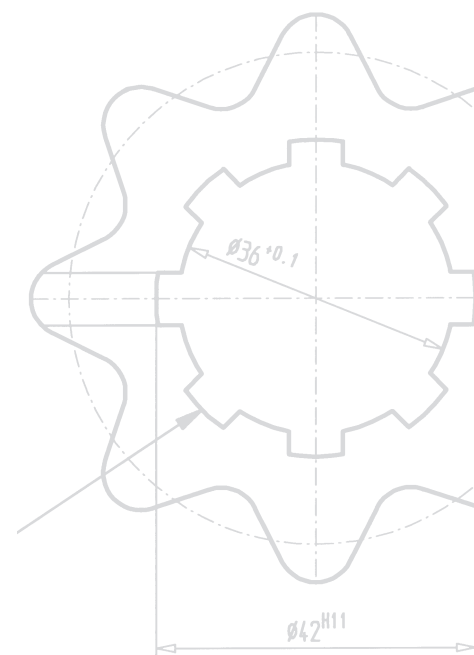
6.4 Toleranzlage entsprechend der Funktion bestimmen

Die Auswahl der richtigen Passmae
ist nicht nur abhängig von den ferti-
gungstechnischen Möglichkeiten,
sondern auch von den Umgebungs-
einflssen und Anwendungsparamete-
ren, der eingesetzten Kunststoffteile.

Beispiele:

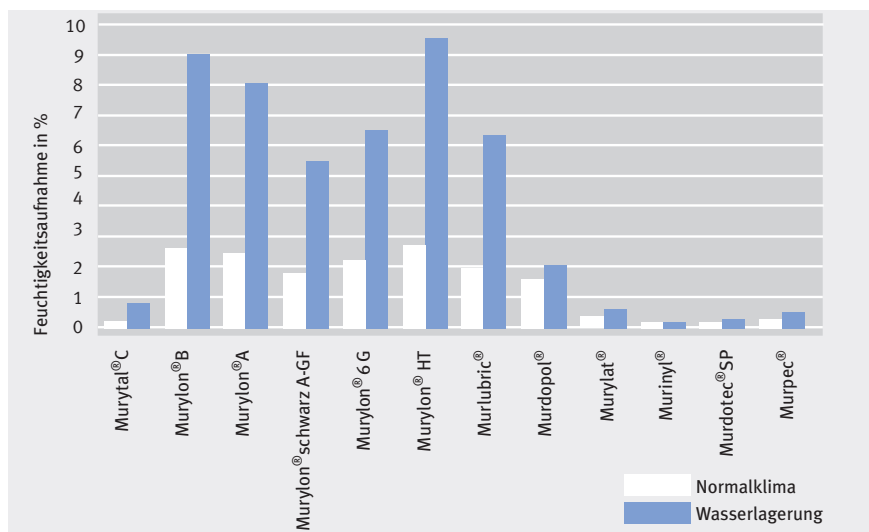
- ▶ Lagersitze für Rillenkugellager
- ▶ Einpressbermae für Buchsen
- ▶ Lagerspiel für Gleitlager
- ▶ usw.

Die Bauteile können durch Feuchtig-
keit, Fließvorgänge nach dem Ein-
pressen, Chemiekalien, Lagertem-
peraturen, etc. hinsichtlich ihrer
Maßhaltigkeit beeinflusst werden.
Aus diesem Grund empfehlen wir
Ihnen, Rücksprache mit unserer
Anwendungstechnik zu halten.



Die Ausgangslänge zur Berechnung der Längenänderung beträgt 1000 mm bei einem Temperaturunterschied von 10°C

Werkstoff-Bezeichnung	$\alpha [10^{-5}/K]$	$\Delta l [mm]$	Feuchtigkeitsaufnahme [%]	
	$\Delta l = l_0 \times \alpha \times \Delta T$		Normalklima	Wasserlagerung
Werkstoff "S"® 8000	17	1,70	<0,1	<0,1
Original Werkstoff "S"® grün/natur	20	2,00	<0,1	<0,1
Original Werkstoff "S"® schwarz antistatisch	18	1,80	<0,1	<0,1
Muralen®	20	2,00	<0,1	<0,1
Polypropylen	18	1,80	<0,1	<0,1
PVC	8	0,80	<0,1	<0,1
Murytal® C	12,5	1,25	0,2	0,85
Murytal® H	11	1,10	0,2	0,85
Murylon® B	10,5	1,05	2,6	9
Murylon® A	9,5	0,95	2,4	8
Murylon® A schwarz+GF	6	0,60	1,7	5,5
Murylon® 6 G	9	0,90	2,2	6,5
Murylon® HT	9	0,90	2,8	9,5
Murlubric®	9	0,90	2,0	6,3
Murdopol®	10	1,00	1,5	2
Murylat®	8	0,80	0,25	0,5
Murylat® SP	8,5	0,85	0,23	0,47
Murinyl®	13	1,30	0,05	0,05
Murflor®	19,5	1,95	0,0	0,0
Murflor® + Kohle	10,7	1,07	0,0	0,0
Murflor® + Bronze	9,7	0,97	0,0	0,0
Murdotec® SP	5	0,50	0,03	0,09
Murpec®	5	0,50	0,2	0,45
Murpec® SP	3	0,30	0,14	0,3



Maße mit Toleranzangabe

nach ISO 286/VSM 58400

Nennmaßbereich (mm)	Drehteile		Frästeile	
	Kategorie A (µm)	Kategorie B (µm)	Kategorie A (µm)	Kategorie B (µm)
von 1 bis 3	25	40	40	60
über 3 bis 6	30	48	48	75
über 6 bis 10	36	58	58	90
über 10 bis 18	43	70	70	110
über 18 bis 30	52	84	130	210
über 30 bis 50	100	160	160	250
über 50 bis 80	120	190	190	300
über 80 bis 120	140	220	220	350
über 120 bis 180	160	250	400	630
über 180 bis 250	290	460	460	720
über 250 bis 315	320	810	810	1300
über 315 bis 400	360	890	890	1400
über 400 bis 500	400	970	970	1550

Thermoplaste mit geringer Feuchtigkeitsaufnahme.

Kategorie	Werkstoffe
A	Murytal® C, Murytal® H; Murylat, Murylat® SP; Murflor® + Kohle, Murflor® + Bronze; Murinyl®; PVC, PP; Murdotec® SP; Murpec®, Murpec® SP;

Weiche Thermoplaste und Polyamide mit großer Feuchtigkeitsaufnahme.

Kategorie	Werkstoffe
B	Original Werkstoff "S"®, Muralen®, Murylon® B, Murylon® A; Murylon® 6 Guss natur, Murylon® HT, Murlubric®, Murdopol®

Empfehlung für Drehteile

Kategorie A: IT 9-11

Kategorie B: IT 10-13

Empfehlung für Frästeile

Kategorie A: IT 10-13

Kategorie B: IT 11-14

Standardtoleranzen bei Produkten von Murtfeldt

Sofern keine Toleranzen angegeben werden, produzieren wir nach DIN/ISO 2768 mittel. Auf Wunsch können engere Toleranzen gefertigt werden.

Die normal erreichbare Oberflächen-güte entspricht je nach Fertigungsverfahren einem Mittenrauhwert von $Ra = 1,6 - 2,3 \mu\text{m}$ und kann auf maximal $Ra = 0,6 \mu\text{m}$ erhöht werden (DIN 4763).

Diese Ra-Werte entsprechen den Rauheitsklassen N 7 - N 8 und ca. N 6 nach DIN/ISO 1302.



Nennmaßbereich	bis 6 mm	über 6 bis 30 mm	über 30 bis 120 mm	über 120 bis 400 mm	über 300 bis 1000 mm	über 1000 bis 2000 mm	über 2000 bis 4000 mm	über 4000 mm
	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm	in mm
Maße ohne Toleranzangabe Freimaßtoleranzen nach DIN 2768 mittel	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3
Maße ohne Toleranzangabe Freimaßtoleranzen nach DIN 2768 sehr grob	±0,5	±1	±1,5	±2	±3	±5	±8	±10

Zur Erzielung einer höheren Maßhaltigkeit und Verzugsfreiheit empfehlen wir ein Tempern des Halbzeuges sowie gegebenenfalls des vorbearbeiteten Werkstücks.

Tempervorschriften erhalten Sie auf Rückfrage bei unserer Anwendungstechnik.