

1. Einleitung

Die physikalischen Eigenschaften der Kunststoffe weichen grundlegend von jenen der Metalle ab. Typische Eigenarten wie

- Wärmedehnung
- Nachkristallisation / Nachschwindung
- Volumenänderung durch Feuchtigkeitsaufnahme
- Spannungsabbau im Langzeitverhalten
- Kriechneigung

erschweren die Einhaltung von Mass-, Form- und Lagetoleranzen. Formteile aus Kunststoff beanspruchen deshalb wesentlich grössere Toleranzfelder als metallische Werkstücke. Unter Berücksichtigung der zunehmenden Bedeutung der Qualitätssicherung und einer konsequenten Kostenoptimierung sollten dieser Materialgruppe gerecht werdende Toleranzen gewählt werden. Zu enge Toleranzfelder verursachen unnötig hohe Bearbeitungskosten sowie Massabweichungen, welche oft erst mit zeitlicher Verzögerung auftreten. Aus genannten Gründen lohnt es sich, neben der Materialwahl, dem Design sowie dem späteren Entsorgungsweg, rechtzeitig auch die verfahrensbedingte Herstellbarkeit und die Toleranzwahl in die Überlegungen einzubeziehen.

Die nachfolgenden Empfehlungen liefern Anhaltspunkte zur Festlegung von wirtschaftlich herstellbaren sowie reproduzierbaren Fertigungs-Toleranzen in den Bereichen

- Spangebend hergestellte Kunststoffteile
- Kunststoff-Zuschnitte

2. Spangebend hergestellte Kunststoffteile

2.1 Vorgehen bei der Festlegung der Toleranzen

Aufgrund der Materialeigenschaften von Kunststoffen ist bei der Vermassung spangebend hergestellter Produkte von der Verwendung der ISO-Grundtoleranzgrade IT6, IT7 und IT8 abzusehen. Unter Einhaltung der nachfolgenden Empfehlung ist die Funktion der Bauteile in der Regel zuverlässig gewährleistet. Bei der Wahl von engeren ISO-Grundtoleranzgraden wird die vorgängige Kontaktaufnahme mit dem Kunststoff-Spezialisten empfohlen.

2.2 Tempern

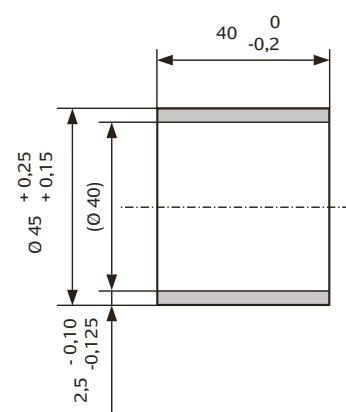
Die von Amsler & Frey AG eingesetzten thermoplastischen Kunststoffe sind zur Mehrheit getempert. Tempern ist eine Wärmebehandlung und bewirkt eine Nachkristallisation im Materialgefüge. Mit diesem Verfahren wird ein deutlicher Eigenspannungsabbau im Material und somit eine erhöhte Massstabilität erreicht. Bei sehr präzisen Bauteilen empfehlen wir eine Wiederholung des Temperprozesses im Anschluss an die Vorbearbeitung des Werkstückes.

2.3 Konditionieren

Für präzise Bauteile aus Polyamiden (PA), welche für den Einsatz in einer feuchten Umgebung vorgesehen sind, empfehlen wir die Konditionierung nach dem Vorbearbeitungsprozess. Beim Konditionieren wird die Sättigung des Feuchtgehalts von Materialien aus der Gruppe der Polyamide beschleunigt herbeigeführt. Damit wird eine nach der Bearbeitung auftretende Volumenvergrösserung (Massveränderung) des Werkstückes vermindert.

2.4 Kunststoffgerechte Vermassung

Bei dünnwandigen Drehteilen wie Lagerbüchsen und Ringen sind anstelle von Aussen- und Innendurchmesser, Aussendurchmesser und Wandstärke zu vermessen. Unbearbeitete Oberflächen am Endprodukt sind zu vermeiden. Die grosse Toleranzbreite bei den Nennmassen und die oft unregelmässige Oberfläche an Halbzeugen erschweren die Einhaltung der Masshaltigkeit sowie der Form- und Lagetoleranzen.



Beispiel einer kunststoffgerechten Vermassung an einer Gleitbüchse

2.5 Festlegung der Masskategorie

Die Einteilung in die Masskategorie sollte unter Berücksichtigung der eigenschaftsabhängigen Masshaltigkeit des gewählten Kunststoffes erfolgen.

- **Masskategorie A** **Hohe Masshaltigkeit**
- **Masskategorie B** **Reduzierte Masshaltigkeit**

Masskategorie	Kunststoffe	Bemerkungen
A	POM, PET, PTFE Compound, PVDF, PCTFE, PC, PVC hart, PP, PMMA, PC, PPE modifiziert, PS, ABS, PA12G PEEK, PSU, PPSU, PES, PPS, PEI, PI, PAI HP, HGW, EP-GF, UP-GF	Thermoplaste und Duroplaste mit oder ohne Compound und mit geringer Feuchtigkeitsaufnahme
B	PE300, PE500, PE1000, PTFE rein PA6, PA6G, PA6.6, PA12, PA4.6	Sehr weiche Thermoplaste sowie Polyamide mit hoher Feuchtigkeitsaufnahme

2.6 Zuordnung der ISO-Passtoleranzen

Für Drehteile mit Toleranzangabe	Tabelle 2a
Beispiel POM Nennmass 30 mm	ISO-Grundtoleranzgrad IT9 Passtoleranz 0.052 mm
Für Drehteile ohne Toleranzangabe	Allgemeintoleranz nach Tabelle 2b
Für Frästeile mit Toleranzangabe	Tabelle 3a
Beispiel PA6 Nennmass 15 mm	ISO-Grundtoleranzgrad IT11 Passtoleranz 0.110 mm
Für Frästeile ohne Toleranzangabe	Allgemeintoleranz nach Tabelle 3b

2.7 Bestimmung des ISO-Passtoleranzfelds nach ISO 286-2

Die Bestimmung des ISO-Passtoleranzfelds ist abhängig von der Bauteilfunktion. Es ist zu bedenken, dass in der Regel die Funktion auch bei der Wahl einer grosszügigeren Toleranz gewährleistet bleibt.

Tabelle 2a

Empfohlene Toleranzreihe für Drehteile aus Kunststoff nach ISO 286-1

Nennmassbereich in mm	ISO-Grundtoleranzgrade (IT)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von 1 bis 3	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
über 3 bis 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
über 6 bis 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
über 10 bis 18	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
über 18 bis 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
über 30 bis 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
über 50 bis 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
über 80 bis 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
über 120 bis 180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
über 180 bis 250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
über 250 bis 315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
über 315 bis 400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
über 400 bis 500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

ISO Grundtoleranzen in 0,001 mm (µm)

Masskategorien A ■ IT 9–11
 B ■ IT 10–13

Tabelle 2b

Empfohlene Allgmeintoleranz für Drehteile nach ISO 2768-1

Genauigkeitsgrade	Nennmassbereich in mm							
	bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	über 4000
fein	+/- 0.05	+/- 0.1	+/- 0.15	+/- 0.2	+/- 0.3	+/- 0.5	-	-
mittel	+/- 0.1	+/- 0.2	+/- 0.3	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0
grob	+/- 0.2	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0	+/- 4.0	+/- 5.0
sehr grob	+/- 0.5	+/- 1.0	+/- 1.5	+/- 2.5	+/- 4.0	+/- 6.0	+/- 8.0	+/- 10.0

Empfehlung: Für maschinenbautechnische Teile mit Vermassung ohne Toleranzangabe ist der Genauigkeitsgrad m (mittel), in Sonderfällen f (fein) zu wählen

Tabelle 3a

Empfohlene Toleranzreihe für Frästeile aus Kunststoff nach ISO 286-1

Nennmassbereich in mm	ISO-Grundtoleranzgrade (IT)										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
von 1 bis 3	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
über 3 bis 6	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
über 6 bis 10	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
über 10 bis 18	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
über 18 bis 30	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
über 30 bis 50	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
über 50 bis 80	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
über 80 bis 120	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
über 120 bis 180	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
über 180 bis 250	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
über 250 bis 315	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
über 315 bis 400	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
über 400 bis 500	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

ISO Grundtoleranzen in 0,001 mm (µm)

Masskategorien A ■ IT 10–13
B ■ IT 11–14

Tabelle 3b

Empfohlene Allgmeintoleranz für Frästeile nach ISO 2768-1

Genauigkeitsgrade	Nennmassbereich in mm							
	bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	über 4000
fein	+/- 0.05	+/- 0.1	+/- 0.15	+/- 0.2	+/- 0.3	+/- 0.5	-	-
mittel	+/- 0.1	+/- 0.2	+/- 0.3	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0
grob	+/- 0.2	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0	+/- 4.0	+/- 5.0
sehr grob	+/- 0.5	+/- 1.0	+/- 1.5	+/- 2.5	+/- 4.0	+/- 6.0	+/- 8.0	+/- 10.0

Empfehlung: Für maschinenbautechnische Teile mit Vermassung ohne Toleranzangabe ist der Genauigkeitsgrad m (mittel), in Sonderfällen f (fein) zu wählen

3. Kunststoff-Zuschnitte

3.1 Rohmasse von Kunststoff-Halbzeugen

Unbearbeitete Halbzeuge wie rohe Stäbe, Rohre und Platten sind mehrheitlich mit einer herstellungsbedingten Materialzugabe versehen. Bei einigen Materialien und Formaten können sich jedoch die effektiven Masse auch unter dem Nennmass bewegen. In Zweifelsfällen empfiehlt sich die Nachfrage bei unserem technischen Berater.

3.2 Toleranzen bei Plattenzuschnitten

Die Wahl des Toleranzbereichs bei Zuschnitten und Abschnitten erfolgt in Abhängigkeit der Plattendicke oder des Durchmessers vom Rohmaterial. Mit dem Einsatz geeigneter Maschinen und Bearbeitungsprozessen können höhere Genauigkeitsgrade, wie nachfolgend aufgeführt, erzielt werden. Im Bedarfsfall empfiehlt sich auch hier die Rücksprache beim technischen Berater.

Plattendicke in mm	Genauigkeitsgrade	Nennmassbereich in mm							
		bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	über 4000
bis 50	grob	+/- 0.2	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0	+/- 4.0	+/- 5.0
über 50	sehr grob	+/- 0.5	+/- 1.0	+/- 1.5	+/- 2.5	+/- 4.0	+/- 6.0	+/- 8.0	+/- 10.0

Beispiel: Zuschnitt, Dicke 60 mm, Format 67 mm x 200 mm
 Toleranzen

- Dicke unbearbeitet (60 +3.5 / + 0.5)
- Breite 67 +/- 1.5
- Länge 200 +/- 2.5

3.3 Toleranzen bei Stangenabschnitten

Stangendurchmesser in mm	Genauigkeitsgrade	Nennmassbereich in mm							
		bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	
bis 50	grob	+/- 0.2	+/- 0.5	+/- 0.8	+/- 1.2	+/- 2.0	+/- 3.0	+/- 4.0	
über 50 bis 120	sehr grob	+/- 0.5	+/- 1.0	+/- 1.5	+/- 2.5	+/- 4.0	+/- 6.0	+/- 8.0	
über 120 bis 200		+ 5 / -0	+ 5 / -0	+ 5 / -0	+ 5 / -0	+ 5 / -0	+ 5 / -0	+ 5 / -0	
über 200		+ 8 / -0	+ 8 / -0	+ 8 / -0	+ 8 / -0	+ 8 / -0	+ 8 / -0	+ 8 / -0	

Beispiel: Abschnitt, Durchmesser 60 mm, Länge 180 mm
 Toleranzen

- Ø unbearbeitet (60 +1.6 / + 0.3)
- Länge 180 +/- 2.5

4. Zu beachtende Punkte

4.1 Umgebungsbedingungen

Die hier vorgeschlagenen Grundtoleranzen bzw. die maximal zulässigen Abmasse können nur gewährleistet werden, wenn die Bauteile ohne Unterbruch im Normalklima 23/50 (+23 °C bei 50 % relativer Feuchte) gelagert werden. Nur kurzzeitige und geringfügige Abweichungen von diesen Bedingungen sind zulässig.

4.2 Messtechnik

Die Messmethoden der Metallbearbeitung können nur bedingt auf den Kunststoffbereich übertragen werden. So deformieren sich beispielsweise weiche Thermoplaste unter dem Druck von Messschiebern und Mikrometern. Ausserdem wird das Anzugsdrehmoment von Mikrometer-spindeln durch die niedrigen Gleitreibungskoeffizienten der Kunststoffe stark verfälscht. Es wird deshalb empfohlen, berührungslose Messsysteme anzuwenden. In kritischen Fällen sollten die anzuwendenden Messmethoden zwischen Anwender und Hersteller vereinbart werden.

4.3 Geometrische Form

Die vorgeschlagenen Toleranzreihen sind bei Teilen mit extremen Durchmesser / Längen-Verhältnis oder mit minimaler Wandstärke entsprechend anzupassen.

5. Zusammenfassung

Beim Konstruieren mit Kunststoff empfiehlt sich der Einbezug folgender Überlegungen:

- Wahl einer zweckmässigen und kunststoffgerechten Konstruktion
- Auswahl eines Materials, welches die gewünschten Bauteileigenschaften erfüllt sowie die Masstoleranzanforderungen gewährleisten kann
- Wahl eines wirtschaftlich herstellbaren und reproduzierbaren Toleranzfeldes. Die Funktion eines Bauteils aus Kunststoff bleibt in der Regel auch bei einem grosszügiger ausgelegten Toleranzfeld gewährleistet
- Berücksichtigung von nachträglichen Massveränderungen durch Schwindung, Feuchtigkeitsaufnahme, Wärmedehnung und Restspannungen im Material
- Die Gewährleistungsdauer der Toleranzhaltigkeit sollte zwischen Hersteller und Verbraucher vereinbart werden
- Die Techniker von Amsler & Frey AG stehen Ihnen gerne für die kompetente Beratung zur Verfügung

6. Quellen

Diese Empfehlungsschrift wurde nicht aufgrund einer bestimmten Literatur oder Quelle verfasst. Sie basiert auf der Erfahrung von Amsler & Frey AG sowie aus öffentlich zugänglichen Richtlinien und Normen wie

- Schweizerische Normenvereinigung SNV, www.snv.ch
- Deutsches Institut für Normung DIN, www.din.de
- International Organization for Standardization ISO, www.iso.org



Webshop

Besuchen Sie auch unseren Webshop unter www.amsler-frey.ch für weitere Informationen oder eine Bestellung.