

Maßhaltigkeit von Kunststoff-Formteilen

Maßhaltigkeit von Kunststoff-Formteilen Die neue DIN 16742

Dipl.-Ing. Dirk Falke

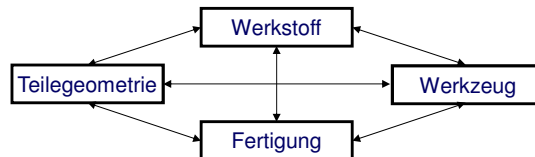
Ingenieurbüro Falke

- **Formteilentwicklung**
 - **Werkzeugkonstruktion**
 - **Füll- und Verzugsanalysen**
 - **Maschinenbaukonstruktion**
 - **Gerichts-, Privat- und Schiedsgutachten**
 - **Beratung Spritzguss-/ Werkzeugtechnik**
 - **Seminare / Inhouse-Schulungen**
- ca. 1.300 Formteil- bzw. Werkzeugprojekte



www.ingbuerofalke.de

Entscheidungsfelder zur Entwicklung und Fertigung maßhaltiger Kunststoff-Formteile



Alle vier Entscheidungsfelder beeinflussen die erreichbare Qualität!

2

Besondere Schwachpunkte der DIN 16901

- Technisch wichtige Thermoplaste, insbesondere Hochtemperatur beständige Typen, sind nicht enthalten (traf Aussagen zu 53 Kunststoffsorten).
- Bei gefüllten und bei weichen bis gummielastischen Thermoplasten fehlt meist eine ausreichende Differenzierung der Typen.
- Blendformmassen sind nicht ausreichend berücksichtigt.
- ließ heute unakzeptabel große Toleranzfelder zu
- kennt nur Papierzeichnungen - kein CAD
- Formteile bestehen überwiegend aus Regelgeometrien
- Zu ungenaue Definition der Abnahmebedingungen

3

Charakteristika der DIN 16742

- Toleranzfeldgrößen der beiden Toleranzreihen der DIN 16901 stehen weiter zur Verfügung (Normalfertigung, Genaufertigung)
- Zwei weitere Toleranzreihen mit engeren Toleranzfeldern wurden hinzugefügt (Präzisions- und Sonderpräzisionsfertigung)
- Bedingungen für die Einhaltung dieser engen Toleranzen wurden beschrieben
- Basiert auf den aktuellen globalen GPS-Normen
- genaue Definition der Abnahmebedingungen

4

Welche Chancen eröffnet die DIN 16742? (1)

Die Norm bietet dem Formteilentwickler:

- die Möglichkeit zu prüfen, ob die von ihm konstruktiv benötigte Toleranz realistisch ist.
- und wenn ja, dann mit welchem Fertigungsaufwand!
(Welches Kostenniveau?)

5

Welche Chancen eröffnet die DIN 16742? (2)

Die Norm bietet dem Formteilhersteller:

- die Möglichkeit schnell und einfach zu prüfen, ob die in der Formteilzeichnung geforderten Toleranzen von ihm erfüllbar sind,
- und wenn ja, dann mit welchem Fertigungsaufwand!

6

Welche Chancen eröffnet die DIN 16742? (3)

Die Norm bietet dem Werkzeugmacher:

- die Möglichkeit schnell und einfach zu prüfen, ob die in der Formteilzeichnung geforderten konstruktiv benötigte Toleranz realistisch ist und einzuschätzen, ob der beteiligte Kunststoffverarbeiter in der Lage ist, die notwendigen Voraussetzungen zu erfüllen.

7

Häufige Anwendungsfehler (1)

- „Kunststoff ist weiches Metall“
- „So anders kann der Kunststoff doch nicht sein“
- „Kunststoff ist Stahl mit geringerem E-Modul“

Daraus folgt die konsequente Weigerung, die Zeitabhängigkeit vieler Eigenschaften und der Maße der Bauteile aus Kunststoff zu akzeptieren.

8

Häufige Anwendungsfehler (2)

- Feuchtigkeitsaufnahme bedingte Quellung
- Nachkristallisation
- Nachschwindung
- Nachhärtung (bei Duroplasten)

9

Häufige Anwendungsfehler (3)

„Ich messe die Bauteile wann ich es für richtig halte!“

„Aber das will doch der Kunde gar nicht wissen“

.....

10

Verzug von Kunststoffteilen
entsteht durch
Schwindungsdifferenzen
(Schwindungsanisotropien)
in verschiedenen
Geometriebereichen
des Formteils

11

Verzug von Kunststoffteilen kann nicht ausgeschlossen werden, aber durch geschickte Maßnahmen minimiert werden

12

Grundsatz zur DIN 16742!!!

- Die Toleranzen, welche erforderlich sind, um die Funktion der Bauteile sicherzustellen, muss der Formteilentwickler/ -konstrukteur festlegen.

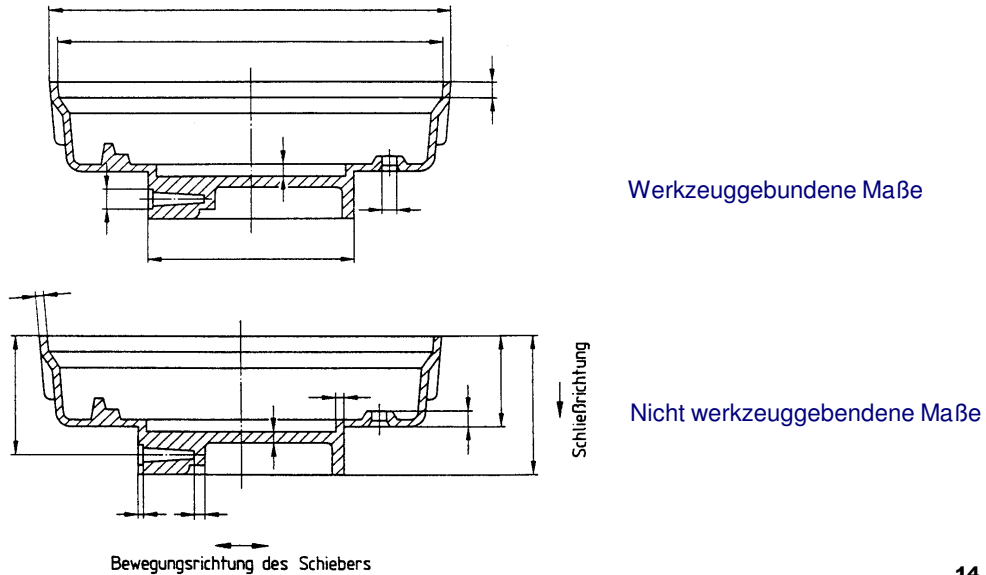
Dies ist, auf Grund der Vielzahl der Anwendungsfälle nicht normierbar!

- Die Norm bietet die Möglichkeit der Überprüfung, ob die Einhaltung der Toleranz der Fertigungsmaße technologisch möglich ist. Weiterhin kann mit Hilfe der Norm der notwendige Fertigungsaufwand eingeschätzt werden.

Wie in allen anderen Qualitätsbereichen kann auch die Norm nicht vor Selbstüberschätzungen schützen!

13

Werkzeuggebundene und nicht werkzeuggebundene Maße



14

Bei Allgemeintoleranzen wird künftig nicht mehr nach werkzeuggebundenen und nichtwerkzeuggebundenen Maßen unterschieden.

Dies bringt eine deutliche vereinfachte Handhabung für die Praxis.

15

Anwendungsbereich

- Gegenstand der vorliegenden Norm sind fertigungstechnisch mögliche Formteiltoleranzen für Längenmaße sowie ausgewählte Form- und Lagetoleranzen. Für Winkelabweichungen sind nur erklärende Hinweise vorgesehen.
- Die Maßtoleranzen gelten für das Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen und Pressen von nicht porösen Formteilen aus Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren und Duroplasten. Für spezielle Verfahrensvarianten (z. B. Gas- und Wasserinjektionstechniken, Mehrkomponentenspritzgießen) werden für eine sinngemäße Anwendung der Norm Absprachen zwischen Formteilhersteller und Abnehmer empfohlen.
- Für poröse Formstoffe, die durch physikalische oder chemische Treibverfahren hergestellt werden, sind die Längenmaßtoleranzen vereinbarungspflichtig.

16

Konzeptionelle Grundlagen

- Gewährleistung weitgehender Kompatibilität mit internationalem Toleranz- und Passungssystem nach DIN EN ISO 286.
- Ersatz einer permanent zu aktualisierenden Formmasseliste durch die Typenzuordnung mittels genauigkeitsrelevanter Eigenschaften.
- Einstufung des mobilisierbaren Fertigungsaufwandes (Maschinenfähigkeit, Prozessstabilität, Qualitätssicherung) für das erforderliche Genauigkeitsniveau aus einer realistischen Analyse des Leistungsvermögens des Formteilherstellers in Toleranzreihen (Aufwandsreihen).
- Anwendung der Tolerierungsgrundsätze

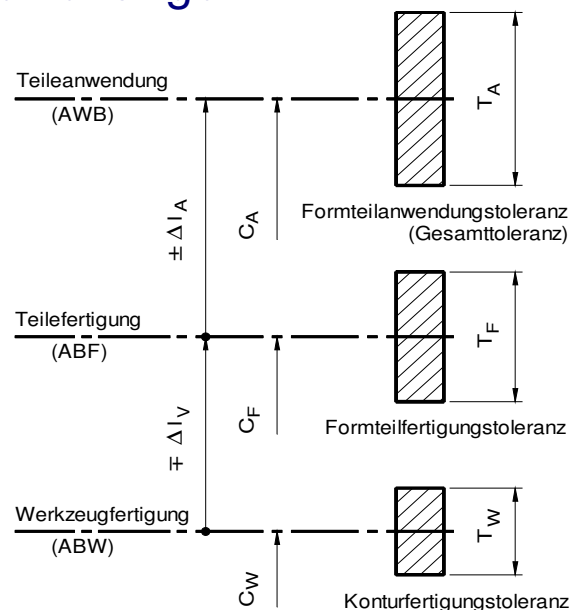
17

Maßgrößen und Maßbeziehungen

zur Kennzeichnung

- der Lage (Toleranzmittenmaß C)
- der Verschiebung (Maßverschiebung Δ)
- der Streuung (Toleranz T)

für die Maßebenen:



18

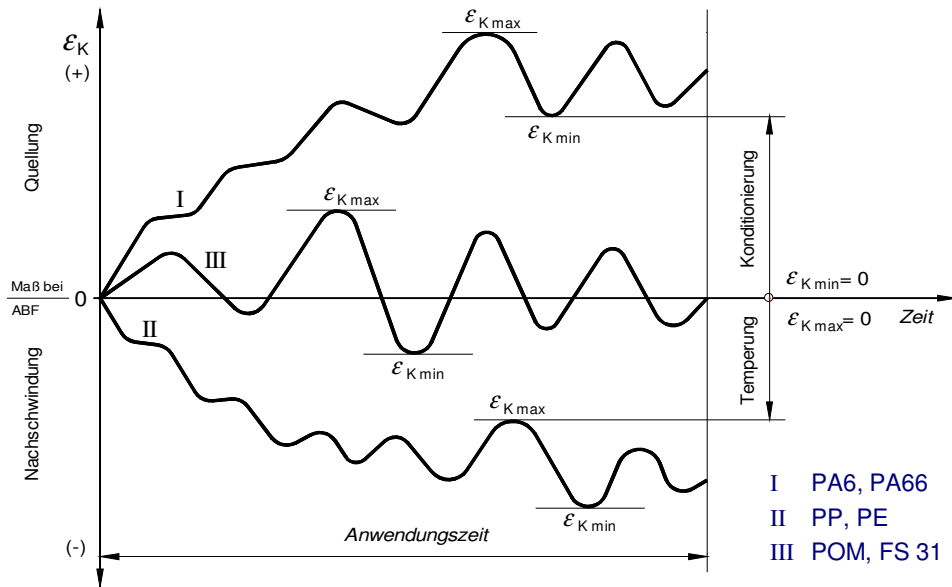
Anwendungsbedingte Maßverschiebungen ($\Delta | A$)

- **Wärmedehnung (+) oder –kontraktion (-):** Durch Temperaturänderung verursachte Maßänderung, die sich mit geringer zeitlicher Verzögerung zur Temperaturänderung der Teile einstellt und daher immer zu berücksichtigen ist.
- **Quellung (+) und/oder Nachschwindung (-):** Durch molekulare und mikromorphologische Strukturänderungsprozesse sowie durch Diffusions- und Migrationsprozesse verursachte Maßänderung, die sich mit großer zeitlicher Verzögerung zur Veränderung der jeweiligen Wirkungsfaktoren einstellt und daher als komplexe Größe situations- und zeitabhängig zu berücksichtigen ist.
- **Verschleiß von Innenmaßen (+) oder Außenmaßen (-):** Durch Werkstoffabtrag (Abrasion) verursachte Maßänderung, die abhängig von Art, Größe und Dauer der Verschleißbeanspruchung (Reibung, Kavitation, Erosion) zu berücksichtigen ist.
- **Mechanische Deformation als Dehnung (+) oder Stauchung (-):** Durch äußere Kräfte und/oder Momente bewirkte Teilverformung.

19

Nachschwindung und Quellung (ϵ_K)

Formstoffbeispiele für Freibewitterung im mitteleuropäischen Klima



20

Abnahmebedingungen der Formteilmfertigung (ABF)

Für normative Abnahmebedingungen gelten die Kontrollmaße als Abnahmewerte, wenn die Formteile nach der Fertigung bis zur Abnahme bei **23 °C ± 2 K** und **50 % ± 10 % relative Luftfeuchte** gelagert sowie **frühestens 16 h und spätestens 72 h** nach der Herstellung geprüft werden.

21

Zuordnung der Toleranzgruppen

$$P_g = \sum_{i=1}^5 P_i$$

TG	TG1	TG2	TG3	TG4	TG5	TG6	TG7	TG8	TG9
P _g	1	2	3	4	5	6	7	8	≥ 9

22

Toleranzgruppen

Tabelle 1: Toleranzgruppen (TG) mit zugeordneten Grundtoleranzgraden (IT) nach DIN EN ISO 286 -1

Nennmaßzuordnung in mm	ISO-Grundtoleranzgrade (IT) für werkzeuggebundene Maße								
	TG1	TG2	TG3	TG4	TG5	TG6	TG7	TG8	TG9
1 bis 6	8	9	10	11	12	13	14	15	16
> 6 bis 120	9	10	11	12	13	14	15	16	17
> 120 bis 500	–	11	12	13	14	15	16	17	18
> 500 bis 1000	–	–	13	14	15	16	17	18	N.N

- Hinweise:*
- Für nicht werkzeuggebundene Maße gelten die Grenzabmaße der jeweils nachfolgenden Nennmaßbereichsstufe
 - Toleranzen für Nennmaße über 1000 mm und unter 1 mm sowie für Wanddickenmaße sind vereinbarungspflichtig
 - Erforderlichenfalls wurden die Grenzabmaße für IT9 und IT10 auf 0,001 mm und ab IT11 auf 0,01 mm gerundet.

23

Kunststoff-Formteiltoleranzen als symmetrische Grenzabmaße für Größenmaße (Tabelle 2 DIN 16742 – Auszug)

Toleranzgruppen		Grenzmaße (GA) in mm für Nennmaßbereiche in mm												
		1 bis 3	> 3 bis 6	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 30	> 30 bis 50	> 50 bis 80	> 80 bis 120	> 120 bis 180	> 180 bis 250	> 250 bis 315	> 350 bis 400	> 400 bis 500
TG1	W	± 0,007	± 0,012	± 0,018	± 0,022	± 0,026	± 0,031	± 0,037	± 0,044	–	–	–	–	–
	NW	± 0,012	± 0,018	± 0,022	± 0,026	± 0,031	± 0,037	± 0,044	± 0,050	–	–	–	–	–
TG2	W	± 0,013	± 0,020	± 0,029	± 0,035	± 0,042	± 0,050	± 0,060	± 0,090	± 0,13	± 0,15	± 0,16	± 0,18	± 0,20
	NW	± 0,020	± 0,029	± 0,035	± 0,042	± 0,050	± 0,060	± 0,090	± 0,13	± 0,15	± 0,16	± 0,18	± 0,20	± 0,22
TG3	W	± 0,020	± 0,031	± 0,05	± 0,06	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,15	± 0,20	± 0,23	± 0,26	± 0,29	± 0,40
	NW	± 0,031	± 0,050	± 0,06	± 0,07	± 0,08	± 0,10	± 0,15	± 0,20	± 0,23	± 0,26	± 0,29	± 0,40	± 0,55
TG4	W	± 0,03	± 0,05	± 0,08	± 0,09	± 0,11	± 0,13	± 0,15	± 0,23	± 0,32	± 0,35	± 0,41	± 0,45	± 0,63
	NW	± 0,05	± 0,08	± 0,09	± 0,11	± 0,13	± 0,15	± 0,23	± 0,32	± 0,35	± 0,41	± 0,45	± 0,63	± 0,88
TG5	W	± 0,05	± 0,08	± 0,11	± 0,14	± 0,17	± 0,20	± 0,23	± 0,36	± 0,50	± 0,58	± 0,65	± 0,70	± 1,00
	NW	± 0,08	± 0,11	± 0,14	± 0,17	± 0,20	± 0,23	± 0,36	± 0,50	± 0,58	± 0,65	± 0,70	± 1,00	± 1,40
TG6	W	± 0,07	± 0,12	± 0,18	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,57	± 0,80	± 0,93	± 1,05	± 1,15	± 1,60
	NW	± 0,12	± 0,18	± 0,22	± 0,26	± 0,31	± 0,37	± 0,57	± 0,80	± 0,93	± 1,05	± 1,15	± 1,60	± 2,20
TG7	W	± 0,13	± 0,20	± 0,29	± 0,35	± 0,42	± 0,50	± 0,60	± 0,90	± 1,25	± 1,45	± 1,60	± 1,80	± 2,60
	NW	± 0,20	± 0,29	± 0,35	± 0,42	± 0,50	± 0,60	± 0,90	± 1,25	± 1,45	± 1,60	± 1,80	± 2,60	± 3,50
TG8	W	± 0,20	± 0,31	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,80	± 0,95	± 1,40	± 2,00	± 2,30	± 2,60	± 2,85	± 4,00
	NW	± 0,31	± 0,45	± 0,55	± 0,65	± 0,80	± 0,95	± 1,40	± 2,00	± 2,30	± 2,60	± 2,85	± 4,00	± 5,50
TG9		± 0,30	± 0,49	± 0,75	± 0,90	± 1,05	± 1,25	± 1,50	± 2,25	± 3,15	± 3,60	± 4,05	± 4,45	± 6,20

W: werkzeuggebundene Maße NW: nicht werkzeuggebundene Maße Für TG9 ist die Differenzierung von W- und NW-Maßen nicht erforderlich.

24

Bewertung Fertigungsverfahren

Fertigungsverfahren	P ₁
Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen	1
Formpressen, Fließpressen	2

25

Bewertung Formstoffsteifigkeit bzw. Formstoffhärte

Formstoffsteifigkeit bzw. -härte			P ₂
E-Modul in N/mm ²	Shore D	Shore A; IRHD	
über 1200	über 75	–	1
über 30 bis 1200	über 35 bis 75	–	2
3 bis 30	–	50 bis 90	3
unter 3	–	unter 50	4

26

Bewertung Verarbeitungsschwindung

Verarbeitungsschwindung (Rechenwert)	P ₃
unter 0,5 %	0
0,5 bis 1 %	1
über 1 % bis 2 %	2
über 2 %	3

Bei Schwindungsanisotropie ist der maximale Schwindungskennwert für die Zuordnung maßgebend.

27

Bewertung der Schwindungsstreuung

Berücksichtigung geometrie- und verfahrensbedingter Schwindungsunterschiede	P ₄
genau möglich: Rechenwerte der VS sind bekannt (z. B. aus Erfahrungen, systematischen Messungen, Computersimulationen). Schwindungsanisotropie ist bedeutungslos oder kann in der jeweiligen Maßrichtung hinreichend genau berücksichtigt werden. Mögliche Abweichungen vom Rechenwert betragen max. $\pm 10\%$.	1
bedingt genau möglich: Rechenwerte der VS sind in Bereichen bis max. $\pm 20\%$ bekannt.	2
nur ungenau möglich: Rechenwerte der VS sind nur als grobe Richtwertbereiche bekannt. Schwindungsanisotropie kann nicht oder nur ungenügend berücksichtigt werden. Praktische Erfahrungen zum Abschätzen relevanter Rechenwerte sind nicht vorhanden. Mögliche Abweichungen vom Rechenwert liegen über $\pm 20\%$.	3
Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Schwindungsschwankungen durch Variationen der Verarbeitungsbedingungen und Unterschiede der Formmasseeigenschaften ca. $\pm 30\%$ des Rechenwertes der VS betragen können. Diese Auswahl ist zu treffen, wenn keine anderen Informationen vorliegen.	

28

Anmerkung zur Bewertung der Schwindungsstreuung

Nach der Festlegung von P₁ bis P₄ und deren Addition sollte geprüft werden, ob die funktional geforderte Toleranz mit Reihe 1 (Normalfertigung) technologisch erreichbar ist.

Wenn dies erfüllt ist, erübrigen sich alle weiteren Betrachtungen.

Nur wenn die funktional erforderliche Toleranz nicht erreicht wird, muss die in P₅ enthaltene Erhöhung des Fertigungsaufwandes in Betracht gezogen werden.

29

Toleranzreihendefinition

Der vom Formteilhersteller mobilisierbare Aufwand für Fertigung und Qualitätssicherung ist entscheidend für das Niveau der Fertigungsgenauigkeit. Eine Differenzierung erfolgt durch **Toleranzreihen**.

Toleranzreihen	P ₅
Reihe 1 (Normalfertigung): Fertigung mit Allgemeintoleranzen realisiert Maßhaltigkeitsforderungen, die keinen besonderen Qualitätsschwerpunkt bilden.	0
Reihe 2 (Genaufertigung): Fertigung und Qualitätssicherung sind auf höhere Maßhaltigkeitsforderungen orientiert.	-1
Reihe 3 (Präzisionsfertigung): Vollständige Ausrichtung von Fertigung und Qualitätssicherung auf die sehr hohen Maßhaltigkeitsforderungen	-2
Reihe 4 (Präzisionssonderfertigung): wie Reihe 3, aber mit intensivierter Prozessüberwachung	-3
Reihe 3 und 4 sind vereinbarungspflichtig zwischen Hersteller und Abnehmer der Formteile.	

30

Toleranzreihenzuordnung – Prinzip

Sofern ein höheres Genauigkeitsniveau (Reihe 2, 3, 4) erforderlich ist, sollte die Reihenzuordnung nach Bewertung des notwendigen Erfüllungsgrades nachstehender Fragen erfolgen:

- Sind die Formteile kunststoffgerecht konstruiert und hinsichtlich Maßhaltigkeit optimal gestaltet und dimensioniert?
- Sind die Werkzeuge funktionssicher sowie mechanisch ausreichend steif, thermisch und rheologisch ausbalanciert?
- Ermöglichen Maschinen, Anlagen und Einrichtungen sowie das Betriebspersonal einen hinreichend präzisen Fertigungsablauf einschließlich Qualitätssicherung?
- Sind entsprechende Lieferbedingungen bezüglich des maßrelevanten Eigenschaftsniveaus der Formmassen, insbesondere der Schwindungsschwankungen, vereinbart und werden diese geprüft?

Anmerkung: Der aktuell vom Formteilhersteller zu betreibende Aufwand ergibt sich aus den geforderten Maßtoleranzen. Präzisionsfertigung (Reihe 3 und 4) sind Sonderfälle, deren Realisierung aus betriebswirtschaftlicher Sicht (z. B. Preiszuschläge) besondere Vereinbarungen zwischen Hersteller und Abnehmer erfordern.

31

Bewertung des Fertigungsaufwandes beim Thermoplast-Spritzgießen nach neuer Norm als Orientierungshilfe - 1

Kriterium	Normalfertigung	Genaufertigung	Präzisionsfertigung	Präzisionssonderfertigung
Spritzgießmaschine / Maschinenpark	Standardspritzgießmaschinen ohne Überwachung der Prozessparameter	Standardspritzgießmaschinen mit Überwachung der Prozessparameter	Fertigung mit geregelten Spritzgießmaschinen und erweiterten Überwachungsmöglichkeiten für zusätzliche Druckaufnehmer und Temperaturfühler	Erhöhter spezieller Überwachungsaufwand der Maschinen (Kalibrierung) Maschinen mit besonders steifen Aufbau
	Fertigung ohne feststehende Maschinenbelegung möglich		Fertigung auf spezifizierten Maschinen mit feststehender Maschinenbelegung	
Infrastruktur/ Peripherie	Spritzteile können maschinenfallend produziert werden.		Kühlwasservorlauftemperatur geregelt ($\pm 1^\circ\text{C}$)	Geregelte Kühlung ΔT -Vor-Rücklauf max. 1,5 K bis 2,5 K Zwangsumlaufemperierung ohne Überbrückungen Hinreichend genaue Überwachung der Massetemperatur (Heißkanal) Handlinggeräte zum Einlegen von Einlegeteilen und zur Entnahme der Spritzteile Trockenlufttrockner bei hydrophilen Formmassen Definierte Kühlstrecken für die Spritzteile bis Abnahme
Umgebungsbedingungen	Fertigung in normaler Werkstattumgebung		Fertigung mit eingeengten Raumklimabedingungen oder in klimatisierten Räumen Spritzgießmaschinen ggf. speziell isoliert (z. B. Plastifizierung)	

32

Bewertung des Fertigungsaufwandes beim Thermoplast-Spritzgießen nach neuer Norm als Orientierungshilfe - 2

Kriterium	Normalfertigung	Genaufertigung	Präzisionsfertigung	Präzisionssonderfertigung
Werkzeug	Werkzeuge mit Wechseleinsätzen zulässig	Werkzeuge mit wenigen Wechseleinsätzen zulässig	Werkzeuge ohne Wechseleinsätze. Keine Familienwerkzeuge (Gruppenwerkzeuge) Extrem steifer Werkzeugaufbau	Ausgeglichene thermische Verhältnisse im Werkzeug Entformung mit geringer mechanischen Beanspruchung der Spritzteile. Hinreichend präzise und steife Führung der bewegten Werkzeugbauteile
	Anfertigungsgenauigkeit normal	Anfertigungsgenauigkeit mittel	Anfertigungsgenauigkeit sehr hoch	
Formteilkonstruktion	Kunststoffgerechte Konstruktion		Kunststoffgerechte Konstruktion mit Füllsimulation und Verzugsberechnung	Formteilkonstruktion muss homogene Temperierung ermöglichen. Wenige eng tolerierte Maße
Formmasse	Rezyklat einsetzbar	Rezyklat definiert einsetzbar	Bei abrasiven Zusatzstoffen Verschleiß der Werkzeugkonturen kontrollieren	Formmassen nur Typware Formmassen nur Typware mit eingeschränkten Liefertoleranzen (spezifizierte Formmasse)
			Formmassen nur Typware	
Einlegeteile	Zukaufteile mit handelsüblichen Toleranzen		Zukaufteile mit reduzierten Toleranzen	Ggf. 100% Kontrolle besonders eng tolerierter und wichtiger Maße / Merkmale Handling zum Einlegen der Einlegeteile

33

Bewertung des Fertigungsaufwandes beim Thermoplast-Spritzgießen nach neuer Norm als Orientierungshilfe - 3

Kriterium	Normalfertigung	Genaufertigung	Präzisionsfertigung	Präzisionssonderfertigung
Personal	Angelerntes Personal	Fachspezifisch ausgebildetes Personal	Geschultes und qualifiziertes Personal mit vertieften Kenntnissen zur Prozessoptimierung	
Qualitätsüberwachung	Anlauf- und Schlussprüfung	Anlauf- und Schlussprüfung mit vorgegebenen Zwischenprüfungen	Anlauf- und Schlussprüfung mit engmaschigen Qualitätsprüfungen	Anlauf- und Schlussprüfung mit prozessüberwachten engmaschigen Qualitätsprüfungen der speziell tolerierten Maße bis hin zu Einrichtungen für 100% Kontrolle dieser Maße
			3D-Messtechnik	3D-Messtechnik höherer Genauigkeitsklasse
Prozessdokumentation	Vorhanden	Vorhanden	Vorhanden mit Chargen-Management	
Teilverpackung	Nach Vereinbarung		Dem Teil angepasste spezielle Verpackung	Dem Teil angepasste spezielle Verpackung, ggf. Einzelverpackung in Trays / Lagen / Palletierung
				Je nach Material speziell festgelegte Transport- und Lagerbedingungen

Tabelle 9 — Kunststoff-Formteiltoleranzen für Positionstoleranzen abgeleitet aus D_p

Toleranzgruppe	Durchmesser der zylindrischen Toleranzzonen für die Nennmaßbereiche abgeleitet aus der weitesten Entfernung des tolerierten Elementes															
	1 bis 3	> 3 bis 6	> 6 bis 10	> 10 bis 18	> 18 bis 30	> 30 bis 50	> 50 bis 80	> 80 bis 120	> 120 bis 180	> 180 bis 250	> 250 bis 315	> 315 bis 400	> 400 bis 500	> 500 bis 630	> 630 bis 800	> 800 bis 1 000
TG1	W	00,020	00,034	00,050	00,062	00,073	00,087	00,104	00,123	-	-	-	-	-	-	-
	NW	00,034	00,050	00,062	00,073	00,087	00,104	00,123	-	-	-	-	-	-	-	-
TG2	W	00,036	00,056	00,081	00,098	00,118	00,140	00,168	00,252	00,364	00,420	00,448	00,504	00,560	-	-
	NW	00,056	00,081	00,098	00,118	00,140	00,168	00,252	00,364	00,420	00,448	00,504	00,560	00,616	-	-
TG3	W	00,056	00,090	00,140	00,168	00,196	00,224	00,280	00,420	00,560	00,644	00,728	00,812	01,148	01,540	01,764
	NW	00,090	00,140	00,168	00,196	00,224	00,280	00,420	00,560	00,644	00,728	00,812	01,148	01,540	01,764	01,960
TG4	W	00,084	00,140	00,224	00,252	00,308	00,364	00,420	00,644	00,868	01,008	01,148	01,260	01,792	02,464	02,800
	NW	00,140	00,224	00,252	00,308	00,364	00,420	00,644	00,868	01,008	01,148	01,260	01,792	02,464	02,800	03,220
TG5	W	00,140	00,224	00,308	00,392	00,476	00,644	00,756	01,008	01,400	01,624	01,820	01,960	02,800	03,920	04,480
	NW	00,224	00,308	00,392	00,476	00,644	00,756	01,008	01,400	01,624	01,820	01,960	02,800	03,920	04,480	05,040
TG6	W	00,196	00,336	00,504	00,616	00,728	00,868	01,036	01,596	02,240	02,604	02,940	03,220	04,620	06,160	07,000
	NW	00,336	00,504	00,616	00,728	00,868	01,036	01,596	02,240	02,604	02,940	03,220	04,620	06,160	07,000	08,680
TG7	W	00,364	00,560	00,812	00,980	01,176	01,400	01,680	02,520	03,500	04,060	04,480	05,040	07,280	09,800	011,200
	NW	00,560	00,812	00,980	01,176	01,400	01,680	02,520	03,500	04,060	04,480	05,040	07,280	09,800	011,200	012,600
TG8	W	00,560	00,868	01,260	01,540	01,820	02,240	02,660	04,060	05,600	06,440	07,280	07,980	011,200	015,400	019,600
	NW	00,868	01,260	01,540	01,820	02,240	02,660	04,060	05,600	06,440	07,280	07,980	011,200	015,400	019,600	021,700
TG9		00,840	01,372	02,100	02,520	02,940	03,500	04,200	06,300	08,820	010,080	011,340	012,460	017,360	023,800	028,000

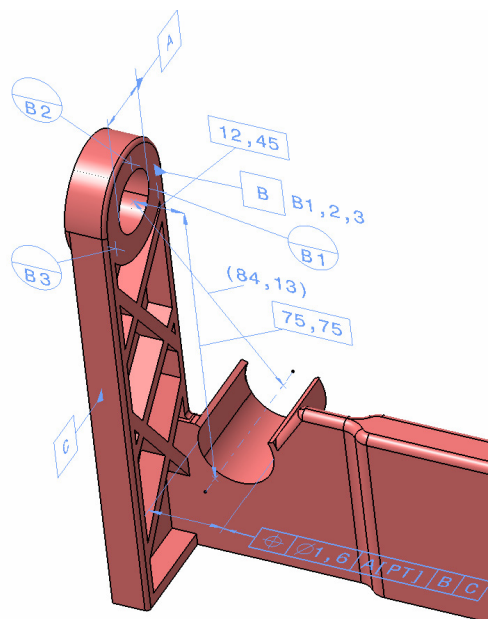
- ANMERKUNG 1 W: werkzeuggesteuerte Maße; NW: nicht werkzeuggesteuerte Maße.
- ANMERKUNG 2 Für TG9 ist die Differenzierung von W- und NW-Maßen nicht erforderlich.
- ANMERKUNG 3 Als Nennmaße für Formteilzeichnungen gelten Toleranzmittlermaße ($M_p = C_p$).
- ANMERKUNG 4 Maße unter 1 mm und über 1 000 mm sind vereinbarungspflichtig.
- ANMERKUNG 5 Für Allgemeintoleranzen sind ausschließlich die Grenzabmaße für nicht werkzeuggesteuerte Maße zu verwenden.
- ANMERKUNG 6 Toleranzen für Materialdicken sind vereinbarungspflichtig.
- ANMERKUNG 7 Allgemeintoleranzen sind in den Konstruktionsdokumentationen wie folgt anzugeben. Beispiel: DIN 16742 – TG6.
- ANMERKUNG 8 Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit siehe Anhang E.

Bestimmung von D_p

Ein Bauteil kann ein oder mehrere Bezugssysteme haben. Zur Bestimmung der Positionstoleranz ist die weiteste Entfernung des tolerierten Elements zum Ursprung des bei der Positionstolerierung verwendeten Bezugssystems (D_p) zu verwenden. Dies muss nicht mit dem Koordinatensystem vom Bauteil bzw. aus dem Zusammenbau übereinstimmen.

36

Bestimmung von D_p



37

Tabelle 3: Allgemeintoleranzen für ausgewählte Form- und Lageabweichungen (Vorschlag Automobilindustrie)

Abstands-nennmaß in mm	≤ 30	> 30 bis 100	> 100 bis 250	> 250 bis 400	> 400 bis 1000
Toleranzwert t in mm	0,5	1	2	4	6

Gültig für:  t Flächenformtoleranz

 t Linienformtoleranz

Kunststoffeigenschaften: $P_2 = 1$ und $P_3 + P_4 \leq 3$

Toleranzen sind zwischen Hersteller und Abnehmer der Formteile zu vereinbaren.

Oktober 2013 erschienen
im Carl Hanser Verlag:

