



TQU VERLAG

**Kunststoff-
Formteile-
Toleranzen**

Kunststoff-Formteile-Toleranzen

Toleranzen fertigungstechnisch machbar festlegen

[Dr. Konrad Reuter](#)

Die Anzahl von Kunststoff-Formteilen nimmt in der technischen Produktentwicklung stetig zu. Viele Konstrukteure sind jedoch mit einer toleranzbewussten Produktgestaltung überfordert, da sie häufig noch "in Metall" denken und somit gegen grundlegende Konstruktionsregeln für Kunststoff-Formteile verstoßen. Die Folge sind z.B. übertriebene Genauigkeiten, sogenannte "Angst-Toleranzen". Solche implizieren zusätzliche Kosten, ohne die Qualität nennenswert zu steigern. Zudem sind unnötige Rechtstreitigkeiten zwischen Kunde und Lieferanten vorprogrammiert, da die geforderten Toleranzen vielfach nicht eingehalten werden können (Quelle: Beuth-Verlag).

Die Tolerierung von Kunststoff-Formteilen wird durch neue Gesetze [1] geregelt. Die Regel gibt Grenzwerte für die Toleranzen für z.B. räumliche Elemente für Spritzgießen, Extrudieren, Spritzpressen und Pressen vor. Nicht möglich sind Elemente aus Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren und Duroplasten. Gegenstand der Norm sind ausschließlich fertigungstechnisch machbare Formteile-toleranzen von Kunststoff-Formteilen, die durch Urformverfahren mit geschlossenen Werkzeugen hergestellt wurden. Werkzeugmacher können hier sehr viel profitieren, da mit deren Werkzeugen oft Toleranzen am Kunststoffteil gehalten werden sollen, welche auf Grund Schwankung im Fertigungsprozess und im Kunststoffmaterial nicht haltbar sind (Quelle: Beuth-Verlag).

Kernstück ist eine Ermittlungsmethode zu fertigungstechnisch möglichen Toleranzen von Formteilmaßen mit "begründeten hohen Maßhaltigkeitsforderungen". Es können dimensionelle und geometrische Toleranzen angegeben werden. Dies ist in der Norm in den Titeltaxa und in den Anhängen E) bis F) aufgeführt.

Alle weiteren Anwendungsbedingungen, Folgerungen und Regelungen sind dem Norm-Original zu entnehmen.

Die Norm geht bei der Tolerierung von der Unabhängigkeit der Maße aus (auch im statistischen Sinn). Die Komplexität des Urformens mit geschlossenen Werkzeugen wird in der Realität mehr oder weniger korrelierte Maße hervorbringen. Zum Umgang mit korrelierten Maßen sind Methoden der Multivariaten Statistik erforderlich. Ein Einstieg in die Multivariate Statistik ist im genannten Workbook [2] und einigen diesbezüglichen APPs des TQU VERLAGS möglich.

Ansprechpartner: Dr. Konrad Reuter
Telefon: 0171/6006604

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APPS Applikationen für das Qualitätsmanagement

Lizenzvereinbarung

Dieses Produkt "Kunststoff-Formteile-Toleranzen" wurde vom Autor Dr. Konrad Reuter mit großem Aufwand und großer Sorgfalt hergestellt

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt (©). Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Weitergabe, der Übersetzung, des Kopierens, der Entnahme von Teilen oder der Speicherung bleiben vorbehalten.

Bei Fehlern, die zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Nutzung dieses Softwareproduktes führen, leisten wir kostenlos Ersatz. Beschreibungen und Funktionen werden nach der Beschreibung der Nutzungsmöglichkeit nicht als rechtsverbindliche Spezifikation bestimmter Eigenschaften. Wir übernehmen keine Gewähr dafür, dass die in ebenen Lösungen für bestimmte vom Kunden benutzte Geräte geeignet sind.

Sie erklären sich damit einverstanden, dieses Produkt nur für Ihre eigene Arbeit und für die Information innerhalb Ihres Unternehmens zu verwenden. Sollten Sie es in anderer Form, insbesondere in Schulungs- und Informationsmaßnahmen bei anderen Unternehmen (Beratung, Schulungseinrichtung etc.) verwenden wollen, setzen Sie sich unbedingt vorher mit uns wegen einer entsprechenden Vereinbarung in Verbindung. Unsere Produkte werden kontinuierlich weiterentwickelt. Bitte melden Sie sich, wenn Sie ein Update wünschen.

Alle Ergebnisse basieren auf den vom Autor eingesetzten Formeln und müssen vom Anwender sorgfältig geprüft werden. Die berechneten Ergebnisse sind als Hinweise und Anregungen zu verstehen.

Wir wünschen viel Spaß und Erfolg mit dieser Applikation

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

QUALITY APP Kunststoff-Formteile-Toleranzen

Anwendungshinweise

Blattname

1. Anwendungsbereich

Die Norm [1] stellt fertigungstechnisch mögliche Toleranzen für Kunststoff-Formteile zur Verfügung. Es werden Grenzabmaße für Größenmaße (Zweipunktmaße) als Allgemeintoleranzen (indirekt Tolerierung) sowie als Abmaßangaben für Nenngrößenmaße (direkte Tolerierung) zu Verfügung gestellt. Die Norm bezieht sich auf Herstellverfahren (Urformen) mit geschlossenen Werkzeugen. Toleranzen außerhalb dieser Norm sollten mit dem Formteilhersteller vereinbart werden. Für die Anwendung gilt das Unabhängigkeitsprinzip nach DIN EN ISO 8015. Abweichungen müssen vereinbart werden.

Aus Sicht der Praxiserfahrung sind Maße an einem Kunststoff-Formteil in der Regel nicht unabhängig. Zum Umgang mit korrelierten Maße sind Methoden der Multivariaten Statistik erforderlich. Ein Einstieg in die Multivariate Statistik ist im genannten Workbook und einigen diesbezüglichen APP's des Verlages möglich.

2. Vorgehen

Die Tolerierung erreicht die Werkzeug- und nicht die Werkstücke Maße W'' und W''' . Es sind die Toleranzgruppen TG1 bis TG9 fixiert. In der TG9 ist keine Werkzeugbindung vorgesehen. Für die dimensionelle (D) Abgabe in der Tolerierung (T) ist ein Fertigungsmaß $\pm 0,000$ mm vorgesehen. Es sind zunächst vier Kriterien aus den Bewertungsmatrizen Tabelle 1 bis Tabelle 4 zu prüfen. Daraus ermittelte Punktezahlen P_1 bis P_4 werden zu P_R addiert. Eine Toleranzgruppe wird ausgelesen. Es wird aus der Merkmalsliste das gewünschte Merkmal ausgewählt. Danach ist zu entscheiden, ob die konstruktiv geforderte Funktionstoleranz mit der Reihe 1 (Normalfertigung) erreichbar ist. Ist dies nicht der Fall, stehen die Reihen 2 bis 4 zur Auswahl.

- Reihe_2 Genaufertigung
- Reihe_3 Präzisionsfertigung
- Reihe_4 Präzisionsonderfertigung

Die Kriterien für die Reihen 1 bis 4 sind festgelegt (Anhang D).

[Anhang D](#)

2.1 Bewertungsmatrix 1 - Fertigungsverfahren

- Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen
- Formpressen, Fließpressen

[Tabelle 4](#)

2.2 Bewertungsmatrix 2 - Formsteifigkeit bzw. -härte

Die Bewertung der Formsteifigkeit kann mit den Kriterien "E-Modul", Shorehärte D bzw. Shorehärte A oder IRHD erfolgen. Es ist mindestens ein Eintrag vorzunehmen. Die Bewertung erfolgt nach der höchsten Punktzahl.

[Tabelle 5](#)

2.3 Bewertungsmatrix 3 - Verarbeitungsschwindigkeit

Es sind vier Stufen zugeordnet. Bei Schwindungsanisotropie ist der höhere Wert anzusetzen.

[Tabelle 6](#)

2.4 Bewertungsmatrix 4 - Schwindungsunterschiede

Hier werden drei Stufen der Kenntnis bzw. Berücksichtigung von geometrie- bzw. Verfahrensbedingten Schwindungsunterschieden fixiert. Quellen für diese Festlegung sind z.B. Erfahrungen, systematische Messungen oder Simulationen. Liegen solche Informationen nicht vor, ist der höchste Punktwert zu verwenden.

[Tabelle 7](#)

2.5 Zwischenstand nach Punkten

Nach den ersten vier Bewertungsschritten wird zwischenbilanziert und eine zuordenbare Toleranzgruppe ausgegeben. Mit dem Vergleich zu den Funktionstoleranzen aus der Merkmalsliste (Nennmaße und Abmaße) wird entschieden, ob mit den Bedingungen einer Normalfertigung (Reihe1) das Ziel erreicht werden kann. In diesem Falle sind weitere Schritte nicht erforderlich und werden ausgeblendet.

[Ablauf](#)

[Ablauf](#)

2.6 Endergebnis der Bewertung

Kann die Reihe1 nicht erreicht werden, muss auf eine Verschärfung der Fertigungsbedingungen orientiert werden. Tabelle 8 stellt die Auswahlbedingungen zur Verfügung. Die Tabelle 8 ist ggf. mehrfach zu nutzen. Ggf. wird die Information zu einer generellen "Nichtmachbarkeit" ausgegeben.

[Ablauf](#)

2.7 Anhang C

Anhang C bietet eine Orientierung diverser Formmassen zu den Toleranzgruppen (Die Verknüpfungen sind dem Original zu entnehmen, hier nicht weiter nachgestellt).

[Anhang C](#)

2.8 Anhang D

Anhang D bietet eine Orientierung zu den Abmaßen des Fertigungsverfahrens und des Werkzeugbaus zu den Reihen 1 bis 4.

[Anhang D](#)

2.9 Anhang E

Anhang E bietet zwei wichtige Hilfsmittel für die Untersuchung im Qualitätsmanagement: Die Regelkarte (SPC) und MSA. Zu SPC wird realistischere bemerkt:

"Im Spritzgießprozess haben sehr viele unterschiedliche Faktoren einen Einfluss auf die Maßbildung, so dass eine Prozessregelung im eigentlichen Sinne der Regelkartentechnik im Normalfall nicht möglich ist."

Hiermit sind die klassischen Regelkarten gemeint.

Zu Multivariaten Regelkarten und möglichen Multivariaten Methoden von Prozesssteuerung siehe [2].

Zu Nachweisen von Prozessfähigkeit heißt es:

"Sollten Maschinen- oder Prozessfähigkeitsnachweise gefordert werden, so ist eine Aufweitung der Toleranzen erforderlich, damit ein ausreichender Spielraum von den Toleranzgrenzen zum Mittelwert geschaffen wird, in dem sich der Prozess bewegen kann."

Zu den Verfahren der MSA heißt es insbesondere im Hinblick auf die ANOVA Methode (z.B. nach VDA 5):

"Der Nachweis der Messmittelfähigkeit nach dem ANOVA-Modell lässt sich auf den Spritzgießprozess nicht anwenden, da im Spritzprozess die gesamte Prozessbreite nicht simuliert werden kann und somit die Prozessstreuung im Verhältnis zur Messmittelstreuung zu gering ist."

3. EXCEL

Die EXCEL-Lösung stützt sich auf folgende Prinzipien:

Funktionelle Aufteilung auf verschiedene Blätter.

Optische Hervorhebung von Zellen in Abhängigkeit von ihrer Funktion.

Kommentierung wesentlicher Zellen

Vergaben von Namen für Variable.

Die Liste muss nach Änderungen mit F3 manuell aktualisiert werden.

Textliche Kommentierungen in rot kursiv.

Auslesen von Tabelleninhalten

Feststellen von Zellinhalten

Reagieren auf Bedingungen /Verzweigungen

Erzwingung einer geeigneten Zahlenformatierung im Protokoll mit vorgegebener Stellenzahl.

Verknüpfung von Zellinhalten über "&"

Zellen werden in Berechnungsblättern und Protokollen nicht über "Zellen verbinden" formatiert!

Als Lösung dient die Formatierung schmaler Spalten und die Formatierung

benachbarter Zellen mit "Über Auswahl zentrieren".

Die Nachteile verbundener Zellen sind damit vermieden..

Ausblenden von Zellinhalten, die nicht zutreffend sind

Ausblenden von Blättern, die nicht ständig gebraucht werden.

Blattschutz gegen versehentliches Überschreiben, bitte nutzerintern anpassen.

Merkmale

Eingabe Daten
errechnete Werte
Bezeichnungen
Namen

Bemerkungen

VERGLEICH(;;0)

INDEX(;;)

ISTLEER()

ISTZAHL()

WENN(;;)

FEST(;;)

="text1"&BEZUG

4. Quellen

[1] DIN 16742:2013-10 Kunststoff-Formteile-Toleranzen und Abnahmebedingungen

[2] Jahn, W. Reuter, K.: Multivariate Statistik im Qualitätsmanagement, Workbook TQU Verlag 2012

[Mehr Information zur Norm: http://www.beuth.de/de/norm/din-16742/192658755](http://www.beuth.de/de/norm/din-16742/192658755)

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Kunde	Automobil OEM
Artikel	Modell_A
Nummer	20
Bezeichnung	Säule_B

Spezifikationen Grenzabmaße							
Maße in mm	Wahl	Nenngrößenmaß D_p -Nennmaß	\pm Abmaß T-Durchmesser	Mindestmaß	Größtmaß	T	Werkzeugbindung
M_1	D	10	0,1	9,8	10,2	0,4	W
M_2	D	6,3	0,5	6,3	6,5	0,1	NW
M_3	D	10	0,2	9,8	10,2	0,4	W
M_4	G	50	1				NW
M_5							
M_6							
M_7							
M_8							
M_9							
M_10							

D dimensionell

G geometrisch

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Tabelle_4

P ₁ Fertigungsverfahren		Auswahl	Ergebnis 4
1	Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen		
2	Formpressen, Fließpressen	<input type="radio"/>	

Tabelle_5

P ₂ Formsteifigkeit						
	E-Modul		Shore D		Shore A	
1	> 1200		> 75			
2	> 30	1200	> 35	75		
3	3	30			50	90
4		< 3				< 50
Wahl	600	2				

Ergebnis 5: 2

Tabelle_6

P ₃ Verarbeitungsschwindigkeit			
3	> 2%		Bei Anisotropie ist der maximale Wert maßgebend.
2	> 1%	2%	
1	0,5%	1%	
0		< 0,5%	
Wahl	0,5%		

Ergebnis 6: 1

Tabelle_7

P ₄ Berücksichtigung Schwindungsunterschiede			
1	genau möglich	Abweichungen ≤ ±	10%
2	bedingt genau möglich	Abweichungen ≤ ±	20%
3	nur ungenau möglich	Abweichungen > ±	20%
Wahl	25%		vom Rechenwert

Ergebnis 7: 3, P_g: 7

Tabelle_3

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

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$$

Zwischenergebnis nach Punkte P_g = 7 Toleranzgruppe **TG7**

WTG7	16	3	1	TOL
------	----	---	---	-----

Jetzt kann das interessierende Maß aus den Merkmalen ausgewählt werden.

Maß wählen	Soll	± Abmaß	Werkzeugbindung	min ± Abmaß	Bewertung Fertigungsaufwand	
M_2	D	6,5	0,15	W	0,29	Tabelle 8 verwenden

WAHR

Merkmal dimensionelle Tolerierung

Tabelle_8

P ₅ Bewertung Fertigungsaufwand	
0	No. v. Fertig. u. Ger. ufer. gu. g.
-1	Präzisionsfertigung
-2	Präzisionsfertigung
-3	Präzisionsonderfertigung
Wahl	2

Ergebnis 8: 5

Endergebnis der Tolerierung Toleranzgruppe **TG5**

WTG5	14	3
------	----	---

Maß	Soll	± Abmaß	Werkzeugbindung	min ± Abmaß	Bewertung Fertigungsaufwand	
M_2	D	-2	0,15	W	0,11	Präzisionsfertigung
sehr hohe Maßhaltigkeitsforderungen						
keine weiteren Maßnahmen						

FALSCH FALSCH

Grenzabmaße für Nenngrößenmaßbereiche

mm

Werkzeug- bindung	Toleranz- gruppe	Schlüssel	Spalten																Zeilen	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
			> 1	> 3	> 6	> 10	> 18	> 30	> 50	> 80	> 120	> 180	> 250	> 315	> 400	> 500	> 623	> 800	> 1000	
NW	TG1	NWTG1	0,012	0,018	0,02	0,02	0,031	0,03	0,044	0,05										1
NW	TG2	NWTG2	0,02	0,029	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,13	0,15	0,16	0,18	0,2	0,22					2
NW	TG3	NWTG3	0,031	0,05	0,06	0,07	0,08	0,1	0,15	0,2	0,23	0,26	0,29	0,4	0,55	0,63	0,7	0,77		3
NW	TG4	NWTG4	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	1	1,15	1,3		4
NW	TG5	NWTG5	0,08	0,11	0,14	0,17	0,2	0,23	0,36	0,5	0,58	0,65	0,7	1	1,4	1,6	1,8	2,1		5
NW	TG6	NWTG6	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,37	0,57	0,8	0,9	1,1	1,5	2	2,2	2,5	2,8	3,1		6
NW	TG7	NWTG7	0,15	0,19	0,25	0,3	0,4	0,5	0,75	1,1	1,25	1,4	1,8	2,5	3,5	4	4,5	5		7
NW	TG8	NWTG8	0,31	0,45	0,55	0,65	0,8	0,95	1,4	2	2,3	2,6	3,5	4	5,5	6,25	7	7,75		8
NW	TG9	NWTG9	0,3	0,49	0,75	0,9	1,05	1,25	1,5	2,25	3,15	3,6	4,05	4,45	6,2	8,5	10	11,5		9
W	TG1	WTG1	0,007	0,012	0,018	0,02	0,02	0,03	0,037	0,04										10
W	TG2	WTG2	0,013	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,13	0,15	0,16	0,18	0,2						11
W	TG3	WTG3	0,02	0,031	0,05	0,07	0,08	0,1	0,15	0,2	0,23	0,26	0,29	0,4	0,55	0,63	0,7			12
W	TG4	WTG4	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	0,88	1	1,15		13
W	TG5	WTG5	0,05	0,08	0,11	0,14	0,17	0,2	0,23	0,36	0,5	0,58	0,65	0,7	1	1,4	1,6	1,8		14
W	TG6	WTG6	0,07	0,12	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37	0,57	0,8	0,93	1,05	1,15	1,6	2,2	2,5	2,8		15
W	TG7	WTG7	0,13	0,2	0,29	0,35	0,42	0,5	0,6	0,9	1,25	1,45	1,6	1,8	2,6	3,5	4	4,5		16
W	TG8	WTG8	0,2	0,31	0,45	0,55	0,65	0,8	0,95	1,4	2	2,3	2,6	2,85	4	5,5	6,25	7		17
W	TG9	WTG9	0,3	0,49	0,75	0,9	1,05	1,25	1,5	2,25	3,15	3,6	4,05	4,45	6,2	8,5	10	11,5		18

Diagramm für NW

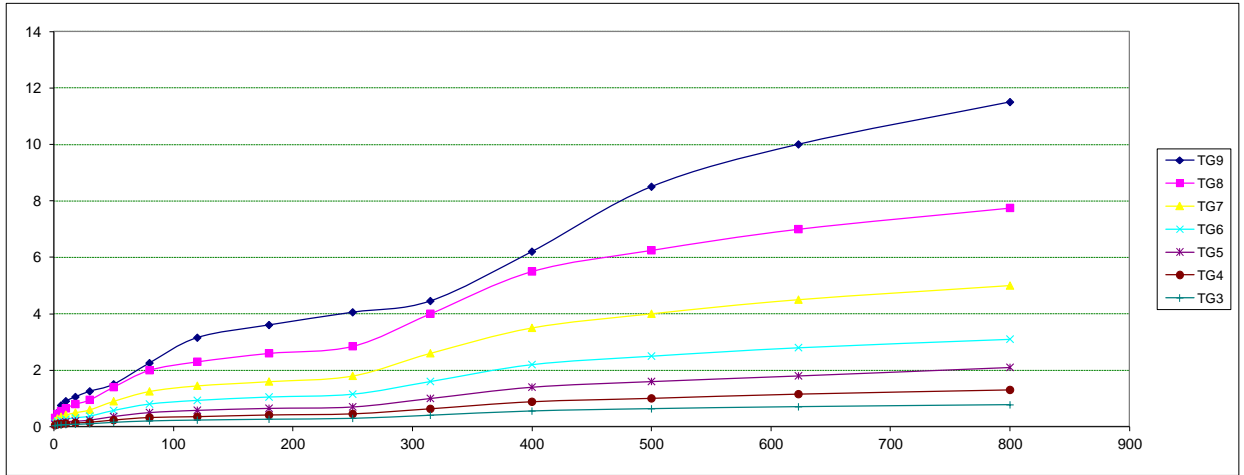


Diagramm für NW
(auszugsweise)

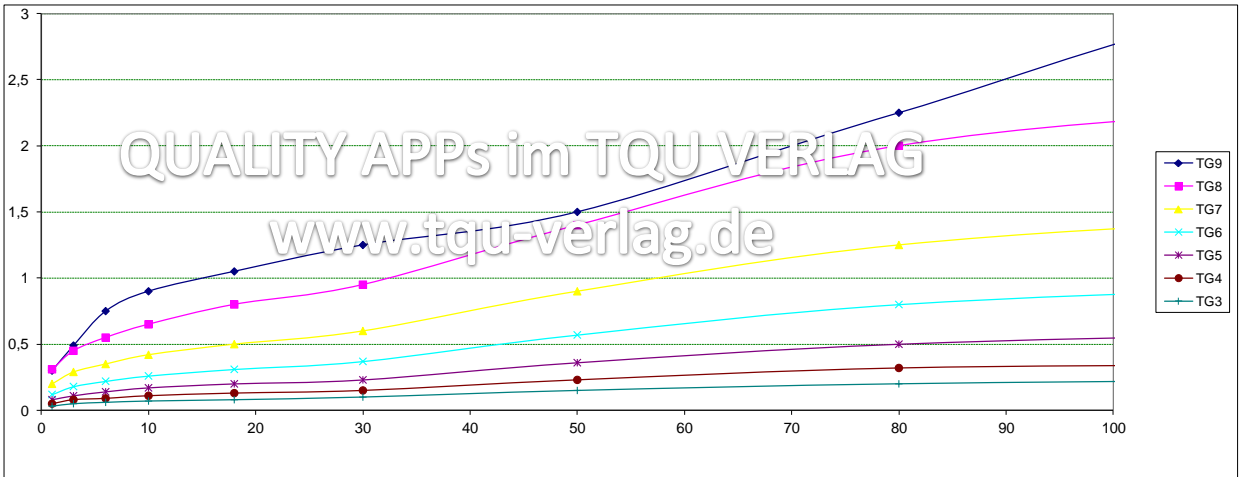
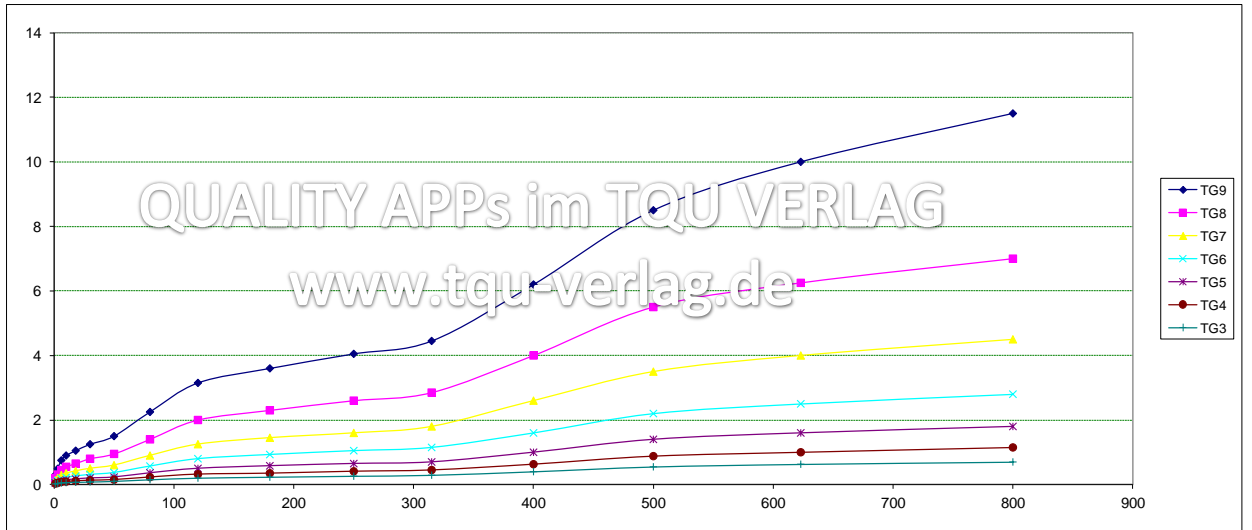


Diagramm für W



Durchmesser der zylindrischen Toleranzzonen für die D_p-Nennmaßbereiche

mm

Werkzeug- bindung	Toleranz- gruppe	Spalten Schlüssel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Zeilen
			> 1 ≤ 3	> 3 ≤ 6	> 6 ≤ 10	> 10 ≤ 18	> 18 ≤ 30	> 30 ≤ 50	> 50 ≤ 80	> 80 ≤ 120	> 120 ≤ 180	> 180 ≤ 250	> 250 ≤ 315	> 315 ≤ 400	> 400 ≤ 500	> 500 ≤ 623	> 623 ≤ 800	> 800 ≤ 1000	
NW	TG1	NWTG1	0,034	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12	0,14									1
NW	TG2	NWTG2	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,17	0,26	0,37	0,42	0,45	0,51	0,57	0,62				2
NW	TG3	NWTG3	0,09	0,14	0,17	0,2	0,23	0,28	0,42	0,57	0,65	0,74	0,82	1,1	1,6	1,8	2	2,2	3
NW	TG4	NWTG4	0,14	0,23	0,25	0,31	0,37	0,42	0,65	0,9	1	1,2	1,3	1,8	2,5	2,8	3,3	3,7	4
NW	TG5	NWTG5	0,23	0,31	0,4	0,48	0,57	0,65	1	1,4	1,6	1,8	2	2,8	4	4,5	5,1	5,9	5
NW	TG6	NWTG6	0,34	0,51	0,62	0,74	0,88	1,1	1,6	2,3	2,6	3	3,3	4,5	6,2	7,1	7,9	8,8	6
NW	TG7	NWTG7	0,37	0,57	0,82	1	1,2	1,4	1,7	2,6	3,5	4	4,5	5	7,4	10	11,3	13	7
NW	TG8	NWTG8	0,57	0,88	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	4	5,7	6,5	7,4	8	11,3	16	18	20	8
NW	TG9	NWTG9	0,85	1,4	2,1	2,6	3	3,5	4,2	6,5	9	10	11,5	13	18	24	28	33	9
W	TG1	WTG1	0,02	0,034	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,12									10
W	TG2	WTG2	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,17	0,26	0,37	0,42	0,45	0,51	0,57				11
W	TG3	WTG3	0,06	0,09	0,14	0,17	0,2	0,23	0,28	0,42	0,57	0,65	0,74	0,82	1,1	1,6	1,8	2	12
W	TG4	WTG4	0,08	0,14	0,17	0,2	0,23	0,28	0,42	0,57	0,65	1	1,2	1,3	1,8	2,5	2,8	3,3	13
W	TG5	WTG5	0,14	0,23	0,31	0,4	0,48	0,57	0,65	1	1,4	1,6	1,8	2	2,8	4	4,5	5,1	14
W	TG6	WTG6	0,2	0,34	0,51	0,62	0,74	0,88	1,1	1,6	2,3	2,6	3	3,3	4,5	6,2	7,1	7,9	15
W	TG7	WTG7	0,37	0,57	0,82	1	1,2	1,4	1,7	2,6	3,5	4	4,5	5	7,4	10	11,3	13	16
W	TG8	WTG8	0,57	0,88	1,3	1,6	1,8	2,3	2,7	4	5,7	6,5	7,4	8	11,3	16	18	20	17
W	TG9	WTG9	0,85	1,4	2,1	2,6	3	3,5	4,2	6,5	9	10	11,5	13	18	24	28	33	18

Anhang C (informativ)

Zuordnung von Kunststoff-Formmassen zu den Toleranzgruppen

Tabelle C.1 Toleranzreihen		Toleranzgruppen					
		A	B	C	D	E	F
Reihe_1	Normalfertigung	TG_4	TG_5	TG_6	TG_7	TG_8	TG_9
Reihe_2	Großserienfertigung	TG_3	TG_4	TG_5	TG_6	TG_7	TG_8
Reihe_3	Vollserienfertigung	TG_2	TG_3	TG_4	TG_5	TG_6	TG_7
Reihe_4	Präzisionsfertigung	TG_1	TG_2	TG_3	TG_4	TG_5	TG_6

Die weiteren Details sind dem Original zu entnehmen!

TQU Verlag, Magirus-Deutz-Straße 18, 89077 Ulm Deutschland, Telefon 0731/14660200, verlag@tqu-group.com, www.tqu-verlag.com

Anhang D (informativ)
Bewertung Fertigungsaufwand

	Reihe 1	Reihe 2	Reihe 3	Reihe 4
Kriterium	Normalfertigung	Genaufertigung	Präzisionsfertigung	Präzisionssonderfertigung
Spritzgießmaschine Maschinenpark	Standardspritzgießmaschinen ohne Überwachung der Prozessparameter	Standardspritzgießmaschine mit Überwachung der Prozessparameter	Fertigung auf geregelten Spritzgießmaschinen mit erweiterten Überwachungsmöglichkeiten für zusätzliche Druckaufnehmer und Temperaturfühler Erhöhter spezieller Überwachungsaufwand der Maschinen (Kalibrierung) Maschinen mit besonders steifem Aufbau	
	Fertigung ohne feststehende Maschinenbelegung möglich		Fertigung auf spezifizierten Maschinen mit feststehender Maschinenbelegung	
Infrastruktur / Peripherie	Spritzteile können maschinenfallend produziert werden		Temperiermedien - Vorlauftemperatur geregelt ± 1 K	
			Geregelte Temperierung ΔT -Vor- Rücklauf max. 1,5 bis 2,5 K	
			Zwangsumlaufemperierung ohne Überbrückungen	
			Hinreichend genaue Überwachung der Massentemperatur (Heißkanal)	
			Handlinggeräte zum Einlegen von Einlegeteilen und zur Entnahme der Spritzteile	
			Trockenlufttrockner bei hydrophilen Formmassen Definierte Kühlstrecken für die Spritzteile bis zur Abnahme	
Umgebungs- bedingungen	Fertigung in normaler Werkstattumgebungsbedingung		Fertigung mit eingeengten Raumklimabedingungen oder in klimatisierten Räumen Spritzgießmaschinen ggf. speziell isoliert z. B. Plastifizierung	
Werkzeug	Werkzeuge mit Wechseleinsätzen zulässig	Werkzeuge mit wenigen Wechseleinsätzen zulässig	Werkzeuge ohne Wechseleinsätze. Keine Familienwerkzeuge (Gruppenwerkzeuge)	
			Das Herstellungsverfahren für die Werkzeugkontur für die direkt olerierten Geometrieelemente muss die geforderte Genauigkeit ermöglichen. Zum Beispiel kann mit Erodieren nich die Genauigkeit einer geschliffenen Kontur erreicht werden.	
			Die Anzahl der Kavitäten und die Komplexität der Geometrie haben Einfluss auf die einhaltbaren Toleranzen über alle Kavitäten.	
			Ausgeglichene thermische Verhältnisse im Werkzeug	
	Anfertigungsgenauigkeit normal	Anfertigungsgenauigkeit mittel	Entformung mit geringer mechanischen Beanspruchung der Spritzteile Hinreichend präzise und steife Führung der bewegten Werkzeugbauteile	Anfertigungsgenauigkeit sehr hoch

Kriterium	Normalfertigung	Genaufertigung	Präzisionsfertigung	Präzisionssonderfertigung
Formteil-konstruktion	Kunststoffgerechte Konstruktion		Kunststoffgerechte Konstruktion mit Füllsimulation und Verzugsberechnung Formteilkonstruktion muss homogene Temperierung ermöglichen Nur wenige eng tolerierte Maße	
Formmasse	Rezyklat einsetzbar	Rezyklat definiert einsetzbar	Bei abrasiven Zusatzstoffen Verschleiß der Werkzeugkonturen kontrollieren	Formmassen nur Typware mit eingeschränkten Liefertoleranzen
			Formmassen nur Typware	Formmassen nur Typware mit eingeschränkten Liefertoleranzen
Einlegeteil	Zusätzliche mechanische Verarbeitungen	Zusätzliche mechanische Verarbeitungen	Zusätzliche mit reduzierten Toleranzen	(spezifizierte Formmasse)
			Ggf. 100% Kontrolle besonders enger tolerierter Maße / Merkmale	Ggf. 100% Kontrolle besonders enger tolerierter Maße / Merkmale
Personal	Angelerntes Personal	Fachspezifisch ausgebildetes Personal	Handlinggeräte zum Einlegen von Einlegeteilen	
			Geschultes und qualifiziertes Personal mit vertieften Kenntnissen zur Prozessoptimierung	
Qualitäts-überwachung	Anlauf- und Schlussprüfung mit vorgegebenen Zwischenprüfungen	Anlauf- und Schlussprüfung mit vorgegebenen Zwischenprüfungen	Anlauf- und Schlussprüfung mit ungenügenden Genauigkeitsprüfungen	Anlauf- und Schlussprüfung mit prozessüberwachten engmaschigen Qualitätsprüfungen der speziell tolerierten Maße bis hin zu Einrichtungen für die 100% Kontrolle dieser Maße
			3D-Messtechnik	3D-Messtechnik höherer Genauigkeitsklasse
Prozess-dokumentation	Vorhanden		Vorhanden mit Chargen-Management	
Teilverpackung	Nach Vereinbarung	Nach Vereinbarung	Dem Teil angepasste spezielle Verpackung	Dem Teil angepasste spezielle Verpackung, ggf. Einzelverpackung in Trays / Lagen / Palettierung
				Je nach Material speziell festgelegte Transport- und Lagerbedingungen