

11.2 Toleranz- und Passungslehre

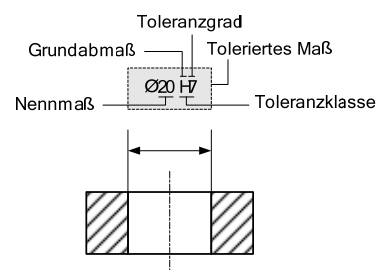
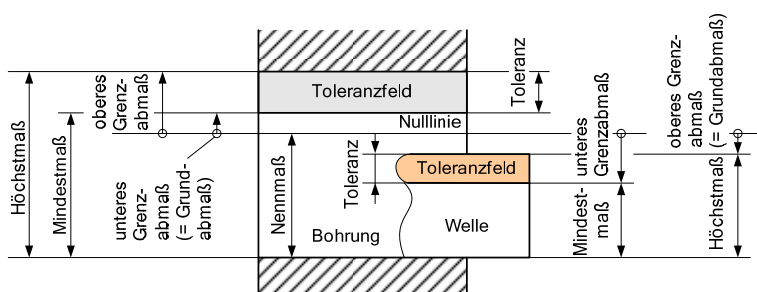
In diesem Kapitel sind Grundlagen zusammengestellt, die für die Tolerierung von Bauteilen wichtig sind. Dabei werden zunächst die verwendeten Begriffe definiert. Anschließend werden die Grundlagen der ISO-Tolerierung erläutert.

Grundlagen

11.2.1 Begriffsdefinitionen

Im Umfeld der Bauteiltolerierung existieren eine Reihe von Begriffen und Definitionen, die zum Verständnis wichtig sind. Die wichtigsten Definitionen sind in den Abb. 1, Abb. 2 und Abb. 3 zusammengestellt.

Wichtige Definitionen der Toleranz- und Passungslehre



Begriff	Erklärung	Begriff	Erklärung
Grenzabmaße Oberes Unteres	Höchstmaß minus Nennmaß Mindestmaß minus Nennmaß	Passung	Beziehung aus der Differenz der Istmaße von Bohrung und Welle vor dem Fügen
Grenzmaße Höchstmaß Mindestmaß	Größtes zugelassenes Werkstückmaß Kleinstes zugelassenes Werkstückmaß	Toleranz	Differenz zwischen Höchst- und Mindestmaß bzw. Differenz zwischen oberem und unterem Abmaß
Grundabmaß	Abstand zwischen Nulllinie und demjenigen Grenzabmaß, das am nächsten bei der Nulllinie liegt	Toleranzfeld	Bei grafischer Darstellung von Toleranzen das Feld zwischen Höchst- und Mindestmaß
Grundtoleranz	Die einem Grundtoleranzgrad, z.B. IT7, und einem Nennmaßbereich, z.B. 30...50, zugeordnete Toleranz	Toleranzgrad	Zahl des Grundtoleranzgrades
Grundtoleranzgrad	Eine Gruppe von Toleranzen, die dem gleichen Genauigkeitsniveau, z.B. IT7, zugeordnet werden	Toleranzklasse	Benennung für eine Kombination eines Grundabmaßes mit einem Toleranzgrad, z.B. H7
Istmaß	Gesamtes Werkstückmaß	Toleriertes Maß	Nennmaß mit Grenzabmaßen, z.B. $30 \pm 0,1$ oder Nennmaß mit Toleranzklasse, z.B. 20 H7
Nennmaß	Maß, auf das sich die Abmaße beziehen		

Abb. 1: Begriffe im Umfeld von Toleranzen [din286-1, tabmet02]

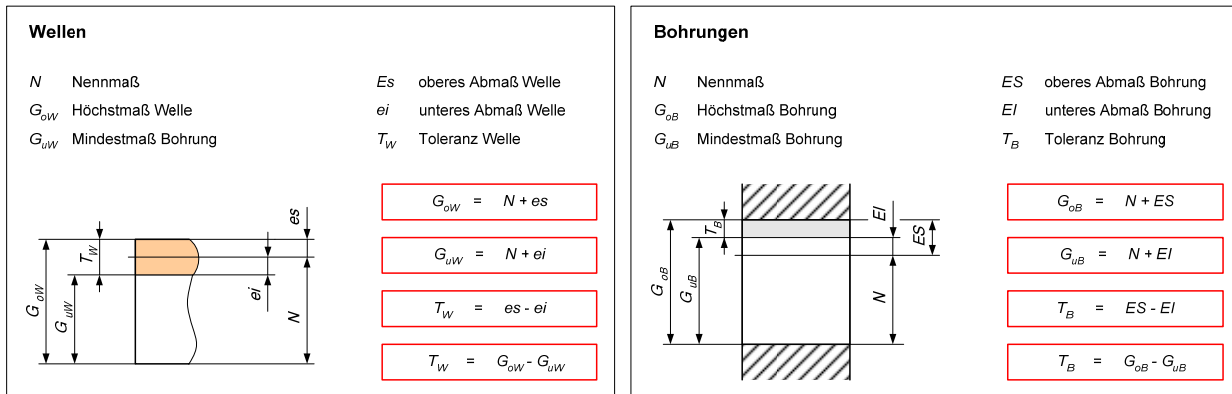


Abb. 2: Definitionen Grenzmaße, Abmaße und Toleranzen [din286-1, tabmet02]

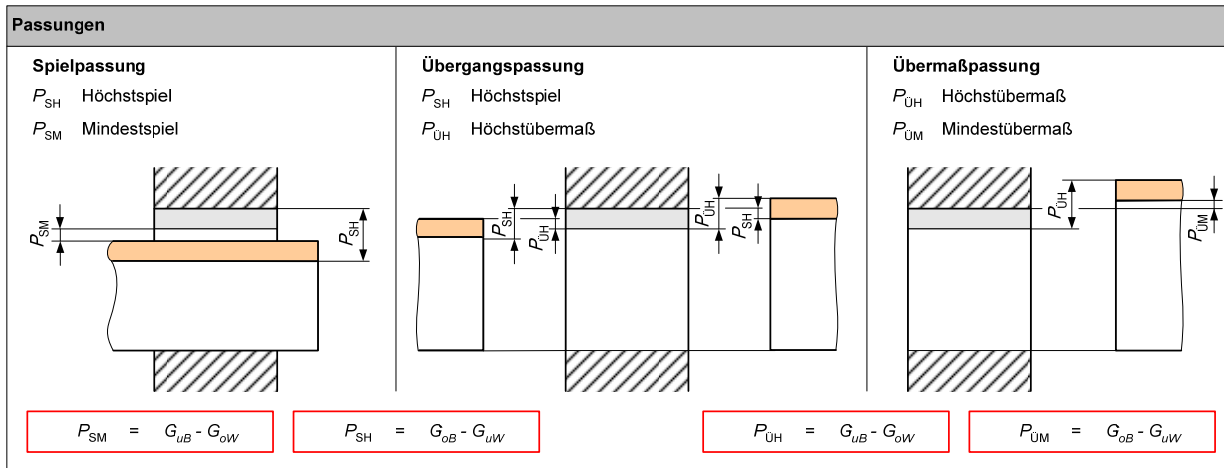


Abb. 3: Passungsarten [din286-1, tabmet02]

11.2.2 Wichtige Toleranznormen für alle Werkstoffe, auch Kunststoffe

11.2.2.1 Das werkstoffunabhängige ISO-Toleranzsystem

Die DIN ISO 286-1 definiert die sogenannten Grundtoleranzgrade [din286-1]. Darunter versteht man die Zuordnung eines Toleranzfeldes zu einem Nennmaßbereich. Die Grundtoleranzgrade werden mit dem Buchstaben IT (ISO-Toleranz) und einer nachfolgenden Zahl bezeichnet, z.B. IT8. Die Zahl definiert die Größe des Toleranzfeldes. Hierbei gilt der Grundsatz: je kleiner die Zahl, desto kleiner das Toleranzfeld. Insgesamt definiert die DIN 18 Grundtoleranzgrade (IT1 bis IT18). Abb. 4 zeigt die vollständige Definition der Grundtoleranzgrade. Durch die Verwendung der Abkürzung IT spricht man häufig von sogenannten ISO-Toleranzen oder von einem ISO-Toleranzsystem.

Die DIN ISO 286 definiert Grundtoleranzgrade

Grundtoleranzen																		
Nennmaßbereich über ... bis mm	Grundtoleranzgrade																	
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
	Grundtoleranzen																	
	µm										mm							
... 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3 ... 6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6 ... 10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10 ... 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18 ... 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30 ... 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50 ... 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80 ... 120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120 ... 180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180 ... 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250 ... 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315 ... 400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400 ... 500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500 ... 630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630 ... 800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800 ... 1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000 ... 1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250 ... 1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600 ... 2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000 ... 2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500 ... 3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Die Grenzabmaße der Toleranzgrade für die Grundabmaße h, js, H und JS können aus den Grundtoleranzen abgeleitet werden:
h: es = 0; ei = -IT **js:** es = + IT/2 **H:** ES = + IT; EI = 0 **JS:** ES = + IT/2; EI = - IT/2

Abb. 4: Grundtoleranzgrade nach DIN ISO 286-1 [din286-1]

Im Gegensatz zu der nachfolgend beschriebenen Norm zum Thema Allgemeintoleranzen ist die DIN ISO 286 werkstoff- und verfahrensunabhängig. Die Anwendung der Norm beschränkt sich lediglich auf Abmaße glatter Werkstücke. Die Grundtoleranzgrade dienen zur Vereinbarung definierter Toleranzfelder. Die Definition der Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen erfolgt im zweiten Teil

Die DIN ISO 286 ist werkstoff- und verfahrensunabhängig

der Norm (DIN ISO 286-2). Welche Grundtoleranzgrade mit welchen Verfahren erreicht werden, richtet sich nach den Verarbeitungsverfahren. Die nachfolgende Abb. 5 zeigt die Zuordnung der IT-Toleranzklassen zu allgemeinen Anwendungsbereichen. Für das Gebiet der um- und urgeformten Kunststoff-Formteile sind die Klassen IT5 bis IT7 mit teilkristallinen Kunststoffen mit einer normalen Fertigung nicht zu erreichen. Gewöhnlicher Spritzguss ohne besonderen Aufwand ermöglicht Toleranzen der Klasse IT10. Mit gesteigertem Aufwand sind auch Abweichungen der Klassen IT9 und IT8 erreichbar.

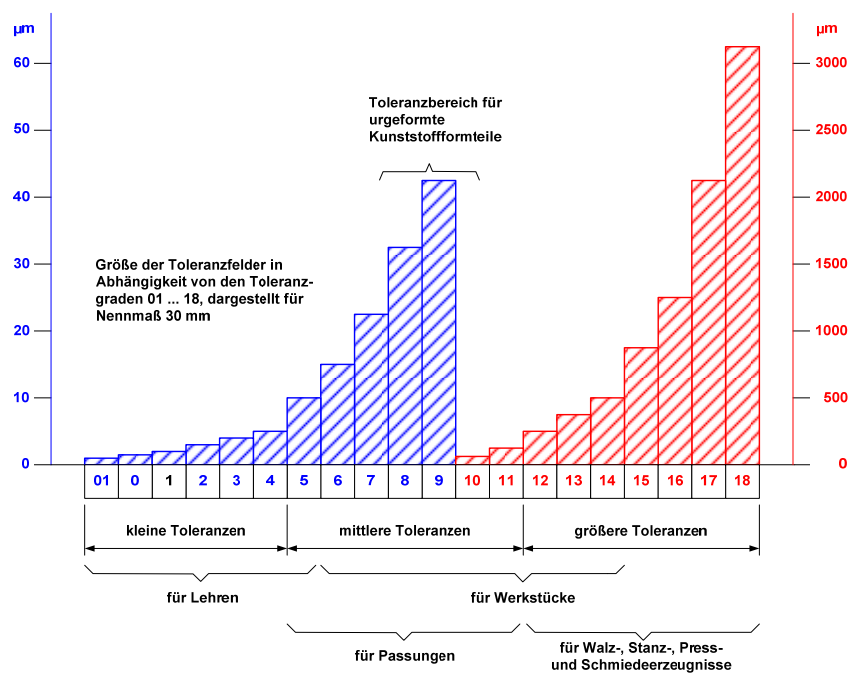


Abb. 5: Zuordnung der Grundtoleranzgrade nach DIN ISO 286-1 zu Anwendungsgebieten in Anlehnung an [starke04]

11.2.2.2 Allgemeintoleranzen für Metallbauteile

Allgemeintoleranzen dienen zur Vereinfachung des Zeichnungsaufwands. Die Tolerierung jedes einzelnen Maßes wird ersetzt durch die Angabe einer relevanten Norm, die in der Regel im Schriftfeld der Zeichnung festgehalten wird. Maße, die zur Funktionserfüllung genauer sein müssen, als dieses die Normen für Allgemeintoleranzen abdecken, werden dann in den Zeichnungen mit individuellen Toleranzen versehen.

Die bekannteste Norm zur Definition von Allgemeintoleranzen ist die DIN ISO 2768 [din2768-1 und din2768-2]. Die DIN ISO 2768 hat die Norm DIN 7168 ersetzt, die aber für Zeichnungen aus dem damaligen Gültigkeitsbereich weiter relevant ist. Sie darf allerdings nicht für Neukonstruktionen verwendet werden. Teil 1 der DIN ISO 2768 beschreibt die Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße (Abb. 6), während Teil 2 die Abweichungen für Form und Lage festlegt (Abb. 7). Der Anwendungsbereich der Norm bezieht sich auf spanend oder durch Umformung gefertigte metallische Bauteile, die aus Halbzeugen hergestellt werden. Sie definiert die Toleranzen als Allgemeintoleranzen, die bei normaler Verarbeitung ohne besonderen Aufwand eingehalten werden können.

Bei der Erstellung der DIN ISO 2768 wurden die gewöhnlich erreichbaren Toleranzen der Herstellverfahren im Metallbereich ausgewertet. Deshalb darf die Norm nicht auf urgeformte Metall- und Kunststoffprodukte angewendet werden. Im Metallgussbereich existiert z.B. die ISO 8062. Für urgeformte Kunststoffteile definiert die DIN 16742 die Allgemeintoleranzen. Diese Norm wird im nächsten Kapitel einzeln vorgestellt und diskutiert. Die DIN ISO 2768 darf – laut Verwendungszweck – auch auf nicht-metallische Werkstoffe angewendet werden. Dieses ist allerdings nach Einschätzung des Autors bei Kunststoff nur bei spanend hergestellten Bauteilen sinnvoll, da hier die gleichen oder ähnliche Maschinen eingesetzt werden, die überwiegend toleranzbestimmend sind. Bei Umformprozessen, wie z.B. dem Thermoformen, ist eine Anwendung der Norm nicht möglich, da hier größere Allgemeintoleranzen erforderlich sind. Die nachfolgende Abb. 6 zeigt die Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße, Abb. 7 die Werte für Form- und Lagetoleranzen.

Allgemeintoleranzen reduzieren den Zeichnungsaufwand

DIN ISO 2768 definiert Allgemeintoleranzen für spanend oder durch Umformung hergestellte Metallbauteile

Übertragung der DIN ISO 2768 auf nicht-metallische Werkstoffe ist eingeschränkt möglich

Toleranzklasse	Längenmaße							
	Grenzabmaße in mm für Nennmaßbereiche							
	0,5 bis 3	über 3 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
f (fein)	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m (mittel)	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c (grob)	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v (sehr grob)	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8
Toleranzklasse	Rundungshalbmesser und Fasen			Winkelmaße				
	Grenzabmaße in mm für Nennmaßbereiche			Grenzabmaße in Grad und Minuten für Nennmaßbereiche (kürzerer Winkelschenkel)				
	0,5 bis 3	über 3 bis 6	über 6	bis 10	über 10 bis 50	über 50 bis 120	über 120 bis 400	über 400
f (fein)	± 0,2	± 0,5	± 1	± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'	± 0° 10'	± 0° 5'
m (mittel)				± 1° 30'	± 1°	± 0° 30'	± 0° 15'	± 0° 10'
c (grob)	± 0,4	± 1	± 2	± 3°	± 2°	± 1°	± 0° 30'	± 0° 20'
v (sehr grob)								

Abb. 6: Allgemeintoleranzen für Längen- und Winkelmaße ohne einzelne Toleranzeintragung nach DIN ISO 2768-1 [din2768-1]

Allgemeintoleranzen für Form und Lage															
Toleranz- klasse	Toleranzen in mm für														
	Geradheit und Ebenheit						Rechtwinkligkeit				Symmetrie				Lauf
	Nennmaßbereich in mm						Nennmaßbereich in mm (kürzerer Winkelschenkel)				Nennmaßbereich in mm (kürzeres Formelement)				
	bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000	bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000	bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000	
H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5				0,1
K	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	0,4	0,6	0,8	1	0,6		0,8	1	0,2
L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6	0,6	1	1,5	2	0,6	1	1,5	1	0,5

Abb. 7: Allgemeintoleranzen für Form und Lage ohne einzelne Toleranzeintragung nach DIN ISO 2768-2

**Nichteinhaltung der
Allgemeintoleranzen bedingt
kein zwangsläufiges
Zurückweisungsrecht**

Die Nichteinhaltung der Allgemeintoleranzen führt nicht automatisch zu einem Zurückweisungsrecht der gelieferten Produkte. Dieses ist nur gegeben, wenn durch die Nichteinhaltung der Allgemeintoleranzen die Funktion beeinträchtigt ist [din2768-1].