

DIN ISO 20457



ICS 83.140.01

Ersatz für
DIN ISO 20457:2020-03**Kunststoff-Formteile –
Toleranzen und Abnahmebedingungen (ISO 20457:2018);
Text Deutsch und Englisch**

Plastics moulded parts –
Tolerances and acceptance conditions (ISO 20457:2018);
Text in German and English

Moulages plastiques –
Tolérances et conditions de réception (ISO 20457:2018);
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 74 Seiten

DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Beispiel für die Angabe von Allgemeintoleranzen und direkten (individuellen) Toleranzen	6
Nationaler Anhang NB (informativ) Literaturhinweise	7
Vorwort	9
Einleitung	10
1 Anwendungsbereich	12
2 Normative Verweisungen	12
3 Begriffe	12
4 Symbole und Abkürzungen	13
4.1 Allgemeines	13
4.2 Symbole	13
4.3 Abkürzungen	14
5 Tolerierung von Kunststoff-Formteilen	14
5.1 Allgemeines	14
5.2 Ziel	15
5.3 Allgemeintoleranzen	16
5.4 Direkte Tolerierung (individuelle Tolerierung)	16
5.5 Tolerierung von Entformungsschrägen	17
5.6 Bemaßung, Tolerierung und Messung von Radien	17
5.7 Spezifikation von Freiformflächen	17
6 Formmasseeigenschaften	17
6.1 Allgemeines	17
6.2 Verarbeitungsschwindung und Schwindungsanisotropie	17
6.3 Formstoffsteifigkeit bzw. -härte	19
7 Dimensionelle und geometrische Tolerierung	19
7.1 Dimensionelle Tolerierung	19
7.1.1 Toleranzgruppen für Größenmaßelemente	19
7.1.2 Bestimmung der Toleranzgruppe	23
7.2 Geometrische Tolerierung	26
7.3 Trenngrat/Werkzeugversatz	29
7.4 Tolerierung von Winkelmaßen	30
8 Abnahmebedingungen der Formteilmfertigung (ABF)	30
Anhang A (informativ) Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile	31
A.1 Maßgrößen und Maßbeziehungen	31
A.2 Anwendungsbedingungen	31
A.3 Verarbeitungsbedingte Maßverschiebung ΔL_V	32
Anhang B (informativ) Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe	33
Anhang C (informativ) Bewertung des Fertigungsaufwandes	35
Anhang D (informativ) Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit	38
Anhang E (informativ) Hauptursachen für Maß-, Form- und Ortsabweichungen bei der Formteilmfertigung	39
Anhang F (informativ) Beispiel zur Ermittlung des D_p -Maßes zur Anwendung der Tabelle 9	40
Anhang G (informativ) Geeignete Abnahmebedingungen	41
Literaturhinweise	42

Bilder

Bild NA.1 — Beispiel für die Angabe von Allgemeintoleranzen und direkten (individuellen) Toleranzen	6
Bild 1 — Bestimmung von Toleranzen für Kunststoff-Formteile	16
Bild 2 — Werkzeuggebundene Maße	20
Bild 3 — Nicht werkzeuggebundene Maße	20
Bild 4 — Vorgehensweise bei der Bestimmung der Toleranzgruppe TG	24
Bild 5 — Trenngrat/Werkzeugversatz	30
Bild A.1 — Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile	31
Bild F.1 — Beispielhafte Skizze zur Ermittlung des D_p -Maßes	40

Tabellen

Tabelle 1 — Toleranzgruppen (TG) mit zugeordneten ISO-Grundtoleranzgraden (IT) nach ISO 286-1	19
Tabelle 2 — Kunststoff-Formteiltoleranzen als symmetrische Grenzabmaße für Größenmaßelemente	21
Tabelle 3 — Punktezuordnung der Toleranzgruppe	23
Tabelle 4 — Bewertungsmatrizen 1	24
Tabelle 5 — Bewertungsmatrizen 2	25
Tabelle 6 — Bewertungsmatrizen 3	25
Tabelle 7 — Bewertungsmatrizen 4	25
Tabelle 8 — Bewertung des Fertigungsaufwandes	26
Tabelle 9 — Kunststoff-Formteiltoleranzen für Positionstoleranzen	28
Tabelle 10 — Allgemeintoleranzen für Flächenprofiltoleranzen	29
Tabelle B.1 — Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindigkeit nicht poröser Kunststoffe	33
Tabelle C.1 — Unterscheidungsmöglichkeiten bzw. erforderlicher Aufwand	35

Nationales Vorwort

Dieses Dokument ist die Übernahme der Internationalen Norm ISO 20457:2018, die vom Technischen Komitee ISO/TC 61 „Plastics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet wurde, dessen Sekretariat von SAC (China) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 054-05-13 AA „Toleranzen für Kunststoff-Formteile“ im DIN-Normenausschuss Kunststoffe (FNK).

Für die in diesem Dokument zitierten internationalen Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1	siehe	DIN EN ISO 1
ISO 48	siehe	DIN ISO 48
ISO 286-1	siehe	DIN EN ISO 286-1
ISO 286-2	siehe	DIN EN ISO 286-2
ISO 291:2008	siehe	DIN EN ISO 291:2008-08
ISO 294-4	siehe	DIN EN ISO 294-4
ISO 527 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 527 (alle Teile)
ISO 868:2003	siehe	DIN EN ISO 868:2003-10
ISO 1043 (all parts)	siehe	DIN EN ISO 1043 (alle Teile)
ISO 1101	siehe	DIN EN ISO 1101
ISO 1660	siehe	DIN EN ISO 1660
ISO 5458	siehe	DIN EN ISO 5458
ISO 5459	siehe	DIN EN ISO 5459
ISO 8015	siehe	DIN EN ISO 8015
ISO 8062-1	siehe	DIN EN ISO 8062-1
ISO 10135	siehe	DIN EN ISO 10135
ISO 10579	siehe	DIN EN ISO 10579
ISO 14253-1	siehe	DIN EN ISO 14253-1
ISO 14405-1	siehe	DIN EN ISO 14405-1
ISO 14405-2	siehe	DIN EN ISO 14405-2
ISO 14406	siehe	DIN EN ISO 14406
ISO 14638	siehe	DIN EN ISO 14638
ISO 17450-1:2011	siehe	DIN EN ISO 17450-1:2012-04
ISO 17450-2	siehe	DIN EN ISO 17450-2
ISO 17450-3	siehe	DIN EN ISO 17450-3
ISO 18064	siehe	DIN EN ISO 18064

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Änderungen

Gegenüber DIN 16742:2013-10 und DIN 16742 Berichtigung 1:2014-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) aufgrund der Veröffentlichung von ISO 20457:2018 wurde DIN 16742 überarbeitet und als DIN ISO 20457 übernommen.

Gegenüber DIN ISO 20457:2020-03 wurden folgende Korrekturen vorgenommen:

- a) Bild NA.1 im Nationalen Anhang NA aktualisiert;
- b) Nationale Fußnote N2) hinzugefügt als zusätzliche Erläuterung zum entfallenen Hinweis zur Tolerierung ISO 8015 der Vorgängernorm.

Frühere Ausgaben

DIN 7710: 1941-08, 1943-09, 1951-03
DIN 7710-1: 1959-05, 1965-04, 1974-01
DIN 7710-2: 1959-05, 1966-12, 1974-01
DIN 16901: 1973-07, 1982-11
DIN 16742: 2013-10
DIN 16742 Berichtigung 1: 2014-02
DIN ISO 20457: 2020-03

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Beispiel für die Angabe von Allgemeintoleranzen und direkten
(individuellen) Toleranzen

Ziel einer Allgemeintoleranznorm ist es, die Geometrie in Ergänzung zu den direkten Toleranzen vollständig zu beschreiben. Daher wirkt z. B. die Toleranz „Flächenprofil“ aus DIN 16742 auf die gesamte Oberfläche. In der praktischen Anwendung führt die nicht geregelte Verifikationspflicht teilweise zu unverhältnismäßig hohen Messaufwendungen. Aus diesem Grund wurde in ISO 20457 bei der Toleranz „Flächenprofil“ festgelegt, dass die Flächen gekennzeichnet werden müssen. Bild NA.1 zeigt ein bewährtes Verfahren (Best Practice) für die Kennzeichnung. Somit ist sichergestellt, dass die gesamte Oberfläche toleriert ist und nur ein bestimmter Teil gemessen werden muss.

<i>optional für nicht - formstabile Teile</i>	ISO 10579-NR																				
	Einschränkende Zusatzbedingung:																				
<i>erforderlich</i>	DIN ISO 20457: Bezugssystem: <table border="1"><tr><td>A</td><td>B</td><td>C</td></tr></table>	A	B	C																	
A	B	C																			
	Verifikationspflichtige Flächen mit Allgemeintoleranz: 																				
	Nicht verifikationspflichtige Flächen mit Allgemeintoleranz: alle nicht direkt (individuell) tolerierten Flächen																				
<i>erforderlich</i>	<table border="1"><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Allgemeintoleranz DIN ISO 20457: JJJJ - TG?</td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3" rowspan="2"></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>									Allgemeintoleranz DIN ISO 20457: JJJJ - TG?											
	Allgemeintoleranz DIN ISO 20457: JJJJ - TG?																				

Bild NA.1 — Beispiel für die Angabe von Allgemeintoleranzen und direkten (individuellen) Toleranzen

Nationaler Anhang NB (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Standardreferenztemperatur für die Geometrische Produktspezifikation und -prüfung*

DIN EN ISO 286-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 1: Grundlagen für Toleranzen, Abmaße und Passungen*

DIN EN ISO 286-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — ISO-Toleranzsystem für Längenmaße — Teil 2: Tabellen der Grundtoleranzgrade und Grenzabmaße für Bohrungen und Wellen*

DIN EN ISO 291:2008-08, *Kunststoffe — Normalklimate für Konditionierung und Prüfung (ISO 291:2008); Deutsche Fassung EN ISO 291:2008*

DIN EN ISO 294-4, *Kunststoffe — Spritzgießen von Probekörpern aus Thermoplasten — Teil 4: Bestimmung der Verarbeitungsschwindung*

DIN EN ISO 527 (alle Teile), *Kunststoffe — Bestimmung der Zugeigenschaften*

DIN EN ISO 868:2003-10, *Kunststoffe und Hartgummi — Bestimmung der Eindruckhärte mit einem Durometer (Shore-Härte) (ISO 868:2003); Deutsche Fassung EN ISO 868:2003*

DIN EN ISO 1043 (alle Teile), *Kunststoffe — Kennbuchstaben und Kurzzeichen*

DIN EN ISO 1101, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Tolerierung von Form, Richtung, Ort und Lauf*

DIN EN ISO 1660, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Profiltolerierung*

DIN EN ISO 5458, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Geometrische Tolerierung — Elementgruppen und kombinierte geometrische Spezifikation*

DIN EN ISO 5459, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Bezüge und Bezugssysteme*

DIN EN ISO 8015, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Konzepte, Prinzipien und Regeln*

DIN EN ISO 8062-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Maß-, Form- und Lagetoleranzen für Formteile — Teil 1: Begriffe*

DIN EN ISO 10135, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Zeichnungsangaben für Formteile in der technischen Produktdokumentation (TPD)*

DIN EN ISO 10579, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Bemaßung und Tolerierung — Nicht-formstabile Teile*

DIN EN ISO 14253-1, *Geometrische Produktspezifikationen (GPS) — Prüfung von Werkstücken und Messgeräten durch Messen — Teil 1: Entscheidungsregeln für den Nachweis von Konformität oder Nichtkonformität mit Spezifikationen*

DIN EN ISO 14405-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Dimensionelle Tolerierung — Teil 1: Lineare Größenmaße*

DIN EN ISO 14405-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Dimensionelle Tolerierung — Teil 2: Andere als lineare oder Winkelgrößenmaße*

DIN EN ISO 14406, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Erfassung*

DIN EN ISO 14638, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Matrix-Modell*

DIN EN ISO 17450-1:2012-04, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Teil 1: Modell für die geometrische Spezifikation und Prüfung (ISO 17450-1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 17450-1:2011*

DIN EN ISO 17450-2, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Teil 2: Grundsätze, Spezifikationen, Operatoren, Unsicherheiten und Mehrdeutigkeiten*

DIN EN ISO 17450-3, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Grundlagen — Teil 3: Tolerierte Geometrieelemente*

DIN EN ISO 18064, *Thermoplastische Elastomere — Nomenklatur und Kurzzeichen*

DIN ISO 48, *Elastomere oder thermoplastische Elastomere — Bestimmung der Härte (Härte zwischen 10 IRHD und 100 IRHD)*

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Themen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 61, *Plastics*, erarbeitet.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Im Vergleich zu Metallwerkstoffen wird bei der Fertigung von Formteilen mit deutlich größeren Maß-, Form- und Lageabweichungen gerechnet. Aufgrund besonderer Eigenschaften, wie große Verformbarkeit und geringe Steifigkeit, sind die funktionalen Genauigkeitsanforderungen für Kunststoffe weitaus geringer als bei Metallen, um Formteile mit der geforderten Maßhaltigkeit wirtschaftlich herzustellen.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften sowie die Materialmodifizierungsmöglichkeiten von Kunststoffen unterscheiden sich sehr weitgehend von denen von Metallen. Die maßhaltigkeitsrelevanten Eigenschaften der Kunststoffe erfordern bei der Formteilanwendung und bei der Verarbeitung durch Urformverfahren (Spritzgießen, Pressen, Rotationsformen) eine andere Bewertung und Quantifizierung geometrischer Toleranzen im Vergleich zu Metallwerkstoffen. Die für Metallteile gültigen Toleranznormen können daher für Kunststoffkonstruktionen nicht übernommen oder nur sehr eingeschränkt angewendet werden, was zur Erarbeitung des vorliegenden Dokuments führte.

Die speziellen Eigenschaften von Kunststoffen bedingen, dass drei unterschiedliche Maßbezugsebenen, die in Anhang A definiert und bezüglich der Haupteinflussfaktoren charakterisiert sind, berücksichtigt werden müssen.

Im Folgenden wird die bevorzugte Reihenfolge der Schritte beschrieben, um eine effektive Zusammenarbeit bei der Konstruktion und Entwicklung von Formteilen sicherzustellen:

- a) Der Formteilekonstrukteur legt die funktional erforderlichen Toleranzen basierend auf den Anwendungsanforderungen, einschließlich der Teilefunktionalität, der Einsatzumgebung und den Montageanforderungen fest.
- b) Der Formteilhersteller bestätigt, dass die funktional erforderliche Toleranz größer oder gleich der fertigungstechnisch möglichen Toleranz der anzuwendenden Fertigungstechnologie ist. Dies ist notwendig, um nicht praxisgerechte Toleranzen zu vermeiden, die nicht ohne negative wirtschaftliche oder produktive Auswirkungen erreicht werden können. Die funktional erforderlichen Toleranzen sollten immer in den Konstruktionsunterlagen definiert werden.
- c) Die funktional erforderlichen Toleranzen sollten immer in der Konstruktionsdokumentation definiert werden, um damit die Grundlage für die Festlegung der Verarbeitungsschwindigkeit zu legen. Dies ist notwendig, um Situationen zu vermeiden, in denen die funktional erforderlichen Toleranzen entweder gar nicht oder nicht ohne unverhältnismäßigen Ausschuss und unverhältnismäßigen Kosten eingehalten werden können. Nach Auftragserteilung sollten die berechneten Werte bezüglich der Verarbeitungsschwindigkeit zwischen Formteilhersteller und Werkzeugbauer oder Werkzeugkonstrukteur, sofern erforderlich, in Absprache mit dem Werkstofflieferanten, vereinbart werden.

Die Maßhaltigkeit des Formteils wird hauptsächlich durch den festgelegten Werkstoff, die Formteilkonstruktion und die Werkzeugausführung sowie die Verarbeitungsbedingungen beeinflusst.

Zusätzlich zu den Faktoren, die die Maßhaltigkeit beeinflussen, gibt es weitere Faktoren, die Einfluss auf die Maße, die Integrität des Formteils und die mechanischen Eigenschaften haben. Dazu gehören anisotropes Verhalten, Verzug und Verwindung aufgrund von ungleichmäßiger Wanddicke und den daraus resultierenden ungleichmäßigen Abkühlgeschwindigkeiten und Füllprofile. Diese Faktoren und die grundlegende Komplexität von Polymersystemen machen die Standardisierung schwieriger im Vergleich zu herkömmlichen Materialien wie z. B. Metallen.

Wegen der unvermeidbaren verfahrensbedingten Faktoren muss dadurch beim Formteil mit Abweichungen gerechnet werden. Die Vorgehensweise, wie bei Abweichungen zu verfahren ist, hängt von der Funktion des Formteils ab und ist vertraglich zu vereinbaren:

- Abweichung durch gestalterische Maßnahmen eliminieren (Versteifungsrippen, optimierte Wanddicke, optimierte Füllprofile usw.);

- Abweichung durch festgelegte Vorhaltung im Werkzeug korrigieren, d. h. verlängerte Kühlzyklen;
- Akzeptanz von Nichtkonformität.

Für die Akzeptanz von Nichtkonformität ist eine angemessene Dokumentation erforderlich, dazu gehören Zeichnungsberichtigungen, Fertigungsabweichungsdokumentationen oder aktualisierte Referenzteile.

ANMERKUNG 1 Verfahrensbedingte Abweichungen können sowohl durch günstigere Gestaltung des Formteils als auch durch Optimierung des Verarbeitungsprozesses reduziert werden.

ANMERKUNG 2 Die klassische Toleranzkettenrechnung setzt starre Körper voraus und ist aus diesem Grund für Kunststoffteile überwiegend ungeeignet.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt mögliche Fertigungstoleranzen für Kunststoff-Formteile fest.

Dieses Dokument legt alle integralen Geometrieelemente mit Allgemeintoleranzen und Flächenprofil-toleranzen innerhalb eines festgelegten Bezugssystems fest. Es ermöglicht im Falle funktionaler Notwen-digkeiten und Anforderungen für zusätzliche Vorgaben, die ISO-GPS-Werkzeuge für die dimensionelle und geometrische Tolerierung zu nutzen.

Dieses Dokument behandelt das Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen, Formpressen und Rotationsformen von nicht porösen Formteilen aus Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren und Duroplasten. Dieses Dokument ist auch für andere Kunststoffverarbeitungsverfahren anwendbar, wenn dies zwischen den Ver-tragspartnern vereinbart wurde.

Oberflächenunvollkommenheiten von Formteilen, wie z. B. Einfallstellen, unerwünschte Fließstrukturen und Rauheiten sowie Bindenähte, werden in diesem Dokument nicht behandelt.

Dieses Dokument soll die in Produktnormen enthaltenen Anforderungen an Toleranzen nicht ersetzen, ergän-zen oder in irgendeiner Weise beeinträchtigen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 286-1, *Geometrical product specifications (GPS) — ISO code system for tolerances on linear sizes — Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits*

ISO 286-2, *Geometrical product specifications (GPS) — ISO code system for tolerances on linear sizes — Part 2: Tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts*

ISO 291:2008, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing*

ISO 294-4, *Plastics — Injection moulding of test specimens of thermoplastic materials — Part 4: Determination of moulding shrinkage*

ISO 2577, *Plastics — Thermosetting moulding materials — Determination of shrinkage*

ISO 8015, *Geometrical product specifications (GPS) — Fundamentals — Concepts, principles and rules*

ISO 10135, *Geometrical product specifications (GPS) — Drawing indications for moulded parts in technical product documentation (TPD)*

ISO 14405-1, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 1: Linear sizes*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 8015 und die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Konstruktionsdokumentation

zur vollständigen konstruktiven Beschreibung von Teilen, Baugruppen oder Maschinen und Geräten notwendige Unterlagen und Daten

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies sind zunächst 3D-Datensätze und Zeichnungen sowie Stücklisten. Unter Umständen werden diese durch Mess- und Prüfvorschriften ergänzt. 3D-Datensätze oder Zeichnungen allein beschreiben nur in seltenen Ausnahmefällen Kunststoff-Formteile vollständig.

Anmerkung 2 zum Begriff: Weitere Informationen siehe ISO 17450-1, ISO 17450-2 und ISO 17450-3.

3.2

Größenmaß

Maßparameter, betrachtet als Variable für ein Größenmaßelement, der für ein Nenngeometrieelement oder ein assoziiertes Geometrieelement festgelegt sein kann

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument ist das Größenmaß linear, z. B. der Durchmesser eines Zylinders oder der Abstand zwischen zwei parallelen gegenüberliegenden Ebenen, zwei gegenüberliegenden Geraden und zwei konzentrischen Kreisen. In Abhängigkeit von der Art des linearen Größenmaßelements sind die Begriffe „Durchmesser“, „Breite“ und „Dicke“ Synonyme für das Größenmaß.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein Größenmaß ist ein Winkelgrößenmaß (z. B. der Winkel eines Kegels) oder ein lineares Größenmaß (z. B. der Durchmesser eines Zylinders). Dieses Dokument behandelt ausschließlich lineare Größenmaße.

Anmerkung 3 zum Begriff: Für weitere Informationen zu linearen Größenmaßen siehe ISO 17450.

[QUELLE: ISO 17450-1:2011, 3.4, modifiziert – Verweisung auf ISO 14405 wurde ersetzt durch „dieses Dokument“ und Anmerkung 3 zum Begriff wurde ergänzt.]

3.3

Allgemeintoleranz

Toleranz für geometrische Elemente, die als Vorgabewert (en: default) verwendet wird, wenn das Element keine direkte Toleranz (individuelle Toleranz) hat

4 Symbole und Abkürzungen

4.1 Allgemeines

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Symbole und Abkürzungen nach ISO 1043, ISO 18064 sowie die folgenden Symbole und Abkürzungen.

4.2 Symbole

C	Toleranzmittenmaß
C_A	Toleranzmittenmaß für Formteilanwendung
C_F	Toleranzmittenmaß für Formteilmontage
C_W	Toleranzmittenmaß für Werkzeugkonturfertigung
D_P	weiteste Entfernung im Raum zwischen dem zu tolerierenden Element und dem Ursprung des für diese Positionstolerierung verwendeten Bezugssystems
L_F	Formteilmaß
L_W	Werkzeugkonturmaß
N_F	Nennmaß für Formteilzeichnungen

P_g	Gesamtpunktzahl
P_i	Punktbewertung der Einzeleinflüsse
T	Toleranz
t	Form- und Lagetoleranz
T_A	Formteilanwendungstoleranz
T_F	Formteilmfertigungstoleranz
T_W	Werkzeugkonturfertigungstoleranz
VS	Verarbeitungsschwindigkeit
$VS_{\perp}$	Verarbeitungsschwindigkeit quer zur Schmelzefließrichtung
$VS_{\parallel}$	Verarbeitungsschwindigkeit parallel zur Schmelzefließrichtung
$VS_{\max}$	höchste Verarbeitungsschwindigkeit
$VS_{\min}$	geringste Verarbeitungsschwindigkeit
VS_R	mittlerer Rechenwert der Verarbeitungsschwindigkeit
ΔL	Maßverschiebung
ΔL_A	anwendungsbedingte Maßverschiebung
ΔL_V	verarbeitungsbedingte Maßverschiebung
ΔS	Streuung der Verarbeitungsschwindigkeit
ΔVS	Differenz aus $VS_{\perp}$ und $VS_{\parallel}$

4.3 Abkürzungen

ABF	Abnahmebedingungen der Formteilmfertigung
ABW	Abnahmebedingungen der Werkzeugfertigung
GA	höchstzulässige Abweichung
IRHD	Grad der Internationalen Gummihärte (en: International Rubber Hardness Degree)
IT	Grundtoleranz
NW	nicht werkzeuggebundene Maße
TG	Toleranzgrad
W	werkzeuggebundene Maße

5 Tolerierung von Kunststoff-Formteilen

5.1 Allgemeines

Bei Anwendung des vorliegenden Dokuments gilt der Grundsatz der Unabhängigkeit (Unabhängigkeitsprinzip) nach ISO 8015.

Bei Abweichung von diesem Standard-Spezifikationsoperator für Größenmaße ist dies in der Zeichnung im oder neben dem Schriftfeld nach ISO 14405-1 anzugeben, z. B. „Lineares Größenmaß ISO 14405 $\textcircled{\text{E}}$ “, für die Anwendung der Hüllbedingung.

Formteilzeichnungen bzw. CAD-Datensätze entsprechen der Nenngeometrie. Die Toleranzen sind symmetrisch zur Nenngeometrie.

Die Vorgehensweise bei der Verifikation von Toleranzen muss eindeutig festgelegt und Bestandteil des Vertrages sein. Es wird empfohlen, den Erstmusterprüfbericht ISIR (en: Initial Sample Inspection Report) von den Berichten zur laufenden Produktion (Requalifikation) zu trennen. Dabei dürfen die individuellen Toleranzen und die Allgemeintoleranzen oder festgelegte Funktionsprüfungen (z. B. auf Dichtheit, Durchschlagfestigkeit) ein- oder ausgeschlossen werden. Falls im Vertrag nichts anderes angegeben ist, sind nur die individuell angezeigten Toleranzen Gegenstand der Verifikation.

Sofern nichts anderes festgelegt oder vereinbart ist, müssen Kunststoff-Formteile, bei denen die Allgemeintoleranzen nicht eingehalten werden, nicht automatisch zurückgewiesen werden, wenn die Funktionalität des Formteils davon nicht beeinträchtigt ist.

Bestimmte Teile können sich bei der Entnahme aus ihrer Fertigungsumgebung aufgrund ihres Gewichts, ihrer Biegsamkeit oder der Freisetzung von fertigungsbedingten internen Spannungen so verformen, dass sie in signifikantem Maße von den für sie festgelegten Grenzwerten abweichen.

Es müssen funktional sinnvolle Bezüge mit ausreichender Formsteifigkeit festgelegt werden.

Im Falle von nicht-formstabilen Teilen ist das Messkonzept von besonderer Bedeutung (Funktionsausrichtung, Bezugssystem und Überbestimmung, Gravitationseinfluss, Vorspannung usw.). Siehe auch ISO 10579.

Für die Ausrichtung des Formteils müssen anstelle von Bezugsgeometrieelementen (wie z. B. ganzen Ebenen) Bezugsstellen oder kleine Bezugsbereiche verwendet werden.

ANMERKUNG Das Bezugssystem gibt die Ausrichtung des Formteils in der Baugruppe wieder. Es ist wichtig, dass das Bezugssystem reproduzierbar ist.

Werden Teile aus unterschiedlichen Materialien hergestellt (z. B. Mehrkomponententeile) oder wenn Baugruppen mit Teilen aus verschiedenen Materialien verwendet werden, so muss für jedes verwendete Material eine eigene Toleranzgruppe festgelegt werden.^{N1)}

Das Normklima für den Kunststoffbereich ist mit $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und einer relativen Luftfeuchte von $50\% \pm 10\%$ in ISO 291 festgelegt.^{N2)}

5.2 Ziel

Dieses Dokument hat zwei Ziele. Das eine Ziel ist, dem Formteilkonstrukteur einen Leitfaden für herstellbare Toleranzen an die Hand zu geben. Das andere Ziel ist, eine Norm sowohl für Allgemeintoleranzen, für alle Geometrieelemente als auch für direkte (individuelle) Toleranzen zu bieten.

Bild 1 zeigt einen Überblick über die Ziele und über das System der Toleranzen.

N1) Nationale Fußnote: Bei materialübergreifenden Größenmaßen ist das ungenauere Material Grundlage der Toleranzfestlegung. Dieser Satz fehlt unverständlicherweise in der ISO-Norm.

N2) Nationale Fußnote: Der in DIN 16742:2013-10 enthaltene Satz „Im Schriftfeld ist der Hinweis Tolerierung ISO 8015 $\textcircled{\text{AD}}$ – DIN EN ISO 291:2008-08 anzugeben“ ist in ISO 20457:2018 entfallen. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Referenztemperatur von 23 °C nach ISO 291 von der Referenztemperatur von 20 °C nach ISO 8015 bzw. ISO 1 abweicht. Daher ist die entsprechende Quelle anzugeben, d. h. DIN EN ISO 291:2008-08.

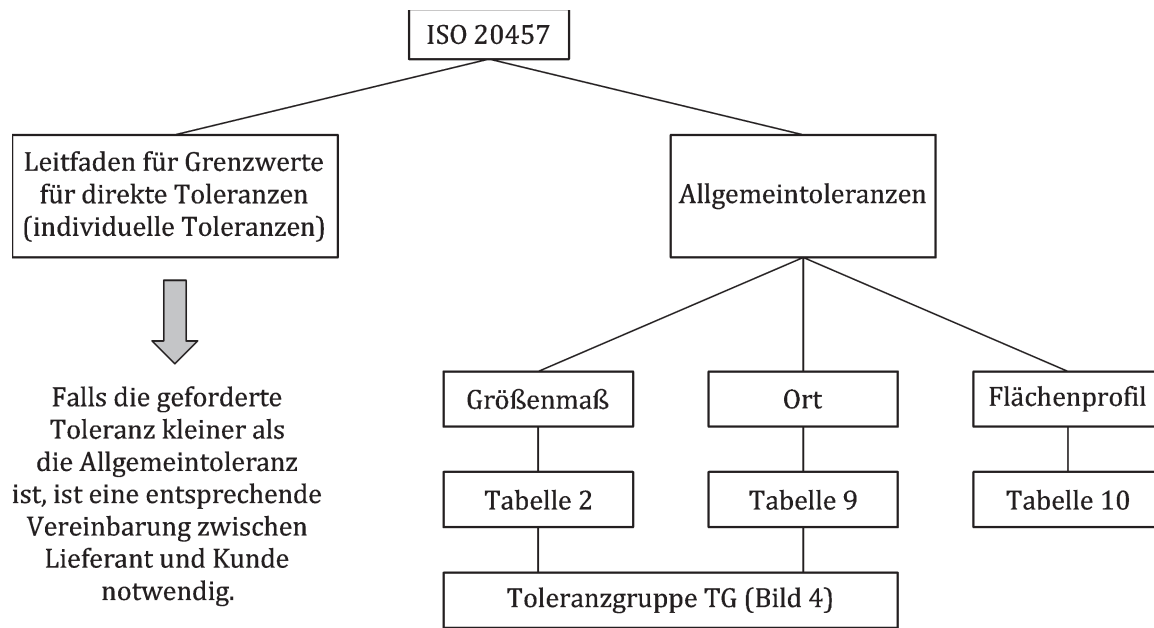


Bild 1 — Bestimmung von Toleranzen für Kunststoff-Formteile^{N3)}

Toleranzen von Geometrieelementen mit funktionalen Anforderungen müssen direkt festgelegt werden. Allgemeintoleranzen gelten für nichtfunktionale Geometrieelemente (wie z. B. Flächenprofil, Linienprofil) und können so groß wie in der Praxis möglich sein.

5.3 Allgemeintoleranzen

Für Allgemeintoleranzen gilt immer die Reihe 1 (Normalfertigung) nach Tabelle 8. Allgemeintoleranzen müssen im oder nahe am Schriftfeld der Zeichnung eingetragen werden.

BEISPIEL Allgemeintoleranzen ISO 20457:JJJJ – TG6.

Allgemeintoleranzen für Größenmaße gelten nur für in der Zeichnung explizit gezeichnete Maße, die ohne direkte Toleranzen (individuelle Toleranzen) dargestellt werden. Allgemeintoleranzen für Positionen gelten nur für bemaßte Größenmaßelemente in Verbindung mit dem Hauptbezugssystem.

Flächenprofiltoleranzen einer Oberfläche sind als Allgemeintoleranzen anzuwenden, in der Zeichnung zu spezifizieren, wobei alle 6 Freiheitsgrade einzuschränken sind.

Allgemeintoleranzen für lineare Größenmaßelemente gelten nur für explizit in die Zeichnung eingetragene Nennmaße.

5.4 Direkte Tolerierung (individuelle Tolerierung)

Toleranzen (dimensionell oder geometrisch) für funktionale Geometrieelemente/Maße müssen direkt (individuell) festgelegt werden.

Die dimensionelle Toleranz muss für Formteile mit funktional begründet hohen Anforderungen an die Maßhaltigkeit direkt angegeben werden. Dabei ist hinsichtlich der Maßbegrenzungslinien oder -punkte zu beachten, dass es sich um Prüfmaße (Kontrollmaße, Abnahmemasse) handelt. Aus wirtschaftlichen Gründen muss

N3) Nationale Fußnote: Normal- und Genaufertigung kann auch bei direkt tolerierten Maßen ohne Abstimmung gefordert werden.

die Anzahl an direkt (individuell) tolerierten funktionalen Geometrieelementen/Mäßen je Formteil möglichst gering gehalten werden.

5.5 Tolerierung von Entformungsschrägen

Entformungsschrägen (auch Aushebeschrägen) sind fertigungsbedingte Neigungen am Formteil in Entformungsrichtung beweglicher Werkzeugteile (z. B. Stempel, Schieber, Backen), die als integraler Bestandteil der Formteilzeichnungen bzw. der CAD-Datensätze vom Formteilhersteller für Werkzeugkonstruktion und Werkzeugbau sowie Teilefertigung festgelegt sind. Konstruktiv vorgegebene Neigungsmaßdifferenzen sind nicht Bestandteil von Maßtoleranzen sowie von Form- und Ortsabweichungen.

In der Spezifikation müssen für Funktionsmaße an geeigneten Flächen Messpunkte festgelegt werden, um vergleichbare Messergebnisse zu ermöglichen.

5.6 Bemaßung, Tolerierung und Messung von Radien

Zur Spezifikation von Radien müssen mindestens 90° des Kreissegmentes als messbare Kontur vorhanden sein.

ANMERKUNG Die Tolerierung von Radien kann alternativ durch Profilform erfolgen.

5.7 Spezifikation von Freiformflächen

Funktionale Freiformflächen sind mit einer Flächenprofiltoleranz zu spezifizieren. Die Verifikation muss im Vertrag zwischen Hersteller und Auftraggeber festgelegt werden.

6 Formmasseeigenschaften

6.1 Allgemeines

Dieses Dokument enthält keine Typenlisten für Formmassen oder deren Zuordnung zu erreichbaren Fertigungsgenauigkeiten. Um ein allgemeingültiges Zuordnungsschema für die große Zahl und Vielfalt von Formmassen anzugeben, müssen genauigkeitsrelevante Eigenschaften berücksichtigt werden.

6.2 Verarbeitungsschwindung und Schwindungsanisotropie

Sofern nicht im Vertrag oder in der einschlägigen ISO-Werkstoffspezifikation etwas anderes festgelegt ist, ist die Verarbeitungsschwindung (VS) die relative Differenz zwischen dem Werkzeugkonturmaß L_W bei $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ und den entsprechenden Formteilmaßen L_F 16 h bis 24 h nach der Fertigung gelagert bis zur Messung und gemessen nach ISO 291:2008, Tabelle 1. Sie wird nach Gleichung (1) berechnet.

$$VS = \left(1 - \frac{L_F}{L_W}\right) \times 100\ \% \quad (1)$$

Dabei ist

L_F das Formteilmaß;

L_W das Werkzeugkonturmaß.

Die Verarbeitungsschwindung für Thermoplaste und thermoplastische Elastomere wird nach ISO 294-4 und für Duroplaste nach ISO 2577 an Normprüfkörpern (z. B. Prüfplatten) bestimmt. Physikalische Ursachen der Verarbeitungsschwindung und die Auswirkungen von Einflussfaktoren sind in Anhang B und Anhang E angegeben.

Die Schwindungsanisotropie wird anhand der Absolutdifferenz ΔVS aus der Verarbeitungsschwindung quer zur Schmelzefließrichtung $VS_{\perp}$ und der Verarbeitungsschwindung parallel zur Schmelzefließrichtung $VS_{\parallel}$ quantifiziert. Siehe Gleichung (2).

$$\Delta VS = I VS_{\perp} - VS_{\parallel} I \quad (2)$$

Zu den Hauptgründen für Anisotropie gehören:

- Schwindungsbehinderungen infolge unterschiedlicher thermischer Kontraktion durch erstarrte Randschichten, Materialanhäufungen und örtlich unterschiedliche Werkzeugkonturtemperaturen sowie durch den Einfluss der Formteilmgestaltung;
- die beim Umspritzen, z. B. im Falle von Metalleinsätzen, auftretenden Schwindungsunterschiede;
- die Orientierung von Füll- und Verstärkungsstoffen und die Molekülausrichtung infolge von Scher- und Dehnungsströmen. Besonders die Partikelgestalt und das Aspektverhältnis (en: aspect ratio, d. h. das Längen-Dicken-Verhältnis oder das Seiten-Dicken-Verhältnis) der Füll- und Verstärkungsstoffe beeinflusst die Anisotropieausprägung.

Aus der Vielfalt der Einflüsse auf die Verarbeitungsschwindung und die Schwindungsanisotropie ist ableitbar, dass Zahlenwerte nur als Bereichsangaben realistisch sind. Die daraus resultierende Streuung der Verarbeitungsschwindung ΔS ergibt sich aus den Extremwerten $VS_{\max}$ und $VS_{\min}$. Sie wird nach Gleichung (3) berechnet.

$$\Delta S = VS_{\max} - VS_{\min} \quad (3)$$

Der Grad und die Gleichförmigkeit der Schwindungsstreuung können durch viele Faktoren, einschließlich der Fertigungsbedingungen (Prozessoptimierung), chargenbedingte Formmassenunterschiede, Formteilmgestaltung und Angusstechnik beeinflusst werden.

Rechenwerte der Verarbeitungsschwindung VS_R sind Vorgaben für die Werkzeugkonstruktion sowie für den Bau und die Abmusterung der Werkzeuge. Der Rechenwert wird nach Gleichung (4) berechnet.

$$VS_R = 0,5 (VS_{\max} + VS_{\min}) \quad (4)$$

Dieser Rechenwert, der Basis für die Werkzeugkonstruktion ist, wird in erster Linie vom Formteilhersteller angegeben, da dieser die Schwindung in Grenzen aktiv beeinflussen kann und meistens über entsprechende Daten verfügt. Sie können als Nebenprodukt aus Maßkontrollmessungen generiert werden. In Sonderfällen sind durch Abmusterungen mit ähnlichen Werkzeugen die Schwindungswerte zu präzisieren. Darüber hinaus kann der Formteilhersteller entsprechende Daten und Erfahrungen des Formmasseherstellers nutzen. Bei ausgeprägter Schwindungsanisotropie können die Schwindungsunterschiede durch Maßvorhaltungen im Werkzeug begrenzt berücksichtigt werden. Computergestützte Schwindungs- und Verzugs voraussagen können unter Umständen diesbezügliche Hinweise geben.

Für die erreichbare Fertigungsgenauigkeit ist auch die Schwindungsstreuung von großer Bedeutung. Dieser Wertebereich ist nach Erfahrung des Formteilherstellers abzuschätzen.

ANMERKUNG Falls die Schwindungsanisotropie bei der Konturberechnung nicht angemessen berücksichtigt werden kann, ist mit einer größeren Schwindungsstreuung und in der Folge mit Verzug zu rechnen. Diesbezüglich ist eine rechtzeitige Abstimmung zwischen Auftraggeber und Formteilhersteller notwendig.

6.3 Formstoffsteifigkeit bzw. -härte

Das Rückverformungsverhalten (Relaxation) des Formstoffs nach der Teileentformung hat signifikanten Einfluss auf die linearen und die winkelbezogenen Größenelemente sowie auf die Maße. Die erforderlichen Daten müssen in den Spezifikationen der Rohstofflieferer angegeben werden.^{N4)}

ANMERKUNG Hauptursache ist die unterschiedliche Steifigkeit bzw. Härte des Formstoffs unmittelbar nach der Entformung. Sie steht in einer Beziehung zum Ursprungs-E-Modul aus der Kurzzeitzugprüfung nach ISO 527 sowie zur Shore-Eindringhärte nach ISO 868:2003, Verfahren A und Verfahren D, oder zur Kugeldruckhärte für Elastomere nach ISO 48 (Internationaler Gummihärtegrad, IRHD). Alle Prüfungen beziehen sich auf 23 °C und normal konditionierte Prüfkörper.

7 Dimensionelle und geometrische Tolerierung

7.1 Dimensionelle Tolerierung

7.1.1 Toleranzgruppen für Größenmaßelemente

Um die formmasse- und verfahrensbedingte Streubreite der Fertigungstoleranzen und deren besondere Nennmaßabhängigkeit für Kunststoff-Formteile an das ISO-System für Grenzmaße und Passungen nach ISO 286-1 und ISO 286-2 näherungsweise anzupassen, wurden in Tabelle 1 neun Toleranzgruppen (TG1 bis TG9) in drei Nennmaßbereichen den ISO-Grundtoleranzgruppen (IT) für werkzeuggebundene Maße zugeordnet.

Tabelle 1 — Toleranzgruppen (TG) mit zugeordneten ISO-Grundtoleranzgraden (IT) nach ISO 286-1^{N5)}

Nennmaß mm	ISO-Grundtoleranzgrad (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 1 000	—	11	12	13	14	15	16	17	18
Bei Nennmaßen unter 1 mm und über 1 000 mm sind die Toleranzen grundsätzlich vereinbarungspflichtig.									

ANMERKUNG 1 Tabelle 1 dient zur Information über den grundsätzlichen Aufbau und Inhalt von Tabelle 2. Eine weitergehende Anwendung ist nicht erforderlich.

ANMERKUNG 2 Größenmaßelemente decken Innen- und Außenzyylinder (Loch/Wellen), innere und äußere, parallele und einander gegenüberstehende Ebenen (Schlitze/Passfedern) ab (siehe ISO 17450-1).

Für die praktische Anwendung sind in Tabelle 2 die zulässigen Grenzabmaße für Kunststoff-Formteile zusammengefasst.

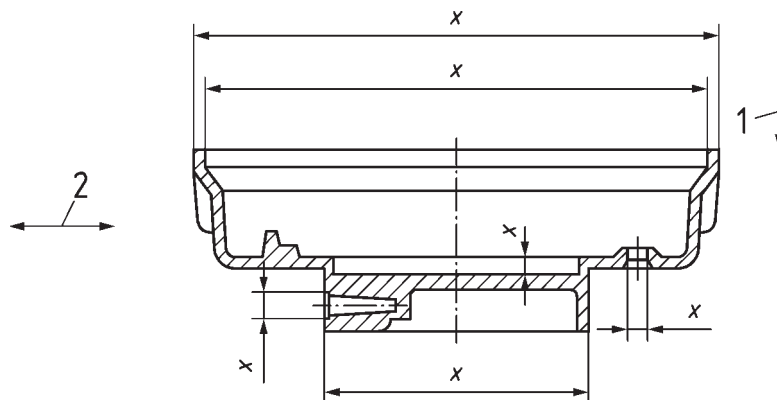
Das Fertigungsverfahren Rotationsformen wird in Toleranzgruppe 9 eingestuft.

Die während der Druckbeanspruchung auftretenden unterschiedlichen Verformungen und Lageabweichungen von Werkzeugteilen werden durch die Differenzierung von werkzeuggebundenen und nicht werkzeuggebundenen Formteilmaßen erfasst, da die verschiedenen Arten von Werkzeugkonturfixierungen zu unterschiedlichen Genauigkeitsgruppen führen. Werkzeuggebundene Maße sind Maße im gleichen Werkzeugteil, während

N4) Nationale Fußnote: Dieser Satz sollte aus nationaler Sicht aus dem ersten Absatz des Unterabschnittes 6.3 hinter die Anmerkung verschoben werden, da die Reihenfolge in der ISO 20457 keinen Sinn ergibt.

N5) Nationale Fußnote: In der englischen Referenzfassung wird nicht unterschieden zwischen Toleranzgruppe und Toleranzgrad, welche aber notwendig und richtig ist.

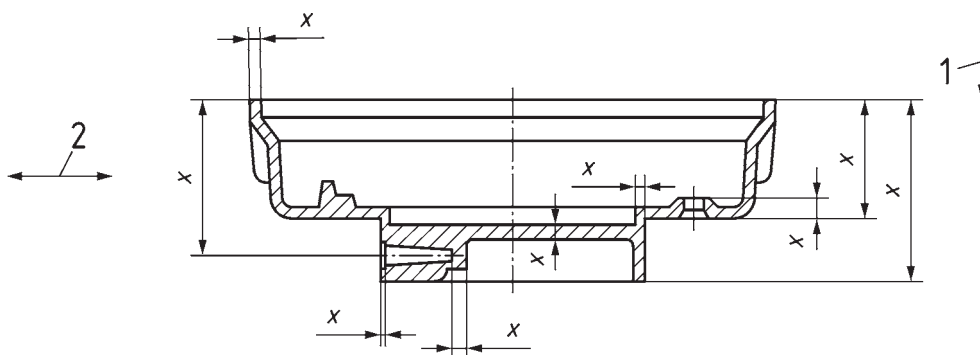
nicht werkzeuggebundene Maße durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Werkzeugteile entstehen und dadurch tendenziell größere Maßstreuungen bewirken (Bild 2 und Bild 3).



Legende

- 1 Schließrichtung
- 2 Bewegungsrichtung des Schiebers

Bild 2 — Werkzeuggebundene Maße



Legende

- 1 Schließrichtung
- 2 Bewegungsrichtung des Schiebers

Bild 3 — Nicht werkzeuggebundene Maße

Tabelle 2 — Kunststoff-Formteiltoleranzen als symmetrische Grenzabmaße für Größenmaßelemente

Maße in Millimeter

Toleranz- gruppe		Grenzabmaße (GA) für Nenngrößenmaßbereiche															
		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	±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	±0,055	—	—	—	—	—	—	—	—
TG2	W	±0,013	±0,019	±0,029	±0,035	±0,042	±0,050	±0,060	±0,090	±0,13	±0,15	±0,16	±0,18	±0,20	—	—	—
	NW	±0,019	±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	±0,030	±0,05	±0,06	±0,07	±0,08	±0,10	±0,15	±0,20	±0,23	±0,26	±0,29	±0,32	±0,35	±0,40	±0,45
	NW	±0,030	±0,050	±0,06	±0,07	±0,08	±0,10	±0,15	±0,20	±0,23	±0,26	±0,29	±0,32	±0,35	±0,40	±0,45	±0,53
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	±0,49	±0,55	±0,63	±0,70
	NW	±0,05	±0,08	±0,09	±0,11	±0,13	±0,15	±0,23	±0,32	±0,35	±0,41	±0,45	±0,49	±0,55	±0,63	±0,70	±0,83
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	±0,78	±0,88	±1,00	±1,15
	NW	±0,08	±0,11	±0,14	±0,17	±0,20	±0,23	±0,36	±0,50	±0,58	±0,65	±0,70	±0,78	±0,88	±1,00	±1,15	±1,30
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	±1,25	±1,40	±1,60	±1,80
	NW	±0,12	±0,18	±0,22	±0,26	±0,31	±0,37	±0,57	±0,80	±0,93	±1,05	±1,15	±1,25	±1,40	±1,60	±1,80	±2,10
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	±2,00	±2,20	±2,50	±2,80
	NW	±0,20	±0,29	±0,35	±0,42	±0,50	±0,60	±0,90	±1,25	±1,45	±1,60	±1,80	±2,00	±2,20	±2,50	±2,80	±3,30
TG8	W	±0,20	±0,30	±0,45	±0,55	±0,65	±0,80	±0,95	±1,40	±2,00	±2,30	±2,60	±2,85	±3,15	±3,50	±4,00	±4,50
	NW	±0,30	±0,45	±0,55	±0,65	±0,80	±0,95	±1,40	±2,00	±2,30	±2,60	±2,85	±3,15	±3,50	±4,00	±4,50	±5,30

Tabelle 2 (fortgesetzt)

Maße in Millimeter

Toleranz- gruppe	Grenzabmaße (GA) für Nenngrößenmaßbereiche															
	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
TG9	±0,48	±0,75	±0,90	±1,05	±1,25	±1,50	±2,25	±3,15	±3,60	±4,05	±4,45	±4,90	±5,40	±6,20	±7,10	±8,50
ANMERKUNG 1	W: werkzeuggebundene Maße; NW: nicht werkzeuggebundene Maße.															
ANMERKUNG 2	Für TG9 ist die Differenzierung von W- und NW-Maßen nicht erforderlich.															
ANMERKUNG 3	Als Nenngrößenmaße für Formteilzeichnungen gelten Toleranzmittenmaße ($N_F = C_F$). Zur Tolerierung des Abstandes paralleler Flächen, die sich nicht direkt gegenüberstehen, sondern zueinander versetzt angeordnet sind, wird als Nenngrößenmaß das D_p -Maß nach 7.2 des vorliegenden Dokuments verwendet.															
ANMERKUNG 4	Maße unter 1 mm und über 1 000 mm sind vereinbarungspflichtig.															
ANMERKUNG 5	Für Allgemeintoleranzen werden ausschließlich die Grenzabmaße für nicht werkzeuggebundene Maße verwendet.															
ANMERKUNG 6	Toleranzen für Wanddicken sind vereinbarungspflichtig.															
ANMERKUNG 7	Allgemeintoleranzen werden in der Konstruktionsdokumentation wie folgt angegeben. Beispiel: ISO 20457:JJJJ-MM – TG6. ^{N6)}															
ANMERKUNG 8	Zum Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit siehe Anhang D.															

N6) Nationale Fußnote: Richtigerweise müsste das Beispiel lauten: ISO 20457:JJJJ – TG6.

7.1.2 Bestimmung der Toleranzgruppe

7.1.2.1 Allgemeines

Der erforderliche Genauigkeitsgrad der Formteilmfertigung wird mit der entsprechenden Toleranzgruppe nach Tabelle 3 festgelegt. Ein orientierendes Zuordnungsschema mittels Punktbewertung von fünf Einzeleinflüssen P_i mit der Gesamtpunktzahl P_g ergibt die Toleranzgruppe nach Tabelle 3 (mit Ausnahme des Rotationsformens, für das immer TG9 gilt):

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$$

(5)

Dabei ist

- P_g die Gesamtpunktzahl;
- P_i die Punktbewertung der Einzeleinflüsse.

Tabelle 3 — Punktezuordnung der Toleranzgruppe

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

Für den Prozess der Bestimmung von P_g können [wie in Gleichung (5) angegeben] unter Umständen Angaben des Formteilherstellers notwendig sein.

Bild 4 zeigt einen Überblick über den Prozess der Bestimmung der Toleranzgruppen.