

## DIN 16742

**DIN**

ICS 83.140.99

Ersatz für  
die 2009-10 zurückgezogene  
Norm  
DIN 16901:1982-11

*Unterlagen des Ausgabespaltes***Kunststoff-Formteile –  
Toleranzen und Abnahmebedingungen;  
Text Deutsch und Englisch**

Plastics moulded parts –  
Tolerances and acceptance conditions;  
Text in German and English

Moulages plastiques –  
Tolérances et conditions de réception;  
Texte en allemand et anglais

Gesamtumfang 71 Seiten

Normenausschuss Kunststoffe (FNK) im DIN  
Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN



| Inhalt   | Seite     |
|--|-----------|
| <b>Vorwort .....</b>   | <b>4</b>  |
| <b>Einleitung.....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1 Anwendungsbereich .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2 Normative Verweisungen.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>3 Begriffe .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>4 Symbole und Abkürzungen .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>4.1 Symbole .....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>4.2 Abkürzungen .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5 Tolerierung von Kunststoff-Formteilen .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5.1 Allgemeines .....</b>   | <b>10</b> |
| <b>5.2 Indirekte Tolerierung durch Allgemeintoleranzen.....</b>  | <b>10</b> |
| <b>5.3 Direkte Tolerierung durch Abmaßangabe am Nennmaß .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>5.4 Tolerierung von Entformungsschrägen .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>5.5 Bemaßung, Tolerierung und Messung von Radien.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>5.6 Spezifikation von Freiformflächen .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>6 Formmasseeigenschaften .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>6.1 Allgemeines .....</b>   | <b>11</b> |
| <b>6.2 Verarbeitungsschwindung und Schwindungsanisotropie .....</b>  | <b>11</b> |
| <b>6.3 Formstoffsteifigkeit bzw. -härte .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>7 Dimensionelle und geometrische Tolerierung .....</b>  | <b>13</b> |
| <b>7.1 Dimensionelle Tolerierung.....</b>  | <b>13</b> |
| <b>7.2 Geometrische Tolerierung .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>7.3 Trennrat/Werkzeugversatz.....</b>   | <b>20</b> |
| <b>7.4 Tolerierung von Winkelmaßen .....</b>   | <b>21</b> |
| <b>7.5 Toleranzanalyse von Maßketten.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>8 Abnahmebedingungen der Formteilstiftigung (ABF) .....</b>   | <b>22</b> |
| <b>Anhang A (informativ) Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile .....</b>                               | <b>23</b> |
| <b>Anhang B (informativ) Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe .....</b> | <b>25</b> |
| <b>Anhang C (informativ) Orientierungshilfen für die Zuordnung der Kunststoff-Formmassen zu den Toleranzgruppen .....</b>  | <b>26</b> |
| <b>Anhang D (informativ) Bewertung des Fertigungsaufwandes .....</b>   | <b>29</b> |
| <b>Anhang E (informativ) Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit.....</b>  | <b>32</b> |
| <b>Anhang F (informativ) Hauptursachen für Maß-, Form- und Lageabweichungen bei der Formteilstiftigung .....</b>           | <b>33</b> |
| <b>Anhang G (informativ) Beispiel zur Ermittlung des <math>D_P</math>-Maßes zur Anwendung der Tabelle 9 .....</b>          | <b>34</b> |
| <b>Literaturhinweise .....</b>   | <b>35</b> |

**Bilder**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Bild 1 — Werkzeuggebundene Maße .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>Bild 2 — Nicht werkzeuggebundene Maße .....</b>                                     | <b>14</b> |
| <b>Bild 3 — Trenngrat/Werkzeugversatz.....</b>   | <b>21</b> |
| <b>Bild A.1 — Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile .....</b>      | <b>23</b> |
| <b>Bild G.1 — Beispielhafte Skizze zur Ermittlung des <math>D_P</math>-Maßes .....</b> | <b>34</b> |

**Tabellen**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabelle 1 — Toleranzgruppen (TG) mit zugeordneten Grundtoleranzgraden (IT) nach DIN EN ISO 286-1 .....</b>     | <b>13</b> |
| <b>Tabelle 2 — Kunststoff-Formteiltoleranzen als symmetrische Grenzabmaße für Größenmaße .....</b>                | <b>15</b> |
| <b>Tabelle 3 — Punktezuordnung der Toleranzgruppen.....</b>   | <b>16</b> |
| <b>Tabelle 4 — Bewertungsmatrice 1 .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Tabelle 5 — Bewertungsmatrice 2 .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Tabelle 6 — Bewertungsmatrice 3 .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Tabelle 7 — Bewertungsmatrice 4 .....</b>  | <b>17</b> |
| <b>Tabelle 8 — Bewertung des Fertigungsaufwandes .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>Tabelle 9 — Kunststoff-Formteiltoleranzen für Positionstoleranzen.....</b>                                     | <b>19</b> |
| <b>Tabelle 10 — Allgemeintoleranzen für Profilformen .....</b>  | <b>20</b> |
| <b>Tabelle B.1 — Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe.....</b> | <b>25</b> |
| <b>Tabelle C.1 — Toleranzreihen und Toleranzgruppen .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Tabelle C.2 — Härteeinstufung .....</b>  | <b>27</b> |
| <b>Tabelle C.3 — Zuordnung von Duroplastformmassen .....</b>  | <b>28</b> |
| <b>Tabelle D.1 — Unterscheidungsmöglichkeiten bzw. erforderlicher Aufwand .....</b>                               | <b>30</b> |

## Vorwort

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 054-05-13 AA „Toleranzen von Kunststoff-Formteilen“ des Normenausschusses Kunststoffe (FNK) erstellt.

Die deutsche Version der DIN 16742 ist verbindlich.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

## Änderungen

Gegenüber der 2009-10 zurückgezogenen Norm DIN 16901:1982-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Herstellung einer weitgehenden Kompatibilität mit internationalem Toleranz- und Passungssystem nach ISO 1, ISO 286-1, ISO 286-2, ISO 1101, ISO 1660, ISO 5458, ISO 5459, ISO 8015, ISO 10135, ISO 14253-1, ISO 14405-1, ISO 14405-2, ISO 14406, ISO 17450-1 und ISO 17450-2;
- b) Ersatz einer permanent zu aktualisierenden Formmasseliste durch die Typenzuordnung mittels genauigkeitsrelevanter Eigenschaften;
- c) Einstufung des mobilisierbaren Fertigungsaufwandes (Prozessstabilität, Qualitätssicherung) für das erforderliche Genauigkeitsniveau aus einer realistischen Analyse des Leistungsvermögens des Formteilherstellers in Toleranzreihen (Aufwandsreihen).

## 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

## Einleitung

Im Vergleich zu Metallwerkstoffen muss bei Kunststoffen meist mit deutlich größeren Maß-, Form- und Lageabweichungen bei Anwendung und Fertigung der Formteile gerechnet werden. Aufgrund besonderer Eigenschaften der Kunststoffe (z. B. große Verformbarkeit, geringe Steifigkeit) sind die funktionalen Genauigkeitsanforderungen weitaus geringer als bei Metallen anzusetzen, um ausreichend maßhaltige Formteile wirtschaftlich herzustellen.

Wegen der besonderen Struktur der Kunststoffe und deren stofflichen Modifizierungsmöglichkeiten ist das Eigenschaftsbild völlig verschieden von dem der Metalle. Maßhaltigkeitsrelevante Eigenschaften der Kunststoffe bei der Formteileanwendung und bei der Verarbeitung durch Urformverfahren (Spritzgießen, Pressen, Rotationsformen) erfordern daher eine deutlich andere Bewertung und Quantifizierung geometrischer Toleranzen im Vergleich zu Metallwerkstoffen. Die für Metalle gültigen Toleranznormen können daher nicht oder nur sehr eingeschränkt für Kunststoffkonstruktionen übernommen werden. Daraus folgt die Notwendigkeit dieser Norm für Fertigungstoleranzen der Kunststoff-Formteile.

Das spezielle Eigenschaftsbild der Kunststoffe bedingt die Berücksichtigung von drei unterschiedlichen Maßbezugsebenen, die in Anhang A definiert und bezüglich der Haupteinflussfaktoren charakterisiert sind.

Bei den Kooperationsbeziehungen zwischen Formteileentwicklung, Formteilefertigung und Werkzeugbau ist folgende sachlogische Bearbeitungsfolge einzuhalten:

- Der Formteilkonstrukteur entscheidet bei Berücksichtigung der Formteileanforderungen über die funktional erforderlichen Toleranzen, die sich aus den Anwendungsbedingungen und der Montage ergeben.
- Der Formteilhersteller bestätigt zur Einhaltung der Relation

„funktional bedingte Toleranz  $\geq$  fertigungstechnisch mögliche Toleranz“

die fertigungstechnisch möglichen Toleranzen für die Abnahmebedingungen der Formteilefertigung, wobei wirtschaftliche Vereinbarungen (z. B. Preiszuschläge) u. U. einzubeziehen sind. In der Konstruktionsdokumentation sind immer die funktional erforderlichen Toleranzen zu fixieren. Dadurch werden unsinnig genaue und unwirtschaftliche „Angst- oder Gewohnheitstoleranzen“ vermieden.

- Mit Auftragsvergabe wird durch den Formteilkonstrukteur der Werkstoff des Formbauteils verbindlich festgelegt. Damit legt er die Grundlage für die Festlegung der Verarbeitungsschwindung. Nach Auftragserteilung sind zwischen Formteilhersteller und Werkzeugbau bzw. Werkzeugkonstrukteur Rechenwerte der Verarbeitungsschwindung zu vereinbaren, wobei u. U. externe Erfahrungen (z. B. vom Formmassehersteller) genutzt werden.

Abhängig von der Formmassefestlegung, Formteilegestaltung und Werkzeugauslegung hat die Verarbeitung der Kunststoffe erheblichen Einfluss auf die Maßhaltigkeit der Formteile. Die Verarbeitungsmaschinen der Urformverfahren sind komplexe thermodynamisch-rheologische Verbundsysteme, die trotz hochentwickelter Fertigungstechnik noch weitgehend empirisch betrieben und optimiert werden.

Maßrelevante Eigenschaften der Kunststoffe sind u. a. die extreme Spannweite der typabhängigen Steifigkeit bzw. Härte sowie der Verarbeitungsschwindung. Instationäre und inhomogene Werkzeug- und Formteiltemperaturen in Verbindung mit fließtechnisch bedingten Orientierungen von Mikrostrukturen und Zusatzstoffen führen zu Eigenschaftsanisotropien, die einen mehr oder weniger ausgeprägten Verzug (Verwölbung, Verwindung, Verwerfung) der Formteile bewirken. Des Weiteren können Wanddickenunterschiede bzw. Massenanhäufungen / Materialanhäufungen mögliche Ursachen für Verzug sein. Damit sind Form-, Lage- und Winkelabweichungen in höchst komplexer Weise verbunden, die im Vergleich zu Metallen eine Normung erheblich erschweren.

Es muss dadurch beim Formteil mit unvermeidbaren verfahrensbedingten Abweichungen gerechnet werden. Die Vorgehensweise, wie bei Abweichungen zu verfahren ist, ist von der Funktion des Formteils abhängig und vereinbarungspflichtig:

- Abweichung durch gestalterische Maßnahmen (Versteifungsrippen, Materialverdickung, Formveränderungen, etc.) eliminieren;
- Abweichung durch festgelegte Vorhaltung im Werkzeug korrigieren;
- Abweichung belassen und durch Grenzmustervereinbarung bzw. Zeichnungskorrektur dokumentieren;
- Abweichung belassen und durch "Fertigungsabweichung" dokumentieren.

**ANMERKUNG** Verfahrensbedingte Abweichungen können sowohl durch günstige Gestaltung des Formteils als auch durch Optimierung des Fertigungsprozesses reduziert werden.

## 1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Festlegung fertigungstechnisch möglicher Toleranzen für Kunststoff-Formteile. Sie gilt ausschließlich für Neukonstruktionen ab Ausgabedatum.

Sie umfasst Grenzabmaße für Größenmaße (Zweipunktmaße) als indirekte Tolerierung (Allgemeintoleranzen) und als direkte Tolerierung (Abmaßangabe am Nenngrößenmaß).

Zur Tolerierung von Form- und Lageabweichungen dienen Profilformtoleranzen als Allgemeintoleranzen und Positionstoleranzen für die direkte Tolerierung durch zylindrische Toleranzzonen.

Verfahrenstechnische Grundlage dieser Norm sind Urformverfahren mit geschlossenen Werkzeugen, wie Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen und Pressen von nicht porösen Formteilen aus Thermoplasten, thermoplastischen Elastomeren und Duroplasten sowie das Rotationsformen von Thermoplasten. Für spezielle Verfahrensvarianten ist eine sinngemäße Anwendung der Norm möglich, wenn dies mit dem Formteilhersteller vereinbart wurde.

Poröse Formstoffe (z. B. Schaumstoffe) sowie andere Verarbeitungs- und Bearbeitungsverfahren gehören nicht zu dem Anwendungsbereich dieser Norm. Gleichermaßen gilt auch für Verfahrenskombinationen aus Urform- und Umformverfahren (z. B. Spritzgießblasen, Spritzgießstreckformen). Zulässige Toleranzen für poröse Formteile sind zu vereinbaren.

Werden Toleranzen außerhalb des Geltungsbereichs der Norm gefordert, sind diese mit dem Formteilhersteller zu vereinbaren und auf der Zeichnung zu spezifizieren.

Abweichungen von der Formteiloberflächenqualität, wie Einfallstellen, unerwünschte Fließstrukturen und Rauheiten sowie Bindenähte sind nicht Gegenstand dieser Norm.

## 2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

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 — Normalklima 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 5458, Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Form- und Lagetolerierung — Positionstolerierung

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

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

DIN EN ISO 14405-2, Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrische Tolerierung — Teil 2: Andere als lineare Maße

DIN EN ISO 18064, Thermoplastische Elastomere — Nomenklatur und Kurzzeichen

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

DIN ISO 10579, Technische Zeichnungen — Bemaßung und Tolerierung nicht-formstabiler Teile

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

### 3 Begriffe

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

#### 3.1

##### Konstruktionsdokumentation

zur vollständigen konstruktiven Beschreibung von Bauteilen, Baugruppen oder Maschinen und Geräten notwendigen 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 DIN EN ISO 17450-1 und DIN EN ISO 17450-2.

#### 3.2

##### Größenmaß

Abstand zwischen zwei gegenüber liegenden Punkten, deren Lage für die Messung genau definiert ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Weitere Informationen siehe DIN EN ISO 17450-1.

## 4 Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Kennbuchstaben und Kurzzeichen nach DIN EN ISO 1043, DIN EN ISO 18064 und die folgenden Symbole und Abkürzungen.

### 4.1 Symbole

|                  |   |
|------------------|---|
| $C$              | Toleranzmittenmaß   |
| $C_A$            | Toleranzmittenmaß für Formteilanwendung   |
| $C_F$            | Toleranzmittenmaß für Formteilkonturfertigung   |
| $C_W$            | 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  |
| $T_F$            | Formteilkonturfertigungstoleranz  |
| $T_W$            | Werkzeugkonturfertigungstoleranz  |
| $VS$             | Verarbeitungsschwindung   |
| $VS_{\perp}$     | Verarbeitungsschwindung quer zur Schmelzefließrichtung  |
| $VS_{\parallel}$ | Verarbeitungsschwindung parallel zur Schmelzefließrichtung  |
| $VS_{\max}$      | höchste Verarbeitungsschwindung   |
| $VS_{\min}$      | geringste Verarbeitungsschwindung   |
| $VS_R$           | mittlerer Rechenwert der Verarbeitungsschwindung  |
| $\Delta L$       | Maßverschiebung   |
| $\Delta L_A$     | anwendungsbedingte Maßverschiebung  |
| $\Delta L_V$     | verarbeitungsbedingte Maßverschiebung   |
| $\Delta S$       | Streuung der Verarbeitungsschwindung  |
| $\Delta VS$      | Differenz aus $VS_{\perp}$ und $VS_{\parallel}$   |

## 4.2 Abkürzungen

|      |  |
|------|--|
| ABF  | Abnahmebedingungen der Formteilstiftigung                                      |
| ABW  | Abnahmebedingungen der Werkzeugfertigung                                       |
| AWB  | Anwendungsbedingungen  |
| GA   | Grenzabmaß   |
| IRHD | Grad der Internationalen Gummihärte (en: International rubber hardness degree) |
| IT   | Grundtoleranzgrad  |
| NW   | nicht werkzeuggebundene Maße   |
| TG   | Toleranzgruppe   |
| W    | werkzeuggebundene Maße   |

## 5 Tolerierung von Kunststoff-Formteilen

### 5.1 Allgemeines

Bei Anwendung dieser Norm gilt der Grundsatz der Unabhängigkeit (Unabhängigkeitsprinzip) nach DIN EN ISO 8015.

Abweichungen von diesem Prinzip (wie z. B. Hüllbedingung  $>$  Size ISO 14405  $\ominus$   $<$  oder ähnliche Angaben) müssen zwischen den Vertragspartnern gesondert vereinbart werden.

Formteilzeichnungen bzw. CAD-Datensätze entsprechen der Nenngeometrie. Die Toleranzen sind symmetrisch zur Nenngeometrie. Asymmetrische Toleranzen an Größenmaßen (z.B. Passmaße) müssen durch die formale Nennmaßmodifizierung auf Toleranzmittmaß  $C$  in eine symmetrische Toleranzfeldlage umgewandelt werden:  $100_{-0,6} \rightarrow 99,7 \pm 0,3$ .

Die Vorgehensweise zur Verifikation ist eindeutig festzulegen. Insbesondere bei nicht formstabilen Teilen ist das Messkonzept von besonderer Bedeutung (Funktionsorientierung, Bezugssystem und Überbestimmung, Gravitationseinfluss, Vorspannung, etc.), siehe auch DIN ISO 10579.

Wenn nichts anderes festgelegt ist, dürfen Kunststoff-Formteile, bei denen die Allgemeintoleranzen nicht eingehalten sind, nicht automatisch zurückgewiesen werden, wenn die Funktion nicht beeinträchtigt ist.

Bei Mehrkomponententeilen muss für jedes Material die Toleranzgruppe ermittelt und als separate Allgemeintoleranz angegeben werden (z.B. harte Komponente nach TG 4, weiche Komponente nach TG 7).

Bei materialübergreifenden Größenmaßen ist das ungenauere Material Grundlage der Toleranzfestlegung.

Im Kunststoffbereich ist in der DIN EN ISO 291 als Normklima  $23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  und  $50\% \pm 10\%$  relativer Luftfeuchte festgelegt. Im Schriftfeld ist der Hinweis: „Tolerierung ISO 8015 (AD) – DIN EN ISO 291:2008-08“ anzugeben.

### 5.2 Indirekte Tolerierung durch Allgemeintoleranzen

Für Allgemeintoleranzen gilt nur die Reihe 1 (Normalfertigung) nach Tabelle 8. Allgemeintoleranzen sind im oder am Schriftfeld anzugeben, zum Beispiel: Allgemeintoleranzen DIN 16742 – TG6.

Als Allgemeintoleranzen gelten die Profilformtoleranzen, hierzu ist ein Bezugsstellensystem festzulegen.

Sollten allgemeintolerierte Maße einer orientierenden Maßkontrolle unterzogen werden, sind diese unter Beachtung der messtechnischen Machbarkeit in der Zeichnung anzugeben.

### 5.3 Direkte Tolerierung durch Abmaßangabe am Nennmaß

Abnahmemaße sind alle direkt tolerierten Merkmale. Alle Maße mit Allgemeintoleranzen, werden im Prüfprotokoll nicht berücksichtigt.

Positionstoleranzen sind keine Allgemeintoleranzen. Wenn es die Funktion erfordert, sind sie direkt in die Zeichnung einzutragen.

Für Formteilmaße mit begründet hohen Maßhaltigkeitsanforderungen muss die Maßtoleranz durch Abmaße direkt angegeben werden. Dabei ist hinsichtlich der Maßbegrenzungslinien oder -punkte zu beachten, dass es sich um Prüfmaße (Kontrollmaße, Abnahmemaße) handelt. Aus wirtschaftlichen Gründen soll die Anzahl direkt tolerierter Maße pro Formteil möglichst gering gehalten werden.

### 5.4 Tolerierung von Entformungsschrägen

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

In der Spezifikation müssen für Funktionsmaße an geneigten Flächen Messpunkte festgelegt werden, um Zweipunktmaße zu definieren.

### 5.5 Bemaßung, Tolerierung und Messung von Radien

Zur Spezifikation von Radien müssen mindestens  $90^\circ$  des Kreissegmentes als messbare Kontur vorhanden sein.

**ANMERKUNG** Die Tolerierung von Radien kann alternativ durch Profilform erfolgen.

### 5.6 Spezifikation von Freiformflächen

Freiformflächen sind mit einer Profilformtoleranz zu spezifizieren. Die Verifikation ist abzustimmen.

## 6 Formmasseeigenschaften

### 6.1 Allgemeines

Diese Norm enthält keine Typenliste für Formmassen und für 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

Die Verarbeitungsschwindung (VS) ist die relative Differenz zwischen Werkzeugkonturmaß  $L_W$  bei  $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$  und den entsprechenden Formteilmaßen  $L_F$  16 h bis 24 h nach der Fertigung, gelagert bis zur Messung und gemessen bei  $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$  und  $50\% \pm 10\%$  Luftfeuchte. Sie berechnet sich nach Gleichung (1).

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

Dabei ist

$L_F$  das Formteilmaß;

$L_W$  das Werkzeugkonturmaß.

Die Verarbeitungsschwindung für Thermoplaste und thermoplastische Elastomere wird nach DIN EN 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 F angegeben.

Schwindungsanisotropie ist quantifiziert durch die Absolutdifferenz  $\Delta VS$  aus Verarbeitungsschwindung quer zur Schmelzefließrichtung  $VS_{\perp}$  und der Verarbeitungsschwindung parallel zur Schmelzefließrichtung  $VS_{\parallel}$ . Siehe Gleichung (2).

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

Physikalische Hauptursachen sind die:

- Schwindungsbehinderungen infolge unterschiedlicher thermischer Kontraktion durch erstarrte Randschichten, Materialanhäufungen und örtlich unterschiedliche Werkzeugkonturtemperaturen sowie durch den Einfluss der Formteilgestalt;
- Schwindungsunterschiede durch anisotope Verstärkungsstoffe (z. B. Gewebe, Gewirke, Rovings);
- Orientierung von Füll- und Verstärkungsstoffen, Molekülen und morphologischen Strukturen durch Fließvorgänge infolge Scher- und Dehnströmungen. Insbesondere Partikelgestalt und aspect ratio (Längen-Dicken-Verhältnis bzw. Seiten-Dicken-Verhältnis) der Füll- und Verstärkungsstoffe beeinflussen die Anisotropieausprägung.

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

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

Der Größenbereich der Schwindungsstreuung ist durch Fertigungsbedingungen (Prozessoptimierung), chargenbedingte Formmasseunterschiede, Formteilgestaltung und Angusstechnik beeinflussbar.

Mittlere Rechenwerte der Verarbeitungsschwindung  $VS_R$  sind Vorgaben für Werkzeugkonstruktion, Bau und Abmusterung der Werkzeuge. Sie berechnet sich nach Gleichung (4).

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

Dieser Rechenwert, der Basis für die Werkzeugkonstruktion ist, wird in erster Linie vom Formteilhersteller erwartet, 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 Verzugsvoraussagen 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 beeinflusst deutlich die Längenmaße. Hauptursache ist die unterschiedliche Steifigkeit bzw. Härte des Formstoffs unmittelbar nach der Entformung. Ihre Quantifizierung erfolgt durch den Ursprungs-E-Modul aus der Kurzzeitzugprüfung nach DIN EN ISO 527 sowie durch die Shore-Eindringhärte nach DIN EN ISO 868:2003-10 (Verfahren A und Verfahren D) oder durch die Kugeldruckhärte für Elastomere nach DIN ISO 48 (Internationaler Gummihärtegrad IRHD). Alle Prüfungen beziehen sich auf 23 °C und normal konditionierte Prüfkörper. Die erforderlichen Daten sind den Spezifikationen der Formmasselieferanten zu entnehmen.

## 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 DIN EN ISO 286-1 und -2 näherungsweise anzupassen, wurden in Tabelle 1 neun Toleranzgruppen (TG1 bis TG9) in vier Nennmaßbereichen den ISO-Grundtoleranzgraden (IT) für werkzeuggebundene Maße zugeordnet.

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

| Nennmaß<br>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 1 000  | —  | —   | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | N.N |
| Bei Nennmaßen unter 1 mm und über 1 000 mm sind die Toleranzen grundsätzlich vereinbarungspflichtig. |  |     |     |     |     |     |     |     |     |

**ANMERKUNG** Tabelle 1 ist als Hinweis für den grundsätzlichen Aufbau und Inhalt von Tabelle 2 zu verstehen. Darüber hinaus ist keine Nutzung erforderlich.

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

Das Fertigungsverfahren Rotationsformen wird in die Toleranzgruppe 9 eingestuft.

Unterschiedliche Verformungen und Lageabweichungen von Werkzeugteilen bei der Druckbeanspruchung werden durch die Differenzierung von werkzeuggebundenen und nicht werkzeuggebundenen Formteilmaßen erfasst, da die Art der Werkzeugkonturfixierung unterschiedliche Genauigkeitsgrade verkörpert. Werkzeuggebundene Maße sind Maße im gleichen Werkzeugteil, während nicht werkzeuggebundene Maße durch das Zusammenwirken unterschiedlicher Werkzeugteile entstehen und dadurch tendenziell größere Maßstreuungen bewirken (Bild 1 und Bild 2).

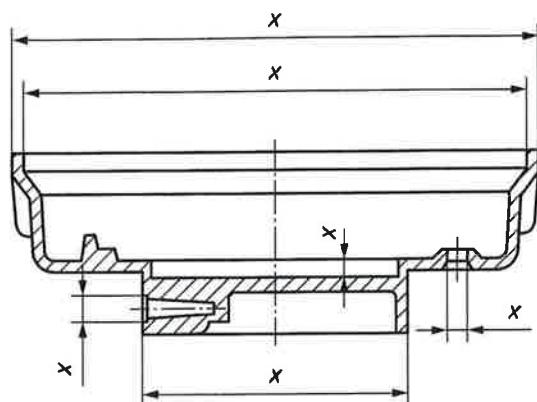
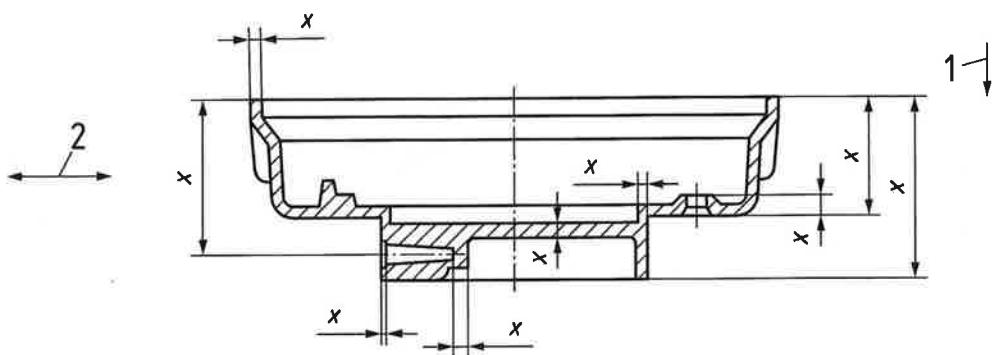


Bild 1 — Werkzeuggebundene Maße



**Legende**

- 1 Schließrichtung
- 2 Bewegungsrichtung des Schiebers

Bild 2 — Nicht werkzeuggebundene Maße

**Tabelle 2 — Kunststoff-Formteiltoleranzen als symmetrische Grenzabmaße für Größenmaße**

Maße in Millimeter

|                |    | Grenzabmaße (GA) für Nenngrößenmaßbereiche |           |            |             |             |             |             |              |               |               |               |               |               |               |               |                 |
|----------------|----|--|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|
| Toleranzgruppe |    | 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     | ± 0,050      | —             | —             | —             | —             | —             | —             | —             |                 |
| 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        | ± 0,55        | ± 0,63        | ± 0,70          |
|                | 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        | ± 0,63        | ± 0,70        | ± 0,77          |
| 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        | ± 0,88        | ± 1,00        | ± 1,15          |
|                | 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        | ± 1,00        | ± 1,15        | ± 1,30          |
| 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        | ± 1,40        | ± 1,60        | ± 1,80          |
|                | 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        | ± 1,60        | ± 1,80        | ± 2,10          |
| 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        | ± 2,20        | ± 2,50        | ± 2,80          |
|                | NW | ± 0,12                                     | ± 0,18    | ± 0,22     | ± 0,26      | ± 0,31      | ± 0,37      | ± 0,57      | ± 0,80       | ± 0,93        | ± 1,05        | ± 1,15        | ± 1,60        | ± 2,20        | ± 2,50        | ± 2,80        | ± 3,10          |
| 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        | ± 2,60        | ± 3,50        | ± 4,00        | ± 4,50          |
|                | 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        | ± 4,00        | ± 4,50        | ± 5,00          |
| 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        | ± 5,50        | ± 6,25        | ± 7,00          |
|                | 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        | ± 6,25        | ± 7,00        | ± 7,75          |
| <b>TG9</b>     |    | ± 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        | ± 8,50        | ± 10,00       | ± 11,50         |

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 Formteiltoleranzen gelten Toleranzmaße ( $N_F = C_F$ ). Zur Tolerierung des Abstandes paralleler Flächen, die sich nicht direkt gegenüberstehen, sondern zueinander versetzen angeordnet sind, ist als Nenngrößenmaß das  $D_F$ -Maß nach 7.2 dieser Norm anzuwenden.

ANMERKUNG 4 Maße unter 1 mm und über 1 000 mm sind vereinbarungspflichtig.

ANMERKUNG 5 Für Allgemeintoleranzen sind ausschließlich die Grenzabmaße für nicht werkzeuggebundene 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.

## 7.1.2 Bestimmung der Toleranzgruppen

### 7.1.2.1 Allgemeines

Der erforderliche Genauigkeitsgrad der Formteilefertigung wird mit der entsprechenden Toleranzgruppe nach Tabelle 1 festgelegt. Ein orientierendes Zuordnungsschema mittels Punktbewertung von fünf Einzeleinflüssen  $P_i$  mit der Gesamtpunktzahl  $P_g$  ergibt die Toleranzgruppe nach Tabelle 3:

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad (5)$$

Dabei ist

$P_g$  die Gesamtpunktzahl;

$P_i$  die Punktbewertung der Einzeleinflüsse.

**Tabelle 3 — Punktezuordnung der Toleranzgruppen**

| TG    | TG1 | TG2 | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 | TG9      |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| $P_g$ | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | $\geq 9$ |

In Grenzbereichen der Entscheidungsfindung liegt die Toleranzgruppenzuordnung auch ohne durchgängige Punktbewertung im Verantwortungsbereich des Nutzers. Eine Abstimmung mit dem Formteilhersteller ist dann ggf. erforderlich.

### 7.1.2.2 Bewertung der Fertigungsverfahren und Formmasseeigenschaften ( $P_1$ bis $P_4$ )

Die Punktezuordnung wird mit den folgenden Bewertungsmatrizen (siehe Tabelle 4, 5, 6 und 7) durchgeführt, wobei für Grenzbereiche der Eigenschaften ( $P_2$  bis  $P_4$ ) die Bewertung im Ermessen des Anwenders liegt.

**Tabelle 4 — Bewertungsmatrise 1**

| Fertigungsverfahren                       | $P_1$ |
|---|-------|
| Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen | 1     |
| Formpressen, Fließpressen                 | 2     |

**Tabelle 5 — Bewertungsmatrise 2**

| Formstoffsteifigkeit bzw. -härte |                |               | $P_2$ |
|----------------------------------|----------------|---------------|-------|
| E-Modul<br>N/mm <sup>2</sup>     | Shore D        | Shore A; IRHD |       |
| über 1 200                       | über 75        | -             | 1     |
| über 30 bis 1 200                | über 35 bis 75 | -             | 2     |
| 3 bis 30                         | -              | 50 bis 90     | 3     |
| unter 3                          | -              | unter 50      | 4     |

**Tabelle 6 — Bewertungsmatrize 3**

| <b>Verarbeitungsschwindung (Rechenwert)</b> | <b><math>P_3</math></b> |
|---|-------------------------|
| 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.

**Tabelle 7 — Bewertungsmatrize 4**

| <b>Berücksichtigung der geometrie- und verfahrensbedingten Schwindungsunterschiede</b>   | <b><math>P_4</math></b> |
|--|-------------------------|
| <b>genau möglich:</b> Rechenwerte der VS sind bekannt. (Zum Beispiel 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                       |
| <b>bedingt genau möglich:</b> Rechenwerte der VS sind in Bereichen max. bis $\pm 20\%$ bekannt.  | 2                       |
| <b>nur ungenau möglich:</b> 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 in den Verarbeitungsbedingungen und Unterschiede der Formmasseneigenschaften circa $\pm 30\%$ des Rechenwertes der VS betragen können. Die Auswahl $P_4 = 3$ ist zu treffen, wenn keine anderen Informationen vorliegen.               |                         |

**ANMERKUNG 1** Nach der Festlegung von  $P_1$  bis  $P_4$  und deren Addition sollte geprüft werden, ob die konstruktiv 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  $P_5$  enthaltene Erhöhung des Fertigungsaufwandes in Betracht gezogen werden.

**ANMERKUNG 2** Als orientierende Zuordnungshilfe für Formmassen kann das Verfahren nach Anhang C genutzt werden. Dieses Verfahren ersetzt nicht die detaillierte Punktbewertung.

### 7.1.2.3 Bewertung des Fertigungsaufwandes ( $P_5$ )

Der vom Formteilhersteller notwendige Aufwand für Fertigung und Qualitätssicherung ist entscheidend für das Niveau der Fertigungsgenauigkeit. Eine Differenzierung erfolgt durch Toleranzreihen. (siehe Tabelle 8)

**Tabelle 8 — Bewertung des Fertigungsaufwandes**

| Toleranzreihen  | $P_5$  |
|---|--|
| <b>Reihe 1 (Normalfertigung)</b>  | Fertigung mit Allgemeintoleranzen realisiert.<br>Maßhaltigkeitsforderungen, die keinen besonderen Qualitätsschwerpunkt bilden. |
| <b>Reihe 2 (Genaufertigung)</b>   | Fertigung und Qualitätssicherung sind auf höhere Maßhaltigkeitsforderungen orientiert.   |
| <b>Reihe 3 (Präzisionsfertigung)</b>  | Vollständige Ausrichtung von Fertigung und Qualitätssicherung auf die sehr hohen Maßhaltigkeitsforderungen.                    |
| <b>Reihe 4 (Präzisionssonderfertigung)</b>  | Wie Reihe 3, aber mit intensivierter Prozessüberwachung.   |
| Die Toleranzreihen 3 (Präzisionsfertigung) und 4 (Präzisionssonderfertigung) sind immer vereinbarungspflichtig. |  |

Zur Unterstützung der Reihenzuordnung sind in Anhang D beispielhaft Auswahlkriterien aufgeführt.

**ANMERKUNG** Sofern ein höheres Genauigkeitsniveau (Reihe 2, Reihe 3 und Reihe 4) bei direkt tolerierten Maßen 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 der Qualitätssicherung?
- Sind entsprechende Lieferbedingungen bezüglich des maßrelevanten Eigenschaftsniveaus der Formmassen, insbesondere der Schwindungsschwankungen, vereinbart und werden diese geprüft?

Der aktuell von Formteilhersteller zu betreibende Aufwand ergibt sich aus den geforderten Maßtoleranzen. Präzisionsfertigungen (Reihe 3 und Reihe 4) sind Sonderfälle, deren Realisierung auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht (z. B. Preiszuschläge) unter Umständen besondere Vereinbarungen zwischen Abnehmer und Hersteller der Formteile erfordern. Es soll daher nochmals nachdrücklich vermerkt werden, dass unnötig hohe Toleranzanforderungen zu unnötig großen Formteilkosten führen.

## 7.2 Geometrische Tolerierung

Jegliche Form- und Lagetolerierung<sup>1)</sup> sind zwischen Abnehmer und Hersteller der Formteile zu vereinbaren. Für Flächenform-, Linienform- und Positionstoleranzen gelten DIN EN ISO 1101 und DIN EN ISO 5458 in einem Bezugssystem nach DIN EN ISO 5459.

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. Das  $D_P$ -Maß ist das Nennmaß zur Festlegung der Positionstoleranz nach Tabelle 9. Gleiches gilt auch für Profilformtoleranzen nach Tabelle 10.

1) Hierzu zählen insbesondere auch die Freiformflächen.

**Tabelle 9 — Kunststoff-Formteiltoleranzen für Positionstoleranzen**

| Toleranzgruppe |    | Durchmesser der zylindrischen Toleranzzonen für die $D_p$ -Nennmaßbereiche |           |            |             |             |             |             |              |               |               |               |               |               |               |               |                 |        |
|----------------|----|--|-----------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|--------|
|                |    | 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  | Ø 0,020  | Ø 0,034   | Ø 0,05     | Ø 0,06      | Ø 0,07      | Ø 0,09      | Ø 0,11      | Ø 0,12       | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             |                 |        |
|                | NW | Ø 0,034  | Ø 0,05    | Ø 0,06     | Ø 0,07      | Ø 0,09      | Ø 0,11      | Ø 0,12      | Ø 0,14       | -             | -             | -             | -             | -             | -             | -             |                 |        |
| TG2            | W  | Ø 0,04   | Ø 0,06    | Ø 0,08     | Ø 0,10      | Ø 0,12      | Ø 0,14      | Ø 0,17      | Ø 0,26       | Ø 0,37        | Ø 0,42        | Ø 0,45        | Ø 0,51        | Ø 0,57        | -             | -             |                 |        |
|                | NW | Ø 0,06   | Ø 0,08    | Ø 0,10     | Ø 0,12      | Ø 0,14      | Ø 0,17      | Ø 0,26      | Ø 0,37       | Ø 0,42        | Ø 0,45        | Ø 0,51        | Ø 0,57        | Ø 0,62        | -             | -             |                 |        |
| TG3            | W  | Ø 0,06   | Ø 0,09    | Ø 0,14     | Ø 0,17      | Ø 0,20      | Ø 0,23      | Ø 0,28      | Ø 0,42       | Ø 0,57        | Ø 0,65        | Ø 0,74        | Ø 0,82        | Ø 1,1         | Ø 1,6         | Ø 1,8         | Ø 2,0           |        |
|                | NW | Ø 0,09   | Ø 0,14    | Ø 0,17     | Ø 0,20      | Ø 0,23      | Ø 0,28      | Ø 0,42      | Ø 0,57       | Ø 0,65        | Ø 0,74        | Ø 0,82        | Ø 1,1         | Ø 1,6         | Ø 2,0         | Ø 2,2         | Ø 2,2           |        |
| TG4            | W  | Ø 0,08   | Ø 0,14    | Ø 0,23     | Ø 0,25      | Ø 0,31      | Ø 0,37      | Ø 0,42      | Ø 0,65       | Ø 0,90        | Ø 1,0         | Ø 1,2         | Ø 1,3         | Ø 1,8         | Ø 2,5         | Ø 2,8         | Ø 3,3           | Ø 3,3  |
|                | NW | Ø 0,14   | Ø 0,23    | Ø 0,25     | Ø 0,31      | Ø 0,37      | Ø 0,42      | Ø 0,65      | Ø 0,90       | Ø 1,0         | Ø 1,2         | Ø 1,3         | Ø 1,8         | Ø 2,5         | Ø 2,8         | Ø 3,3         | Ø 3,7           | Ø 3,7  |
| TG5            | W  | Ø 0,14   | Ø 0,23    | Ø 0,31     | Ø 0,40      | Ø 0,48      | Ø 0,48      | Ø 0,57      | Ø 0,65       | Ø 1,0         | Ø 1,4         | Ø 1,6         | Ø 1,8         | Ø 2,0         | Ø 4,0         | Ø 4,5         | Ø 5,1           | Ø 5,1  |
|                | NW | Ø 0,23   | Ø 0,31    | Ø 0,40     | Ø 0,48      | Ø 0,57      | Ø 0,65      | Ø 1,0       | Ø 1,4        | Ø 1,6         | Ø 1,8         | Ø 2,0         | Ø 2,8         | Ø 4,0         | Ø 4,5         | Ø 5,1         | Ø 5,9           | Ø 5,9  |
| TG6            | W  | Ø 0,20   | Ø 0,34    | Ø 0,51     | Ø 0,62      | Ø 0,74      | Ø 0,88      | Ø 1,1       | Ø 1,6        | Ø 2,3         | Ø 2,6         | Ø 3,0         | Ø 3,3         | Ø 4,5         | Ø 6,2         | Ø 7,1         | Ø 7,9           | Ø 7,9  |
|                | NW | Ø 0,34   | Ø 0,51    | Ø 0,62     | Ø 0,74      | Ø 0,88      | Ø 1,1       | Ø 1,6       | Ø 2,3        | Ø 2,6         | Ø 3,0         | Ø 3,3         | Ø 4,5         | Ø 6,2         | Ø 7,1         | Ø 7,9         | Ø 8,8           | Ø 8,8  |
| TG7            | W  | Ø 0,37   | Ø 0,57    | Ø 0,82     | Ø 1,0       | Ø 1,2       | Ø 1,4       | Ø 1,7       | Ø 2,6        | Ø 3,5         | Ø 4,0         | Ø 4,5         | Ø 5,0         | Ø 7,4         | Ø 10,0        | Ø 11,3        | Ø 13,0          | Ø 13,0 |
|                | NW | Ø 0,57   | Ø 0,82    | Ø 1,0      | Ø 1,2       | Ø 1,4       | Ø 1,7       | Ø 2,6       | Ø 3,5        | Ø 4,0         | Ø 4,5         | Ø 5,0         | Ø 7,4         | Ø 10,0        | Ø 11,3        | Ø 13,0        | Ø 14,0          | Ø 14,0 |
| TG8            | W  | Ø 0,57   | Ø 0,88    | Ø 1,3      | Ø 1,6       | Ø 1,8       | Ø 2,3       | Ø 2,7       | Ø 4,0        | Ø 5,7         | Ø 6,5         | Ø 7,4         | Ø 8,0         | Ø 11,3        | Ø 16,0        | Ø 18,0        | Ø 20,0          | Ø 20,0 |
|                | NW | Ø 0,88   | Ø 1,3     | Ø 1,6      | Ø 1,8       | Ø 2,3       | Ø 2,7       | Ø 4,0       | Ø 5,7        | Ø 6,5         | Ø 7,4         | Ø 8,0         | Ø 11,3        | Ø 16,0        | Ø 18,0        | Ø 20,0        | Ø 22,0          | Ø 22,0 |
| <b>TG9</b>     |    | Ø 0,85   | Ø 1,4     | Ø 2,1      | Ø 2,6       | Ø 3,0       | Ø 3,5       | Ø 4,2       | Ø 6,4        | Ø 9,0         | Ø 10,0        | Ø 11,5        | Ø 13,0        | Ø 18,0        | Ø 24,0        | Ø 28,0        | Ø 33,0          | Ø 33,0 |

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 Maße unter 1 mm und über 1 000 mm sind vereinbarungspflichtig.

ANMERKUNG 4 Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit siehe Anhang E.

Zur Berücksichtigung der Formteileigenschaften sollten für die Linien- und Flächenformtoleranzen die Voraussetzungen  $P_2 = 1$  und  $P_3 + P_4 \leq 3$  gelten (siehe Tabelle 5, 6 und 7).

Für Allgemeintoleranzen für Profilformflächen sind die erfahrungsgemäßen Toleranzwerte  $t$  aus Tabelle 10 in Abhängigkeit vom  $D_P$ -Nennmaß zu verwenden.

**Tabelle 10 — Allgemeintoleranzen für Profilformen**

Maße in Millimeter

| $D_P$ -Nennmaß      | $\leq 30$ | $> 30$ bis $100$ | $> 100$ bis $250$ | $> 250$ bis $400$ | $> 400$ bis $1\,000$ |
|---------------------|-----------|------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Toleranzwert<br>$t$ | 0,5       | 1                | 2                 | 4                 | 6                    |

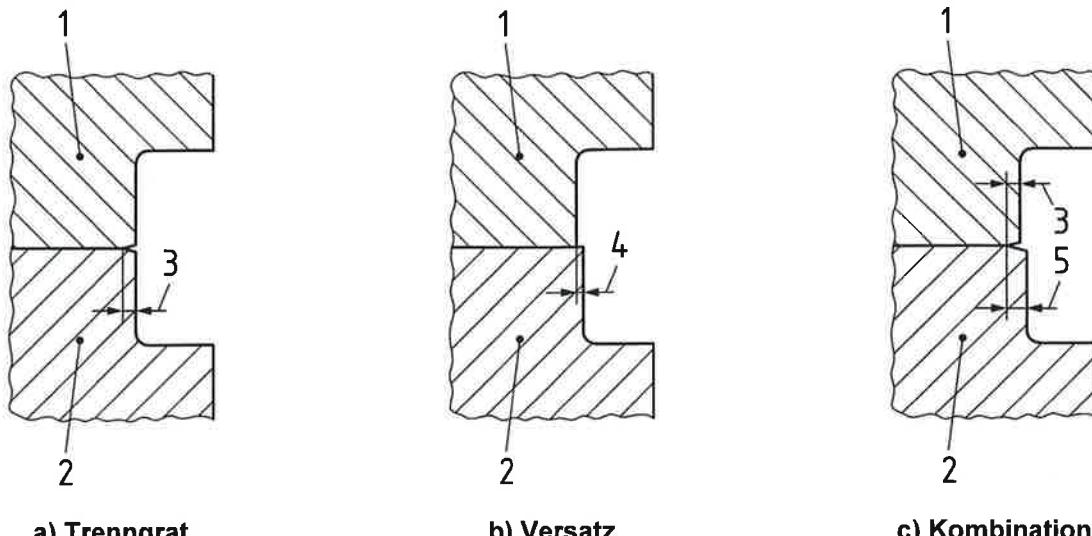
### 7.3 Trenngrat/Werkzeugversatz

Grundsätzlich sind bei der Herstellung von Kunststoffteilen im Urformprozess sichtbare Trennlinien nicht zu vermeiden. Die Lage der Trennlinien ist zwischen Hersteller und Abnehmer zu vereinbaren. Dabei muss zwischen einem Trenngrat und einem Trennungsversatz unterschieden werden. (siehe Bild 3)

Die wesentlichen Beeinflussungsfaktoren für den Trenngrat sind:

- Formteilkonstruktion;
- Viskosität der Kunststoffe im Verarbeitungszustand;
- Verarbeitungsparameter (im wesentlichen Schmelztemperatur, Werkzeugkonturtemperatur, Einspritzgeschwindigkeit, Werkzeugginnendruck, Werkzeugzuhaltekraft und Lage des Umschaltpunktes);
- Qualität der Formtrennung im Werkzeug (Genauigkeit der mechanischen Bearbeitung, Härte der konturgebenden Formelemente, Standzeit des Werkzeuges).

Dagegen wird die Größe des sichtbaren Formversatzes durch die Präzision bei der Herstellung der Werkzeuge und der Zentrierpräzision der Verarbeitungsmaschine beeinflusst.

**Legende**

- 1 Werkzeugelement 1
- 2 Werkzeugelement 2
- 3 Trenngrat
- 4 Versatz
- 5 Trenngrat + Versatz

**Bild 3 — Trennrat/Werkzeugversatz**

Im Regelfall treten immer Kombinationen aus beiden Trennungsstörungen auf (siehe Bild 3 c)).

Hierbei ist in Funktions- und untergeordnete Bereiche zu unterscheiden.

Es sind grundsätzlich für funktionelle und untergeordnete Bereich die notwendigen Formtrennsbedingungen in Größe und Lage zu definieren. Für die Symbolik ist die DIN EN ISO 10135 zu verwenden.

#### 7.4 Tolerierung von Winkelmaßen

Direkt tolerierte Winkel und Kanten sind vereinbarungspflichtig.

Alle nicht direkt tolerierten Winkel und Kanten sind bei der Verifikation zu vernachlässigen.

#### 7.5 Toleranzanalyse von Maßketten

Die klassische Toleranzkettenrechnung setzt starre Körper voraus und ist aus diesem Grund für Kunststoffteile überwiegend ungeeignet. Bei Toleranzanalysen von Maßketten nicht formsteifer Teile können für Konstruktionen mit geringer Steifigkeit Kettenglieder als verformbare Kompensationsglieder zum Toleranzausgleich genutzt werden.

## 8 Abnahmebedingungen der Formteilefertigung (ABF)

Für normative Abnahmebedingungen gelten die Prüfmaße als Abnahmewerte, wenn die Formteile nach der Fertigung bis zur Abnahme bei  $23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  und  $50\% \pm 10\%$  relative Luftfeuchte gelagert sowie frühestens 16 h und spätestens 72 h nach der Herstellung geprüft werden.

Sofern von den oben genannten Abnahmebedingungen beim Teilehersteller abgewichen wird, müssen die Abnahmeparameter zwischen Hersteller und Abnehmer gesondert vereinbart und dokumentiert werden (z. B. im oder am Schriftfeld mit dem Hinweis: Tolerierung ISO 8015 (AD) – „Vereinbarungsdokument“):

- Maßlage und Maßabweichungen (ggf. nach Erprobung);
- Maßprüfverfahren;
- Minimal- und Maximalzeitraum der Maßprüfung nach der Teilefertigung;
- Lagerungs- und Prüfbedingungen bis zur Teileabnahme (Raumlufittemperatur, relative Luftfeuchte, ggf. eine spezielle Lagerungsordnung).

Solche Abweichungen von den üblichen Abnahmebedingungen können sein:

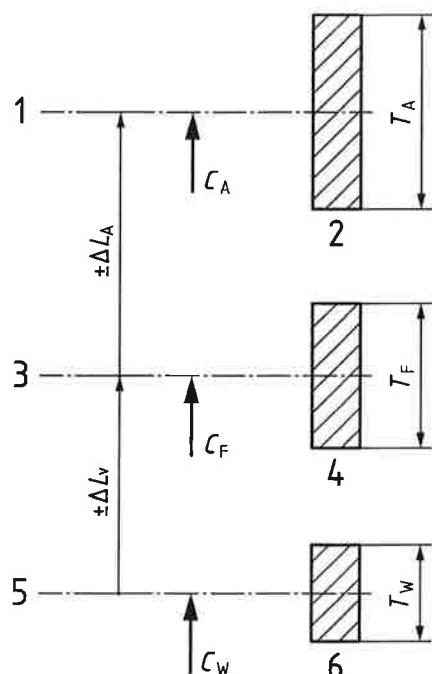
- Folgeoperationen beim Teilehersteller mit Stoffauftrag (Lackieren, Beschichten) oder Stoffabtrag (Spanen, Schleifen, Polieren);
- Teilenachbehandlung durch Tempern (Vorwegnahme der Nachschwindung, Ausgleich innerer Spannungen, Nachhärten) oder Folgeoperationen mit deutlicher thermischer Teilebeanspruchung (Lackieren, Lötbadbehandlung u. a.);
- Teilenachbehandlung durch Konditionieren, z. B. durch Wässern (Vorwegnahme der Quellung, Zähigkeitserhöhung);
- Geringe Maßstabilität von Struktur und Zustand des Formstoffs bei ABF. Beispiele sind Strukturveränderungen der kristallinen Phase teilkristalliner Polymere (z. B. PB-1) und Quellung sowie Weichmachung infolge Wasseraufnahme dünnwandiger Formteile (unter 2 mm) aus hydrophilen Polymeren (z. B. PA6, PA66, PA46; Biopolymere).

## Anhang A (informativ)

### Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile

#### A.1 Maßgrößen und Maßbeziehungen

Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile zur Kennzeichnung der Lage (Toleranzmittelpunktmaß  $C$ ), der Verschiebung (Maßverschiebung  $\Delta L$ ) und der Streuung (Toleranz  $T$ ) für die Maßebenen:



#### Legende

- 1 Teileanwendung (AWB)
- 2 Formteileanwendungstoleranz (Gesamttoleranz)
- 3 Teilefertigung (ABF)
- 4 Formteilefertigungstoleranz
- 5 Werkzeugfertigung (ABW)
- 6 Werkzeugkonturfertigungstoleranz

**Bild A.1 — Maßbezugsebenen für Anwendung und Fertigung der Formteile**

## A.2 Anwendungsbedingungen (AWB)

Anwendungsbedingungen (AWB) sind alle Nutzungs- und Lagerungsbedingungen der Teile während des Anwendungszeitraumes nach der Fertigung, sofern sie sich auf die Maßhaltigkeit und Funktionserfüllung der Erzeugnisse auswirken.

Anwendungsbedingte Maßverschiebungen  $\Delta L_A$  resultieren aus den Anwendungsbedingungen als situationsabhängige Überlagerung verschiedener Einzeleinflüsse mit unterschiedlichen Zeitverläufen. Anisotropieeffekte können dabei von großer Bedeutung sein.

Arten und Wirkungsrichtung sind wie folgt definiert:

- 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. Nachschwindung entsteht durch molekulare Nahordnungseffekte (z. B. Nachkristallisation, Rückstellung von Molekülorientierungen), durch chemische Reaktionen (z. B. Nachhärtung), durch Abgabe flüchtiger Bestandteile bzw. Austrocknung (z. B. Wasser, Kondensationsprodukte, Löse- und Verdünnungsmittel, Weichmacher) durch Auswandern flüssiger und fester Bestandteile (z. B. Weichmachermigration, Auskreiden) sowie durch Relaxation (Ausgleich) elastischer Spannungen. Quellung wird durch Medienaufnahme, insbesondere auch Wasseraufnahme verursacht.
- 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 Teileverformung.

## A.3 Verarbeitungsbedingte Maßverschiebung $\Delta L_V$

Die verarbeitungsbedingte Maßverschiebung  $\Delta L_V$  resultiert aus der Maßverkleinerung (-) durch die Verarbeitungsschwindung und ggf. aus partieller Maßvergrößerung (+) infolge von Maßkorrekturen für Totpressflächen (Quetschflächen), lose Beilagen und Backen. Für  $\Delta L_V$  ist auch die Bezeichnung Konturaufmaß üblich.

## Anhang B

(informativ)

### Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe

Die Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe sind in Tabelle B.1 dargestellt.

**Tabelle B.1 — Ursachen und Einflussfaktoren auf die Verarbeitungsschwindung nicht poröser Kunststoffe**

| Ursachen   | Einfluss auf die Verarbeitungsschwindung  |   |
|--|---|---|
|  | verringernd   | erhöhend  |
| Dichtezunahme infolge thermischer Kontraktion durch Abkühlung von Entformungstemperatur auf Raumtemperatur und der Verdichtung durch Druckeinwirkung | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher wirksamer Druck auf Formmasse und Kontur bis zum Entformen (Nachdruck)</li> <li>• geringe Entformungstemperatur (lange Kühlzeit u./o. geringe Konturtemperatur)</li> <li>• geringer Wärmeausdehnungskoeffizient (hartelastische Polymere)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer bzw. vorzeitig zurückgenommener Nachdruck bis zum Entformen</li> <li>• hohe Entformungstemperatur (kurze Kühlzeit u./o. hohe Konturtemperatur)</li> <li>• großer Wärmeausdehnungskoeffizient (weich- bzw. gummielastische Polymere)</li> </ul>                  |
| Dichtezunahme infolge thermodynamisch bedingter Strukturordnungsprozesse (Kristallisation; Gelierung)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• amorphe Polymere</li> <li>• geringer Kristallinitätsgrad teilkristalliner Polymere durch schnelles Erstarren (Unterkühlung infolge geringer Konturtemperatur u./o. dünnwandiger Teile)</li> <li>• hoher Geliergrad weichmacherhaltiger Polymere</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• teilkristalline Polymere</li> <li>• hoher Kristallinitätsgrad durch langsames Erstarren (hohe Konturtemperatur u./o. dickwandige Teile) sowie durch verbesserte Keimbildung (Nukleierungszusätze)</li> <li>• geringer Geliergrad weichmacherhaltiger Polymere</li> </ul> |
| Dichtezunahme infolge molekularer Aufbau- und Vernetzungsprozesse (Härtung; Vulkanisation; Polyreaktion)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hoher Vernetzungsgrad und dadurch geringerer Wärmeausdehnungskoeffizient (lange Härte- bzw. Vulkanisationszeit u./o. hohe MasseTemperatur)</li> <li>• stofflich weitgehend vorgebildete bzw. vorvernetzte Formmassen (z. B. Prepolymere)</li> </ul>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Vernetzungsgrad und dadurch höherer Wärmeausdehnungskoeffizient (kurze Härte- bzw. Vulkanisationszeit u./o. geringe MasseTemperatur)</li> <li>• unvernetzte Vorprodukte (Oligomere) bzw. Monomere als Formmassen</li> </ul>                                     |
| Steifigkeits- bzw. Härteveränderung durch Zusatzstoffe (z. B. Füll- und Verstärkungsstoffe; Weichmacher)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusatzstoffe mit geringem Wärmeausdehnungskoeffizient (z. B. anorganische Füll- u. Verstärkungsstoffe)</li> <li>• keine bzw. geringe Weichmacherzusätze</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusatzstoffe mit hohem Wärmeausdehnungskoeffizient (z. B. organische Füll- und Verstärkungsstoffe)</li> <li>• Weichmacherzusätze</li> </ul>  |

## Anhang C (informativ)

### Orientierungshilfen für die Zuordnung der Kunststoff-Formmassen zu den Toleranzgruppen

#### C.1 Zuordnung der Toleranzreihen und Toleranzgruppen

Die Zuordnung der Toleranzreihen und Toleranzgruppen kann Tabelle C.1 entnommen werden.

**Tabelle C.1 — Toleranzreihen und Toleranzgruppen**

| Toleranzreihen                                | Toleranzgruppen |     |     |     |     |     |
|---|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | A               | B   | C   | D   | E   | F   |
| <b>Reihe 1: Normalfertigung</b>               | TG4             | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 | TG9 |
| <b>Reihe 2: Genaufertigung</b>                | TG3             | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 |
| <b>Reihe 3: Präzisionsfertigung</b>           | TG2             | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 |
| <b>Reihe 4:<br/>Präzisionssonderfertigung</b> | TG1             | TG2 | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 |

#### C.2 Spritzgießen und Spritzprägen amorpher Thermoplaste mit Glastemperaturen über 60 °C

PS, SB, SAN, ABS, CA, CAB, CP, CAP, PVC-U, PVC-HI, ASA, PETam., PMMA, PMMA-HI, (ASA+PMMA), MABS, MBS, (PPE+SB), PC, (PC+ABS), (PC+ASA), PEI, PA6-3-T, COC, PESU, PSU, PPSU und andere.

- Größte VS unter 0,5 %. Schwindungsanisotropie wird gegebenenfalls berücksichtigt. → A
- Ohne Füll- und Verstärkungsstoffe bzw. keine Schwindungsanisotropie durch Füll- und Verstärkungsstoffe, so dass der Rechenwert der VS
  - mit ca. ± 10% eingehalten wird → A
  - bzw. nicht eingehalten wird. → B
- Ausgeprägte Schwindungsanisotropie durch Füll- und Verstärkungsstoffe (z. B. Faserverstärkung), die bei der Konturbemaßung
  - ausreichend berücksichtigt wird → B
  - bzw. nicht berücksichtigt wird. → C

### C.3 Spritzgießen teilkristalliner Thermoplaste

PE, PP, PET, PBT, (PBT+PC), (PBT+ASA), PPS, PVDF, PCTFE, PFEP, ETFE, ECTFE, PFA, POM, PA6, PA6-HI, PA66, PA66-HI, PA6/66, PA6I, PA6/6T, (PA66+PPE), PA610, PA612, PA46, PA11, PA12, PAMD6, PEEK, PEK und andere.

- Größte VS unter 0,5 %. Schwindungsanisotropie wird gegebenenfalls berücksichtigt. → A
- Formmasse ohne Füll- und Verstärkungsstoffe mit
  - E-Modul über 1 200 N/mm<sup>2</sup>
    - Rechenwert der VS unter 1 % → B
    - Rechenwert der VS 1 % bis 2 % → C
    - Rechenwert der VS über 2 % → D
  - E-Modul unter 1 200 N/mm<sup>2</sup>
    - Rechenwert der VS unter 1 % → C
    - Rechenwert der VS 1 % bis 2 % → D
    - Rechenwert der VS über 2 % → E
- Formmasse mit Füll- und Verstärkungsstoffe
  - ohne nennenswerte Schwindungsanisotropie bzw. bei deren Berücksichtigung für Konturbemaßung → B
  - ohne Berücksichtigung der Schwindungsanisotropie für Konturbemaßung. → C

### C.4 Spritzgießen weichelastischer Thermoplaste und thermoplastischer Elastomere (TPE) ohne Füll- und Verstärkungsstoffe

PVC-P, PA12-P, EVAC, TPS-SEBS, TPS-SBS, TPO-(EPDM+PP), TPO-(EVAC+PVDC), TPV-(EPDM-X+PP), TPC, (TPC+PBT), TPU, TPA und andere.

- Rechenwert der VS unter 1,5 % siehe I
- Rechenwert der VS über 1,5 % und keine nennenswerten Schwindungsanisotropie siehe I
- Rechenwert der VS über 1,5 % und ausgeprägte Schwindungsanisotropie, die durch Formteil- und Werkzeuggestaltung sowie durch den Verarbeitungsprozess
  - ausreichend kompensiert werden kann siehe I
  - nicht kompensiert werden kann. siehe II

Die Zuordnung kann Tabelle C.2 entnommen werden.

**Tabelle C.2 — Härteeinstufung**

| Härteeinstufung   | I | II |
|-------------------|---|----|
| Shore D > 35      | C | D  |
| Shore A 50 bis 90 | D | E  |
| Shore A < 50      | E | F  |

### C.5 Spritzgießen flüssigkristalliner (thermotroper) Polymere (LCP)

**ANMERKUNG** Durch Fließorientierung starrer Moleküle ist bei relativ geringem Schwindungsniveau eine ausgeprägte Schwindungsanisotropie oft nicht vermeidbar. Füll- und Verstärkungsstoffe verringern tendenziell diese Anisotropie.

- Größte VS unter 0,5 % → A
- Einfluss der Schwindungsanisotropie auf die Fertigungsgenauigkeit kann durch Formteil- und Werkzeuggestaltung sowie durch den Verarbeitungsprozess
  - ausreichend kompensiert werden → A
  - nicht kompensiert werden → B

### C.6 Formpressen und Fließpressen glasmattenverstärkter Thermoplaste (GMT)

Formmasse: Thermoplastimprägnierte Glasmatte Prepregs mit Glasgehalten über 15 %.

- Größte VS unter 0,5 % → B
- Einfluss der Schwindungsanisotropie auf die Fertigungsgenauigkeit kann durch Formteil- und Werkzeuggestaltung sowie durch den Verarbeitungsprozess
  - ausreichend kompensiert werden → B
  - nicht kompensiert werden → C

### C.7 Spritzgießen, Spritzprägen, Spritzpressen und Formpressen von Duroplastformmassen

PF, UF, MF, MPF, UP, EP, PDAP, PUR-X, SI-X und andere.

Die Zuordnung der Duroplastformmassen kann Tabelle C.3 entnommen werden.

**Tabelle C.3 — Zuordnung von Duroplastformmassen**

|   | Spritzgießen<br>Spritzprägen<br>Spritzpressen | Formpressen |
|---|---|-------------|
| Größte VS unter 0,5 %   | A   | B           |
| Voraussichtliche Schwindungsstreuung bezogen auf den Rechenwert der VS bei Berücksichtigung der Schwindungsanisotropie: |   |             |
| ca. $\pm$ 10 %  | A   | B           |
| ca. $\pm$ 20 %  | B   | C           |
| $\geq \pm 30$ %   | C   | D           |

## Anhang D (informativ)

### Bewertung des Fertigungsaufwandes

Die in Tabelle D.1 aufgeführten Bewertungskriterien für den Fertigungsaufwand zur Einstufung der Toleranzreihen sind als Orientierungshilfe aufzufassen.  
Nach aktueller Erfahrung des Anwenders können sie ergänzt und unterschiedlich gewichtet werden.

**Tabelle D.1 — Unterscheidungsmöglichkeiten bzw. erforderlicher Aufwand**

| 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<br>Erhöhter spezieller Überwachungsaufwand der Maschinen (Kalibrierung)   |                                   |
| Infrastruktur / Peripherie         | Fertigung ohne feststehende Maschinenbelegung möglich<br><br>Spritzteile können maschinenfallend produziert werden. |   | Maschinen mit besonders steifem Aufbau<br><br>Fertigung auf spezifizierten Maschinen mit feststehender Maschinenbelegung   |                                   |
| Umgabungsbedingungen               | Fertigung in normaler Werkstattumgebungsbedingung   |   | Temperiermedien - Vorlauftemperatur geregelt ( $\pm 1$ K)<br>Geregelte Temperierung $\Delta T$ -Vor- Rücklauf max (1,5 bis 2,5) K<br><br>Zwangsumlauftemperierung ohne Überbrückungen<br><br>Hinreichend genaue Überwachung der Massentemperatur (Heißkanal)<br><br>Handlinggeräte zum Einlegen von Einlegateilen und zur Entnahme der Spritzteile<br><br>Trockenküttetrockner bei hydrophilen Formmassen<br><br>Definierte Kühlstrecken für die Spritzteile bis zur Abnahme |                                   |
| Werkzeug                           | Werkzeuge mit Wechselseinsätzen zulässig  | Werkzeuge mit wenigen Wechselseinsätzen zulässig                | Fertigung mit eingeengten Raumklimabedingungen oder in klimatisierten Räumen<br><br>Spritzgießmaschinen ggf. speziell isoliert (z. B. Plastifizierung)   |                                   |
|                                    |   |   | Werkzeuge ohne Wechselseinsätze. Keine Familienwerkzeuge (Gruppenwerkzeuge)  |                                   |
|                                    |   |   | Das Herstellungsverfahren für die Werkzeugkontur für die direkt tolerierten Geometrieelemente muss die geforderte Genauigkeit ermöglichen. (Zum Beispiel kann mit Erodieren nicht die Genauigkeit einer geschliffenen Kontur erreicht werden.)<br><br>Die Anzahl der Kavitäten und die Komplexität der Geometrie haben Einfluss auf die einhaltbaren Toleranzen über alle Kavitäten.   |                                   |
|                                    | Anfertigungsgenauigkeit normal  | Anfertigungsgenauigkeit mittel                                  | Ausgeglichenes thermische Verhältnisse im Werkzeug<br><br>Entformung mit geringer mechanischen Beanspruchung der Spritzteile<br><br>Hinreichend präzise und steife Führung der bewegten Werkzeugbauteile   | Anfertigungsgenauigkeit sehr hoch |

**Tabelle D.1 (fortgesetzt)**

| <b>Kriterium</b>     | <b>Normalfertigung</b>                     | <b>Genaufertigung</b>   | <b>Präzisionsfertigung</b>  | <b>Präzisionssonderfertigung</b>  |
|----------------------|--|---|---|---|
| Formteilkonstruktion | Kunststoffgerechte Konstruktion            |   | Kunststoffgerechte Konstruktion mit Füllsimulation und Verzugsberechnung<br>Formteilkonstruktion muss homogene Temperierung ermöglichen   |   |
| Formmasse            | Rezyklat einsetzbar                        | Rezyklat definiert einsetzbar                                 | Nur wenige eng tolerierte Maße<br><br>Bei abrasiven Zusatzstoffen Verschleiß der Werkzeugkonturen kontrollieren Formmassen nur Typware mit eingeschränkten Liefertoleranzen (spezifizierte Formmasse)   |   |
| Einlegeteile         | Zukaufteile mit handelsüblichen Toleranzen |   | Zukaufteile mit reduzierten Toleranzen<br><br>Ggf. 100% Kontrolle besonders eng tolerierter und wichtiger Maße / Merkmale   |   |
| Personal             | Angelerntes Personal                       | Fachspezifisch ausgebildetes Personal                         | Handlungsgeräte zum Einlegen von Einlegeteilen<br><br>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<br><br>Anlauf- und Schlussprüfung mit prozessüberwachten engmaschigen Qualitätsprüfungen der speziell tolerierten Maße bis hin zu Einrichtungen für die 100% Kontrolle dieser Maße |   |
| Prozessdokumentation | Vorhanden                                  |   | 3D-Messtechnik<br><br>Vorhanden mit Chargen-Management  | 3D-Messtechnik höherer Genauigkeitsklasse<br><br>Dem Teil angepasste spezielle Verpackung, ggf. Einzelverpackung in Trays/ Lagen / Palettierung |
| Teileverpackung      |  | Nach Vereinbarung   |   | Jen nach Material speziell festgelegte Transport- und Lagerbedingungen  |

## Anhang E (informativ)

### Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeit

Die in der vorliegenden Norm angegebenen Fertigungstoleranzen sind als minimal mögliche Toleranzen anzusehen. In diesen Toleranzen sind keine zusätzlichen Spielräume zum Nachweis von Maschinen- oder Prozessfähigkeiten eingerechnet. 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. Vielmehr werden zum Beispiel Regelkarten zur Überwachung und Dokumentation des Spritzprozesses genutzt. 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.

Zusätzlich zu den Maschinen- und Prozessfähigkeitsnachweisen wird oft der Nachweis der Messmittelfähigkeit gefordert. 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.

## Anhang F (informativ)

### Hauptursachen für Maß-, Form- und Lageabweichungen bei der Formteilsfertigung

Die Hauptursachen für entsprechende Maßabweichungen sind:

- Formmasse- und verarbeitungsbedingte Streuung der Verarbeitungsschwindung;
- Unsicherheiten bei der Festlegung von Rechenwerten der Verarbeitungsschwindung zur Werkzeugkonturberechnung, insbesondere bei großen Schwindungswerten und bei Schwindungsanisotropie;
- Unterschiedliches Rückverformungsverhalten der Teile nach der Entformung, abhängig von Formmassesteifigkeit bzw. -härte;
- Werkzeugkonturverschleiß;
- Herstellungsbedingte Maßstreuung der Werkzeugkonturen einschließlich Härteverzug und Oberflächenbeschichtung;
- Deformationen von Werkzeugteilen infolge Druckbeanspruchung.

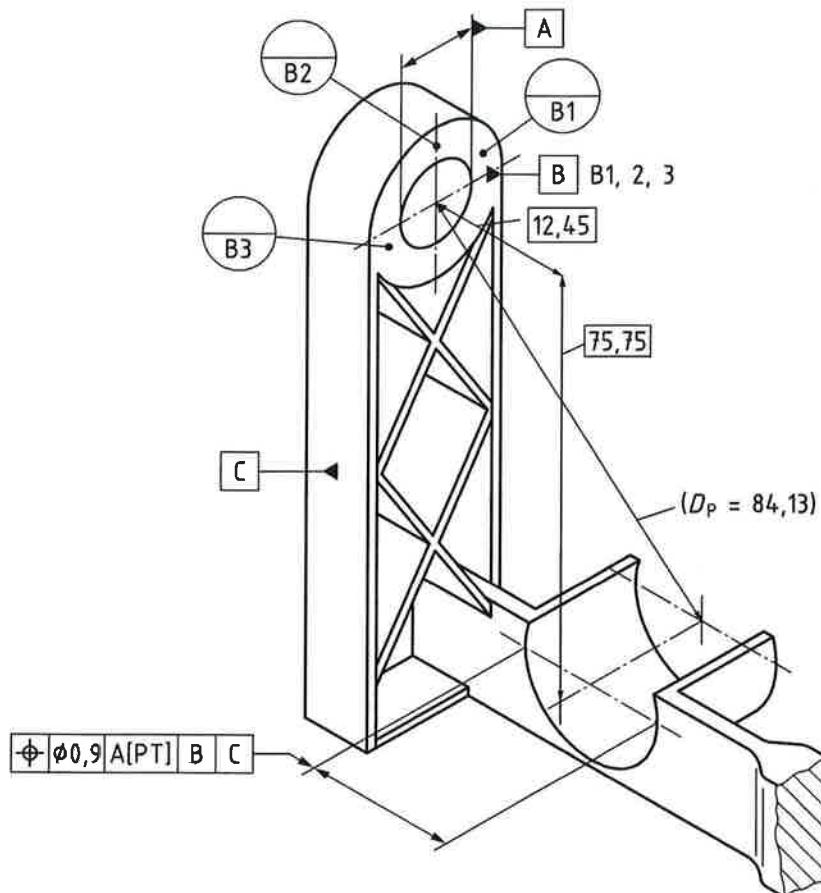
Form-, Lage- und Winkelabweichungen entstehen durch Verzug der Formteile infolge Schwindungsanisotropie und gegebenenfalls durch Ausgleich elastischer Spannungen nach der Entformung im Zusammenwirken mit der Formteilgestalt.

## Anhang G

(informativ)

### Beispiel zur Ermittlung des $D_P$ -Maßes zur Anwendung der Tabelle 9

Maße in Millimetern



**Bild G.1 — Beispielhafte Skizze zur Ermittlung des  $D_P$ -Maßes**

Das  $D_P$ -Maß wird nach 7.2 als die weiteste Entfernung im Raum zwischen dem zu tolerierenden Element und dem Ursprung des für diese Positionstolerierung verwendeten Bezugssystems bestimmt.

Diese Entfernung beträgt hier  $D_P = 84,13$  mm. Die technologisch haltbare Positionstoleranz beträgt bei TG 4 nach DIN 16742, Tabelle 9 (nicht werkzeuggebunden)  $\varnothing 0,9$  mm.

**ANMERKUNG** Sollte für die Vermaßung der Halbschale statt der Geometrischen Tolerierung eine dimensionale Tolerierung als Längenmaß gewählt werden, so wird zur Ermittlung der Toleranz für das Maß 12,45 mm mit  $D_P = 84,13$  mm in die Tabelle 2 gegangen und die dort ermittelte Toleranz für das Längenmaß 12,45 mm verwendet. Bei der Angabe der DIN 16742 – TG4 erhält im oben genannten Beispiel das Maß 12,45 mm die Toleranz  $\pm 0,32$  mm.

## Literaturhinweise

DIN 7708-1, *Kunststoff-Formmassen — Kunststofferzeugnisse — Begriffe*

DIN 30630, *Technische Zeichnungen — Allgemeintoleranzen in mechanischer Technik — Toleranzregel und Übersicht*

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

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

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 die Feststellung von Übereinstimmung oder Nichtübereinstimmung mit Spezifikationen*

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

DIN EN ISO 14660-1, *Geometrische Produktspezifikation (GPS) — Geometrieelemente — Teil 1: Grundbegriffe und Definitionen*

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

DIN EN ISO 17450-2, *Geometrische Produktspezifikation und -prüfung (GPS) — Allgemeine Begriffe — Teil 2: Grundlegende Lehrsätze, Spezifikationen, Operatoren und Unsicherheiten*

DIN ISO 1660, *Technische Zeichnungen — Eintragung von Maßen und Toleranzen von Profilen*

— Leerseite —

## Contents

Page

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Foreword</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>Introduction</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>1 Scope</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>2 Normative references</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>3 Terms and definitions</b> .....   | <b>8</b>  |
| <b>4 Symbols and abbreviated terms</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>4.1 Symbols</b> .....   | <b>9</b>  |
| <b>4.2 Abbreviated term</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>5 Tolerancing of plastic moulded parts</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>5.1 General</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>5.2 Indirect tolerancing by general tolerances</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>5.3 Direct tolerancing by dimension indication at nominal dimension</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>5.4 Tolerancing of draft angles</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>5.5 Dimensioning, tolerancing and measuring of radii</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>5.6 Specification of freeform surfaces</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>6 Moulding compound properties</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>6.1 General</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>6.2 Moulding shrinkage and shrinkage anisotropies</b> .....   | <b>11</b> |
| <b>6.3 Moulded material stiffness or hardness</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>7 Dimensional and geometrical tolerancing</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>7.1 Dimensional tolerancing</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>7.2 Geometrical tolerancing</b> .....   | <b>18</b> |
| <b>7.3 Parting line/Tool offset</b> .....  | <b>20</b> |
| <b>7.4 Tolerancing of angular dimensions</b> .....   | <b>21</b> |
| <b>7.5 Tolerance analysis of dimension chains</b> .....  | <b>21</b> |
| <b>8 Acceptance conditions for moulded part production (ABF)</b> .....   | <b>22</b> |
| <b>Annex A (informative) Dimensional reference levels for application and production of the moulded parts</b> .....      | <b>23</b> |
| <b>Annex B (informative) Causes and influential factors on the moulding shrinkage of non-porous plastics</b> .....       | <b>25</b> |
| <b>Annex C (informative) Orientation aids for the assignment of plastic moulding compounds to tolerance groups</b> ..... | <b>26</b> |
| <b>Annex D (informative) Evaluation of the production expense</b> .....  | <b>30</b> |
| <b>Annex E (informative) Validation of machine or process capability</b> .....   | <b>33</b> |
| <b>Annex F (informative) Main causes for dimension, form and location deviations in moulded part production</b> .....    | <b>34</b> |
| <b>Annex G (informative) Example for determining the <math>D_P</math> dimension for application of Table 9</b> .....     | <b>35</b> |
| <b>Bibliography</b> .....  | <b>36</b> |

## Figures

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figure 1 — Tool-specific dimensions .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>Figure 2 — Non-tool-specific dimensions .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>Figure 3 — Parting line/Tool offset.....</b>  | <b>21</b> |
| <b>Figure A.1 — Dimensional reference levels for application and production of the moulded parts .....</b> | <b>23</b> |
| <b>Figure G.1 — Example diagram for determination of the <math>D_P</math> dimension .....</b>              | <b>35</b> |

## Tables

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Table 1 — Tolerance groups (TG) with associated basic tolerance grades (IT) according to DIN EN ISO 286-1 .....</b> | <b>13</b> |
| <b>Table 2 — Plastic moulded part tolerances as symmetrical limit dimensions for sizes .....</b>                       | <b>15</b> |
| <b>Table 3 — Point assignment of the tolerance groups .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Table 4 — Evaluation matrices 1 .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>Table 5 — Evaluation matrices 2 .....</b>   | <b>16</b> |
| <b>Table 6 — Evaluation matrices 3 .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Table 7 — Evaluation matrices 4 .....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Table 8 — Evaluation of the production expense .....</b>  | <b>18</b> |
| <b>Table 9 — Plastic moulded part tolerances for position tolerances .....</b>   | <b>19</b> |
| <b>Table 10 — General tolerances for profile forms .....</b>   | <b>20</b> |
| <b>Table B.1 — Causes and influential factors on the moulding shrinkage of non-porous plastics .....</b>               | <b>25</b> |
| <b>Table C.1 — Tolerance series and tolerance groups .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>Table C.2 — Curing classification .....</b>   | <b>28</b> |
| <b>Table C.3 — Assignment of thermoset moulding compounds.....</b>   | <b>29</b> |
| <b>Table D.1 — Differentiation options or required expense .....</b>   | <b>31</b> |

## Foreword

This standard was prepared by the Working Committee NA 054-05-13 AA "Tolerances for plastics moulded parts" of the Plastics Standards Committee (FNK).

The German version of the DIN 16742 shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

A comma is used as the decimal marker.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. DIN [and/or DKE] shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

## Amendments

The following changes have been made in respect to standard DIN 16901:1982-11 withdrawn in 2009-10:

- a) establishment of an extensive compatibility with international tolerance and fitting system according to ISO 1, ISO 286-1, ISO 286-2, ISO 1101, ISO 1660, ISO 5458, ISO 5459, ISO 8015, ISO 10135, ISO 14253-1, ISO 14405-1, ISO 14405-2, ISO 14406, ISO 17450-1 and ISO 17450-2;
- b) replacement of a moulding compound list to be continuously updated by a type assignment based on accuracy-relevant properties;
- c) classification of the mobilised production expense (process stability, quality assurance) for the required accuracy level from a realistic analysis of the capacity of the moulded part manufacturer in tolerances series (expense series).

## Previous editions

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

## Introduction

In comparison to metal materials, significantly larger deviations in respect to dimension, form and location are usually to be expected when applying and manufacturing the moulded parts. Based on particular properties of the plastics (e. g. high deformability, low stiffness), the functional accuracy requirements are much lower than for metals in order to economically manufacture moulded parts with sufficient dimensional accuracy.

The properties profile is completely different from that of the metals owing to the special structure of the plastics and their material modification options. Properties of the plastics relevant to dimensional accuracy in the moulding application and during processing by the original mould method (injection moulding, compression moulding, rotational moulding) therefore require a much different evaluation and quantification of geometrical tolerances in comparison to the metal materials. The tolerance standards applicable for metal parts therefore cannot be adopted for plastic structures, or can only be done so to a very limited extent. That makes this standard necessary for production tolerances in respect to plastic moulded parts.

The special properties profile of the plastics means that three different dimensional reference levels defined in Annex A and characterised in respect to the main influential factors have to be taken into consideration.

The following logical processing sequence shall be complied with for the cooperation relations between moulded part development, moulded part production and tool making:

- a) The moulded part designer decides on the functionally required tolerances resulting from the application conditions and the assembly with consideration of the moulded part requirements.
- b) The moulded part manufacturer confirms, for compliance with the relation  
"functionally required tolerance  $\geq$  tolerance possible by manufacturing technology",

the tolerances possible with the manufacturing technology for the acceptance conditions of the moulded part production, whereby economic agreements (e. g. price surcharges) may have to be incorporated. The functionally required tolerances shall always be defined in the design documentation. In this way, absurdly accurate and uneconomical "fear and habitual tolerances" are avoided.

- c) The material of the moulded part is bindingly defined by the moulded part designer upon order placement. He therefore establishes the basis for determining the moulding shrinkage. After order placement, calculated values in respect to the moulding shrinkage shall be agreed between the moulded part manufacturer and toolmaker or tool designer, whereby external experience (e. g. moulded part compound manufacturer) may have to be utilised.

Depending on the moulded part compound specification, moulded part design and tool layout, the processing of the plastics has a significant effect on the dimensional stability of the moulded parts. The processing machines of the primary shaping method are complex thermodynamic-rheological compound systems, which are still processed and optimised empirically despite highly developed manufacturing technology.

Dimensionally-relevant properties of the plastics include the extreme range of the type-dependent stiffness or hardness as well as the moulding shrinkage. Unsteady and inhomogeneous tool and moulding temperatures in conjunction with orientations of microstructures and additional tolerances due to flow systems lead to property anisotropies, which cause a greater or lesser deformation (warpage, distortion, contortion) of the moulded parts. Furthermore, wall thickness differences or mass concentrations / material concentrations can be possible causes for deformation. Form, location and angle deviations are therefore connected in highly complex ways, which make standardisation much more difficult in comparison to metals.

Unavoidable process-induced deviations are therefore to be expected for the moulded part. The procedure to be followed in the case of deviations depends on the function of the moulded part and is subject to mandatory agreement:

- Eliminate deviation by design measures (strengthening ribs, material thickening, form changes etc.);
- correct deviation by specified retention in the tool;
- retain deviation and document it by limiting sample agreement or drawing correction;
- leave deviation and document by "production deviation".

NOTE Process-induced deviations can be reduced both by effective design of the moulded part and by optimisation of the production process.

## 1 Scope

This standard applies for the definition of possible manufacturing tolerances for plastic moulded parts. It applies exclusively for new designs from the date of issue of this standard.

It involves limit dimensions for size dimensions (two-point dimensions) as indirect tolerancing (general tolerances) and as direct tolerancing (indication of deviation at nominal size dimension).

For tolerancing of form deviation and positional deviation, profile form tolerances act as general tolerances and position tolerances for the direct tolerancing by cylindrical tolerance zone.

Procedural basis of this standard are original mould methods with closed tools such as injection moulding, injection compression moulding, transfer moulding and compression moulding of non-porous moulded parts made from thermoplastics, thermoplastic elastomers and thermosets as well as rotational moulding of thermoplastics. An analogous application of the standard is possible for special process variants, if this was agreed with the moulded part manufacturer.

Porous moulded parts (e. g. cellular plastics) as well as other moulding and processing methods do not belong to the scope of this standard. The same applies for process combinations from the original mould and forming methods (e. g. injection moulding blowing). Permissible tolerances are to be agreed for porous moulding materials.

If tolerances are required beyond the scope of the standard, these shall be agreed with the moulded part manufacturer and specified on the drawing.

Deviations from the moulded part surface quality such as sink marks, undesired flow structures and roughness as well as joint lines are not an object of this standard.

## 2 Normative references

The following documents that are cited in this document in whole or part are required for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

DIN EN ISO 291:2008-08, *Plastics — Standard atmospheres for conditioning and testing (ISO 291:2008); German version EN ISO 291:2008*

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

DIN EN ISO 527 (all parts), *Plastics — Determination of tensile properties*

DIN EN ISO 868:2003-10, *Plastics and ebonite — Determination of indentation hardness by means of a durometer (Shore hardness) (ISO 868:2003); German version EN ISO 868:2003*

DIN EN ISO 1043 (all parts), *Plastics — Symbols and abbreviated terms*

DIN EN ISO 1101, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Tolerances of form, orientation, location and run-out*

DIN EN ISO 5458, *Geometrical product specification (GPS) — Geometrical tolerancing — Positional tolerancing*

DIN EN ISO 5459, *Geometrical product specifications (GPS) — Geometrical tolerancing — Datums and datum systems*

DIN EN ISO 8015, *Geometrical product specification (GPS) — Fundamentals — Concepts, principles and rules*

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

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

DIN EN ISO 14405-2, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional tolerancing — Part 2: Dimensions other than linear sizes*

DIN EN ISO 18064, *Thermoplastic elastomers — Nomenclature and abbreviated terms*

DIN ISO 48, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)*

DIN ISO 10579, *Technical drawings; dimensioning and tolerancing; non-rigid parts*

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

### 3 Terms and definitions

The terms according to DIN EN ISO 8015 and the following terms apply for the application of this document.

#### 3.1

##### **design documentation**

documents and data necessary for complete structural description of components, assemblies or machines and devices

Note 1 to entry: These are initially 3D data records and drawings as well as part lists. They might be supplemented by measuring and test specifications. 3D data records or drawings alone only fully describe plastic moulded parts in rare exceptional cases.

Note 2 to entry: For further information see DIN EN ISO 17450-1 and DIN EN ISO 17450-2.

#### 3.2

##### **size**

distance between opposite points whose location is precisely defined for the measurement

Note 1 to entry: For further information see DIN EN ISO 17450-1.

## 4 Symbols and abbreviated terms

The symbols and abbreviated terms according to DIN EN ISO 1043, DIN EN ISO 18064 and the following symbols and abbreviated terms apply for the application of this document.

### 4.1 Symbols

|                  |  |
|------------------|--|
| $C$              | Tolerance mean dimension   |
| $C_A$            | Tolerance mean dimension for moulded part application  |
| $C_F$            | Tolerance mean dimension for moulded part production   |
| $C_W$            | Tolerance mean dimension for tool contour production   |
| $D_P$            | Furthest distance in the space between the element to be tolerated and the origin of the reference system used for this positional tolerancing |
| $L_F$            | Moulded part dimension   |
| $L_W$            | Tool contour dimension   |
| $N_F$            | Nominal dimension for moulded part drawings  |
| $P_g$            | Total number of points   |
| $P_i$            | Point evaluation of the individual influences  |
| $T$              | Tolerance  |
| $t$              | Form and location tolerance  |
| $T_A$            | Moulded part application tolerance   |
| $T_F$            | Moulded part production tolerance  |
| $T_W$            | Tool contour production tolerance  |
| $VS$             | Moulding shrinkage   |
| $VS_{\perp}$     | Moulding shrinkage transverse to the melt flow direction   |
| $VS_{\parallel}$ | Moulding shrinkage parallel to the melt flow direction   |
| $VS_{\max}$      | Maximum moulding shrinkage   |
| $VS_{\min}$      | Minimum moulding shrinkage   |
| $VS_R$           | Mean calculated value for the moulding shrinkage   |
| $\Delta L$       | Dimensional shift  |
| $\Delta L_A$     | Application-induced dimensional shift  |
| $\Delta L_V$     | Moulding-induced dimensional shift   |
| $\Delta S$       | Distribution of the moulding shrinkage   |
| $\Delta VS$      | Difference from $VS_{\perp}$ and $VS_{\parallel}$  |

## 4.2 Abbreviated term

|      |   |
|------|---|
| ABF  | Acceptance conditions for moulded part production |
| ABW  | Acceptance conditions for tool production         |
| AWB  | Application conditions                            |
| GA   | Limit dimension                                   |
| IRHD | International Rubber Hardness Degree              |
| IT   | Basic tolerance grade                             |
| NW   | Non-tool-specific dimensions                      |
| TG   | Tolerance group                                   |
| W    | Tool-specific dimensions                          |

## 5 Tolerancing of plastic moulded parts

### 5.1 General

The independency principle according to DIN EN ISO 8015 applies when using this standard.

Deviations from this principle (e. g. envelope requirement > size ISO 14405  $\ominus$  < or similar data) shall be agreed separately between the contractual partners.

Moulded part drawings or CAD data records correspond to the nominal geometry. The tolerances are symmetrical to the nominal geometry. Asymmetrical tolerances for sizes (e. g. fit dimensions) shall be converted to a symmetrical tolerance field location by the formal nominal dimension modification to tolerance mean dimension C:  $100_{-0,6} \rightarrow 99,7 \pm 0,3$ .

The procedure for the verification is to be defined uniquely. In particular in the case of non-dimensionally-stable parts, the measuring concept is of special importance (functional orientation, reference system and overdetermination, gravitational influence, pretension etc.), see also DIN ISO 10579.

Unless otherwise defined, plastic moulded parts where the general tolerances are not complied with do not have to be automatically rejected if the function is not impaired.

In the case of multiple component parts, the tolerance group shall be determined for each material and indicated as a separate general tolerance (e. g. hard component according to TG 4, soft component according to TG 7).

The less accurate material forms the basis of the tolerance determination in the case of multiple material sizes.

$23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  and  $50\% \pm 10\%$  relative air humidity is defined as a standard atmosphere in the plastic range in DIN EN ISO 291. It shall be indicated in the labelling field the following note: "Tolerancing ISO 8015  $\text{AD}$  – DIN EN ISO 291:2008-08".

### 5.2 Indirect tolerancing by general tolerances

Only series 1 (standard production) according to Table 8 applies for general tolerances. General tolerances shall be indicated in or on the labelling field, for example: General tolerances DIN 16742 – TG6.

The profile form tolerances apply as general tolerances, a reference system shall be determined for this.

Should general toleranced dimensions be submitted to an orientating dimension control, they have to be indicated with respect to the metrological feasibility in the drawing.

### 5.3 Direct tolerancing by dimension indication at nominal dimension

Acceptance dimensions are all directly tolerated characteristics. All dimensions with general tolerances are not considered in the test record.

Position tolerances are not general tolerances. If required by the function, they shall be entered directly in the drawing.

The dimensional tolerance shall be indicated directly by dimensions for moulded parts dimensions with justifiably high dimensional stability requirements. When doing so, it shall be noted that the dimensional boundary lines or points represent inspection dimensions (reference dimensions, acceptance dimensions). The number of directly tolerated dimensions per moulded part shall be kept as low as possible for economic reasons.

### 5.4 Tolerancing of draft angles

Drafts (also draft angles) are production-induced inclinations on the moulded part in the demoulding orientation of moving tool parts (e.g. punches, gate valves, jaws), which are specified as an integral component of the moulded part drawings or the CAD data records of the moulded part manufacturer for tool design and tool making as well as parts production. Inclination dimension differences specified in terms of design are not a component of dimensional tolerances or form and location deviations.

Measuring points shall be defined at suitable areas for functional dimensions in the specification in order to define two-point dimensions.

### 5.5 Dimensioning, tolerancing and measuring of radii

Minimum 90° of the circle segment shall be provided as a measurable contour for the specification of radii.

NOTE Radii can alternatively be tolerated by profile forms.

### 5.6 Specification of freeform surfaces

Free form surfaces shall be specified with a profile form tolerance. The verification shall be coordinated.

## 6 Moulding compound properties

### 6.1 General

This standard does not contain any type lists for moulding compounds or their assignment to attainable production accuracies. Accuracy-relevant properties shall be considered in order to indicate a general assignment scheme for the large number and variety of moulding compounds.

### 6.2 Moulding shrinkage and shrinkage anisotropies

The moulding shrinkage (VS) is the relative difference between the tool contour dimension  $L_W$  at 23 °C ± 2 K and the corresponding moulded part dimensions  $L_F$  16 h to 24 h after production, stored until measurement and measured at 23 °C ± 2 K and 50 % ± 10 % air humidity. It is calculated according to equation (1).

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

Where

$L_F$  is the moulded part dimension;

$L_W$  is the tool contour dimension.

The moulding shrinkage for thermoplastics and thermoplastic elastomers is determined (e. g. test panels) according to DIN EN ISO 294-4 and for thermosets according to ISO 2577 on standard test specimens. Physical causes of the moulding shrinkage and the effect of influencing factors are indicated in Annex B and Annex F.

Shrinkage anisotropy is quantified by the absolute difference  $\Delta VS$  from moulding shrinkage transverse to the melt flow direction  $VS_{\perp}$  and the moulding shrinkage parallel to the melt flow direction  $VS_{\parallel}$ . See equation (2).

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

Physical main causes are the:

- moulding impediments as a result of different thermal contraction by solidified boundary layers, material concentrations and locally different tool contour temperatures as well as by the effect of the moulded part design;
- moulding differences due to anisotropic strengthening materials (e. g. fabrics, knitted fabrics, rovings);
- orientation of filling and strengthening materials, molecules and morphological structures due to flowing processes as a result of shear and elongation flows. In particular, particle shape and aspect ratio (length-thickness ratio or side-thickness ratio) of the filling and strengthening materials affect the anisotropy characteristics.

It can be derived from the diverse influences on the moulding shrinkage and shrinkage anisotropy that numerical values are only realistic as range data. The resultant distribution of the moulding shrinkage  $\Delta S$  is derived from the extreme values  $VS_{\max}$  and  $VS_{\min}$ . It is calculated according to equation (3).

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

The size range of the shrinkage distribution can be affected by production conditions (process optimisation), batch-relevant moulding compound differences, moulded part shape and spur technology.

Average calculated values of the moulding shrinkage  $VS_R$  are specifications for tool design, construction and sampling of the tools. It is calculated according to equation (4).

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

This calculated value, which is a basis for the tool design, is primarily expected from the moulded part manufacturer, as the latter can actively influence the shrinkage in limits and usually has corresponding data. They can be generated as a by-product from dimensional check measurements. In special cases, the manufacturer can use corresponding data and experience of the moulding compound manufacturer. In the case of distinct shrinkage anisotropy, the shrinkage differences can be considered to a limited extent by dimensional provisions in the tool. Computer-assisted shrinkage and deformation statements might be able to provide information in respect to this.

The shrinkage distribution is also of major significance for the attainable production accuracy. This value range is to be estimated according to experience of the moulded part manufacturer.

**NOTE** If the shrinkage anisotropy cannot be considered adequately in the contour calculation, a larger shrinkage distribution and hence deformation is to be expected. A timely coordination between the customer and moulded part manufacturer is necessary in respect to this.

### 6.3 Moulded material stiffness or hardness

The elastic recovery (relaxation) of the moulding material after removal of the part has a significant effect on the length dimensions. The main cause for this is the different stiffness or hardness of the moulding material directly after removal from the mould. It is quantified by the original modulus of elasticity from the short-term test according to DIN EN ISO 527 as well as by the Shore indentation hardness according to DIN EN ISO 868:2003-10 (method A and method D) or by the ball indentation hardness for elastomers according to DIN ISO 48 (International Rubber Hardness Degree). All tests refer to 23 °C and normally conditioned test specimens. The required data can be found in the specifications of the moulding compound suppliers.

## 7 Dimensional and geometrical tolerancing

### 7.1 Dimensional tolerancing

#### 7.1.1 Tolerance groups for size elements

In order to approximately adapt the distribution of the production tolerances resulting from the moulding compound and process and their particular nominal dimensional relation for plastic moulded parts to the ISO system for limit dimensions and fits according to DIN EN ISO 286-1 and -2, nine tolerance groups (TG1 to TG9) in four nominal dimension ranges were assigned to the ISO basic tolerance grades (IT) for tool-specific dimensions in Table 1.

**Table 1 — Tolerance groups (TG) with associated basic tolerance grades (IT) according to DIN EN ISO 286-1**

| Nominal dimension<br>mm | ISO standard tolerance grades (IT) for tool-specific dimensions |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                         | TG1   | TG2 | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 | TG9 |
| 1 to 6                  | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| > 6 to 120              | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  |
| > 120 to 500            | —   | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  |
| > 500 to 1000           | —   | —   | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | N.N |

The tolerances are subject to mandatory agreement as a rule for nominal dimensions below 1 mm and above 1000 mm.

**NOTE** Table 1 is to be understood as information for the basic layout and content of Table 2. No use is necessary either.

The permissible limit dimensions for plastic moulded parts are summarised for the practical application in Table 2.

The production method rotational moulding is classified into tolerance group 9.

Different deformations and deviations of location of tool parts for the pressure load are recorded by the differentiation of tool-specific and non-tool-specific moulded part dimensions, as the type of tool contour locking embodies different degrees of accuracy. Tool-specific dimensions are dimensions in the same tool part, while non-tool-specific dimensions are derived from the interaction of different tool parts and which hence tend to cause larger dimensional distributions (Figure 1 and Figure 2).

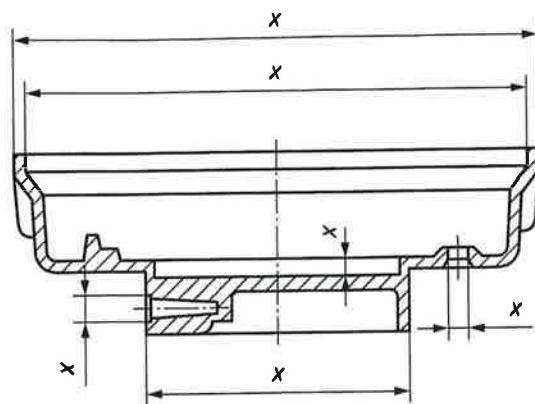
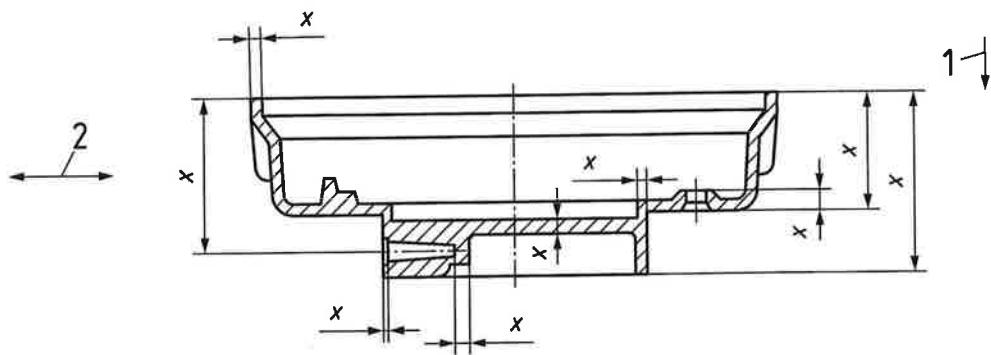


Figure 1 — Tool-specific dimensions



**Key**

- 1 Closing direction
- 2 Movement direction of the gate valve

Figure 2 — Non-tool-specific dimensions

**Table 2 — Plastic moulded part tolerances as symmetrical limit dimensions for sizes**

Dimensions in millimetres

| Tolerance group | Limit dimensions (GA) for nominal size ranges |          |           |            |            |            |            |             |              |              |              |              |              |              |              |
|-----------------|---|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                 | > 1 to 3                                      | > 3 to 6 | > 6 to 10 | > 10 to 18 | > 18 to 30 | > 30 to 50 | > 50 to 80 | > 80 to 120 | > 120 to 180 | > 180 to 250 | > 250 to 315 | > 315 to 400 | > 400 to 500 | > 500 to 630 | > 630 to 800 |
| 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       | ± 0,20       | ± 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       | ± 0,55       | ± 0,63       |
|                 | NW ± 0,031                                    | ± 0,050  | ± 0,06    | ± 0,07     | ± 0,08     | ± 0,10     | ± 0,15     | ± 0,20      | ± 0,23       | ± 0,26       | ± 0,40       | ± 0,55       | ± 0,63       | ± 0,70       | ± 0,77       |
| 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       | ± 0,55       | ± 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       | ± 0,55       | ± 0,63       | ± 0,70       | ± 0,77       |
| 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       | ± 1,15       | ± 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       | ± 1,00       | ± 1,15       | ± 1,30       | ± 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       | ± 1,60       | ± 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       | ± 1,60       | ± 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       | ± 2,20       | ± 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       | ± 2,20       | ± 2,50       | ± 2,80       | ± 3,10       |
| 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       | ± 5,50       | ± 6,25       |
|                 | 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       | ± 6,25       | ± 7,75       |
| TG9             | W ± 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       | ± 8,50       | ± 11,50      |

NOTE 1 W: Tool-specific dimensions; NW: Non-tool-specific dimensions.

NOTE 2 The differentiation of tool-specific and non-tool-specific dimension is not necessary for TG9.

NOTE 3 Tolerance mean dimensions apply as nominal sizes for moulded part drawings ( $N_F = C_F$ ). For tolerancing of the distance between parallel surfaces that do not face each other directly but are arranged shifted to one another, the  $D_P$  dimension according to 7.2 of this standard is to be used as nominal size.

NOTE 4 Dimensions under 1 mm and above 1 000 mm are subject to mandatory agreement.

NOTE 5 Only the limit values for non-tool-specific dimensions are to be used for general tolerances. Tolerances for material thicknesses are subject to mandatory agreement.

NOTE 6 General tolerances are to be indicated in the design documentation as follows. Example: DIN 16742 – TG6.

NOTE 7 For validation of machine and process capability, see Annex E.

NOTE 8 For validation of machine and process capability, see Annex E.

## 7.1.2 Determination of the tolerance groups

### 7.1.2.1 General

The required degree of accuracy of the moulded part production is defined with the corresponding tolerance group according to Table 1. An oriented assignment scheme using point evaluation of five individual influences  $P_i$  with the total number of points  $P_g$  yields the tolerance group according to Table 3:

$$P_g = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \quad (5)$$

where

$P_g$  the total number of points;

$P_i$  the point evaluation of the individual influences.

**Table 3 — Point assignment of the tolerance groups**

| TG    | TG1 | TG2 | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 | TG9      |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
| $P_g$ | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | $\geq 9$ |

In the limit areas of the decision making, the tolerance group assignment is also the responsibility of the user without continuous point evaluation. A coordination with the moulded part manufacturer might then be necessary.

### 7.1.2.2 Evaluation of the production process and moulding compound properties ( $P_1$ to $P_4$ )

The point assignment is conducted with the following evaluation matrices (see Table 4, 5, 6 and 7), whereby the evaluation is at the user's discretion for limit ranges of the properties ( $P_2$  to  $P_4$ ).

**Table 4 — Evaluation matrices 1**

| Production process  | $P_1$ |
|---|-------|
| Injection moulding, injection compression moulding, transfer moulding | 1     |
| Compression moulding, impact extrusion                                | 2     |

**Table 5 — Evaluation matrices 2**

| Moulded material stiffness or hardness     |                |               | $P_2$ |
|--|----------------|---------------|-------|
| Modulus of elasticity<br>N/mm <sup>2</sup> | Shore D        | Shore A; IRHD |       |
| above 1 200                                | above 75       | —             | 1     |
| above 30 to 1 200                          | above 35 to 75 | —             | 2     |
| 3 to 30                                    | —              | 50 to 90      | 3     |
| below 3                                    | —              | below 50      | 4     |

**Table 6 — Evaluation matrices 3**

| Moulding shrinkage (calculated value) | $P_3$ |
|---------------------------------------|-------|
| below 0,5 %                           | 0     |
| 0,5 % to 1 %                          | 1     |
| above 1 % to 2 %                      | 2     |
| above 2 %                             | 3     |

The maximum shrinkage characteristic value is definitive for the assignment in the case of shrinkage anisotropy.

**Table 7 — Evaluation matrices 4**

| Consideration of the shrinkage differences due to geometry and process   | $P_4$ |
|--|-------|
| <b>Precisely possible:</b> Calculated values of the VS are known. (For example from experience, systematic measurements, computer simulations.) Shrinkage anisotropy is meaningless or can be considered sufficiently accurately in the relevant dimensional orientation. Possible deviations from the calculated value are max. $\pm 10\%$ .      | 1     |
| <b>Precisely possible with limitations:</b> Calculated values of the VS are known in ranges max. to $\pm 20\%$ .   | 2     |
| <b>Only imprecisely possible:</b> Calculated values of the VS are only known as rough guide values ranges. Shrinkage anisotropy cannot be considered or can only be considered inadequately. Practical experience for estimating relevant calculated values is not available. Possible deviations from the calculated value are above $\pm 20\%$ . | 3     |
| In general, it is assumed that the shrinkage fluctuations due to variations in the processing conditions and differences in the moulding compound properties can be approximately $\pm 30\%$ of the calculated value of the VS. The selection $P_4 = 3$ is to be made if no other information is available.  |       |

**NOTE 1** After determining  $P_1$  to  $P_4$  and their addition, it should be checked whether the structurally required tolerance can be attained technologically with series 1 (normal production). If this is fulfilled, all further considerations will be sufficient. The increase in the production expense contained in  $P_5$  only has to be considered if the functionally required tolerance is not attained.

**NOTE 2** The method according to Annex C can be used as an oriented assignment for moulding compounds. This method does not replace the detailed point evaluation.

### 7.1.2.3 Evaluation of the production expense ( $P_5$ )

The expense necessary for the moulded part manufacturer for production and quality assurance is definitive for the level of the production accuracy. A differentiation is made by tolerance series (see Table 8).

**Table 8 — Evaluation of the production expense**

| Tolerance series  | $P_5$  |    |
|---|--|----|
| <b>Series 1 (normal production)</b>   | Production realised with general tolerances.<br>Dimensional stability requirements that do not form any special quality focus. | 0  |
| <b>Series 2 (accurate production)</b>   | Production and quality assurance are oriented to higher dimensional stability requirements.                                    | -1 |
| <b>Series 3 (precision production)</b>  | Full alignment of production and quality assurance to the very high dimensional stability requirements.                        | -2 |
| <b>Series 4 (precision special production)</b>  | As series 3, but with more intensive process monitoring.   | -3 |
| The tolerance series 3 (precision production) and 4 (precision special production) are always subject to mandatory agreement. |  |    |

Exemplary selection criteria are listed in Annex D to assist the series assignment.

**NOTE** If a higher accuracy level (series 2, series 3 and series 4) is necessary for directly toleranced dimensions, the series assignment should be performed after evaluation of the necessary fulfilment degree of the questions below:

- Are the moulded parts devised to be plastic compatible and optimally designed and dimensioned in respect to dimensional stability?
- Are the tools functionally reliable as well as sufficiently stiff mechanically, thermally and rheologically balanced?
- Do machines, systems and devices as well as the operating personnel ensure a sufficiently precise production workflow including quality assurance?
- Are corresponding terms of delivery agreed in respect to the dimensionally-relevant properties level of the moulding compounds, in particular the shrinkage fluctuations, and are these checked?

The expense currently to be realised by the moulded part manufacturer is derived from the required dimensional tolerances. Precision productions (series 3 and series 4) are special cases whose realisation might require special agreements between the buyer and manufacturer of the moulded parts from an economic operational viewpoint (e. g. price surcharges) as well. It should therefore be expressly noted that unnecessarily high tolerance requirements lead to unnecessarily high moulded part costs.

## 7.2 Geometrical tolerancing

Any form and location tolerancing<sup>1)</sup> shall be agreed between the buyer and manufacturer of the moulded parts. DIN EN ISO 1101 and DIN EN ISO 5458 in a reference system according to DIN EN ISO 5459 apply for area form, line form and position tolerances.

A component can have one or more reference systems. The furthest distance of the toleranced element to the origin of the reference system used for the position tolerance ( $D_P$ ) shall be applied to determine the position tolerance. This does not have to correspond to the coordinate system of the component or from the assembly. The  $D_P$  dimension is the nominal dimension for determination of the position tolerance according to Table 9. The same also applies to profile form tolerances according to Table 10.

<sup>1)</sup> This also includes, in particular, the freeform surfaces.

Table 9 — Plastic moulded part tolerances for position tolerances

| Tolerance group |    | Diameter of the cylindrical tolerance zones for the $D_p$ nominal dimension ranges |          |           |            |            |            |            |             |              |              |              |              |              |              |              |               |
|-----------------|----|--|----------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|                 |    | > 1 to 3   | > 3 to 6 | > 6 to 10 | > 10 to 18 | > 18 to 30 | > 30 to 50 | > 50 to 80 | > 80 to 120 | > 120 to 180 | > 180 to 250 | > 250 to 315 | > 315 to 400 | > 400 to 500 | > 500 to 630 | > 630 to 800 | > 800 to 1000 |
| TG1             | W  | Ø 0,020  | Ø 0,034  | Ø 0,05    | Ø 0,06     | Ø 0,07     | Ø 0,09     | Ø 0,11     | Ø 0,12      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |               |
|                 | NW | Ø 0,034  | Ø 0,05   | Ø 0,06    | Ø 0,07     | Ø 0,09     | Ø 0,11     | Ø 0,12     | Ø 0,14      | -            | -            | -            | -            | -            | -            | -            |               |
| TG2             | W  | Ø 0,04   | Ø 0,06   | Ø 0,08    | Ø 0,10     | Ø 0,12     | Ø 0,14     | Ø 0,17     | Ø 0,26      | Ø 0,37       | Ø 0,42       | Ø 0,45       | Ø 0,51       | Ø 0,57       | -            | -            |               |
|                 | NW | Ø 0,06   | Ø 0,08   | Ø 0,10    | Ø 0,12     | Ø 0,14     | Ø 0,17     | Ø 0,26     | Ø 0,37      | Ø 0,42       | Ø 0,45       | Ø 0,51       | Ø 0,57       | Ø 0,62       | -            | -            |               |
| TG3             | W  | Ø 0,06   | Ø 0,09   | Ø 0,14    | Ø 0,17     | Ø 0,20     | Ø 0,23     | Ø 0,28     | Ø 0,42      | Ø 0,57       | Ø 0,65       | Ø 0,74       | Ø 0,82       | Ø 1,1        | Ø 1,6        | Ø 2,0        |               |
|                 | NW | Ø 0,09   | Ø 0,14   | Ø 0,17    | Ø 0,20     | Ø 0,23     | Ø 0,28     | Ø 0,42     | Ø 0,57      | Ø 0,65       | Ø 0,74       | Ø 0,82       | Ø 1,1        | Ø 1,6        | Ø 2,0        | Ø 2,2        |               |
| TG4             | W  | Ø 0,08   | Ø 0,14   | Ø 0,23    | Ø 0,25     | Ø 0,31     | Ø 0,37     | Ø 0,42     | Ø 0,65      | Ø 0,90       | Ø 1,0        | Ø 1,2        | Ø 1,3        | Ø 1,8        | Ø 2,5        | Ø 2,8        | Ø 3,3         |
|                 | NW | Ø 0,14   | Ø 0,23   | Ø 0,25    | Ø 0,31     | Ø 0,37     | Ø 0,42     | Ø 0,65     | Ø 0,90      | Ø 1,0        | Ø 1,2        | Ø 1,3        | Ø 1,8        | Ø 2,5        | Ø 2,8        | Ø 3,3        | Ø 3,7         |
| TG5             | W  | Ø 0,14   | Ø 0,23   | Ø 0,31    | Ø 0,40     | Ø 0,48     | Ø 0,57     | Ø 0,65     | Ø 1,0       | Ø 1,4        | Ø 1,6        | Ø 1,8        | Ø 2,0        | Ø 2,8        | Ø 4,0        | Ø 4,5        | Ø 5,1         |
|                 | NW | Ø 0,23   | Ø 0,31   | Ø 0,40    | Ø 0,48     | Ø 0,57     | Ø 0,65     | Ø 1,0      | Ø 1,4       | Ø 1,6        | Ø 1,8        | Ø 2,0        | Ø 2,8        | Ø 4,0        | Ø 4,5        | Ø 5,1        | Ø 5,9         |
| TG6             | W  | Ø 0,20   | Ø 0,34   | Ø 0,51    | Ø 0,62     | Ø 0,74     | Ø 0,88     | Ø 1,1      | Ø 1,6       | Ø 2,3        | Ø 2,6        | Ø 3,0        | Ø 3,3        | Ø 4,5        | Ø 6,2        | Ø 7,1        | Ø 7,9         |
|                 | NW | Ø 0,34   | Ø 0,51   | Ø 0,62    | Ø 0,74     | Ø 0,88     | Ø 1,1      | Ø 1,6      | Ø 2,3       | Ø 2,6        | Ø 3,0        | Ø 3,3        | Ø 4,5        | Ø 6,2        | Ø 7,1        | Ø 7,9        | Ø 8,8         |
| TG7             | W  | Ø 0,37   | Ø 0,57   | Ø 0,82    | Ø 1,0      | Ø 1,2      | Ø 1,4      | Ø 1,7      | Ø 2,6       | Ø 3,5        | Ø 4,0        | Ø 4,5        | Ø 5,0        | Ø 7,4        | Ø 10,0       | Ø 11,3       | Ø 13,0        |
|                 | NW | Ø 0,57   | Ø 0,82   | Ø 1,0     | Ø 1,2      | Ø 1,4      | Ø 1,7      | Ø 2,6      | Ø 3,5       | Ø 4,0        | Ø 4,5        | Ø 5,0        | Ø 7,4        | Ø 10,0       | Ø 11,3       | Ø 13,0       | Ø 14,0        |
| TG8             | W  | Ø 0,57   | Ø 0,88   | Ø 1,3     | Ø 1,6      | Ø 1,8      | Ø 2,3      | Ø 2,7      | Ø 4,0       | Ø 5,7        | Ø 6,5        | Ø 7,4        | Ø 8,0        | Ø 11,3       | Ø 16,0       | Ø 18,0       | Ø 22,0        |
|                 | NW | Ø 0,88   | Ø 1,3    | Ø 1,6     | Ø 1,8      | Ø 2,3      | Ø 2,7      | Ø 4,0      | Ø 5,7       | Ø 6,5        | Ø 7,4        | Ø 8,0        | Ø 11,3       | Ø 16,0       | Ø 18,0       | Ø 20,0       | Ø 22,0        |
| TG9             |    | Ø 0,85   | Ø 1,4    | Ø 2,1     | Ø 2,6      | Ø 3,0      | Ø 3,5      | Ø 4,2      | Ø 6,4       | Ø 9,0        | Ø 10,0       | Ø 11,5       | Ø 13,0       | Ø 18,0       | Ø 24,0       | Ø 28,0       | Ø 33,0        |

NOTE 1 W: Tool-specific dimensions; NW: Non-tool-specific dimensions.

NOTE 2 The differentiation of tool-specific and non-tool-specific dimension is not necessary for TG9.

NOTE 3 Dimensions under 1 mm and above 1 000 mm are subject to mandatory agreement.

NOTE 4 For validation of machine and process capability, see Annex E.

The prerequisites  $P_2 = 1$  and  $P_3 + P_4 \leq 3$  should apply for the line and area form tolerances (see Table 5, 6 and 7) for consideration of the moulded part properties.

The empirical tolerance values  $t$  from Table 10 in relation to the  $D_P$  nominal dimension shall be used for general tolerances for profile form areas.

**Table 10 — General tolerances for profile forms**

Dimensions in millimetres

| $D_P$ nominal dimension | $\leq 30$ | $> 30$ to $100$ | $> 100$ to $250$ | $> 250$ to $400$ | $> 400$ to $1\,000$ |
|-------------------------|-----------|-----------------|------------------|------------------|---------------------|
| Tolerance value $t$     | 0,5       | 1               | 2                | 4                | 6                   |

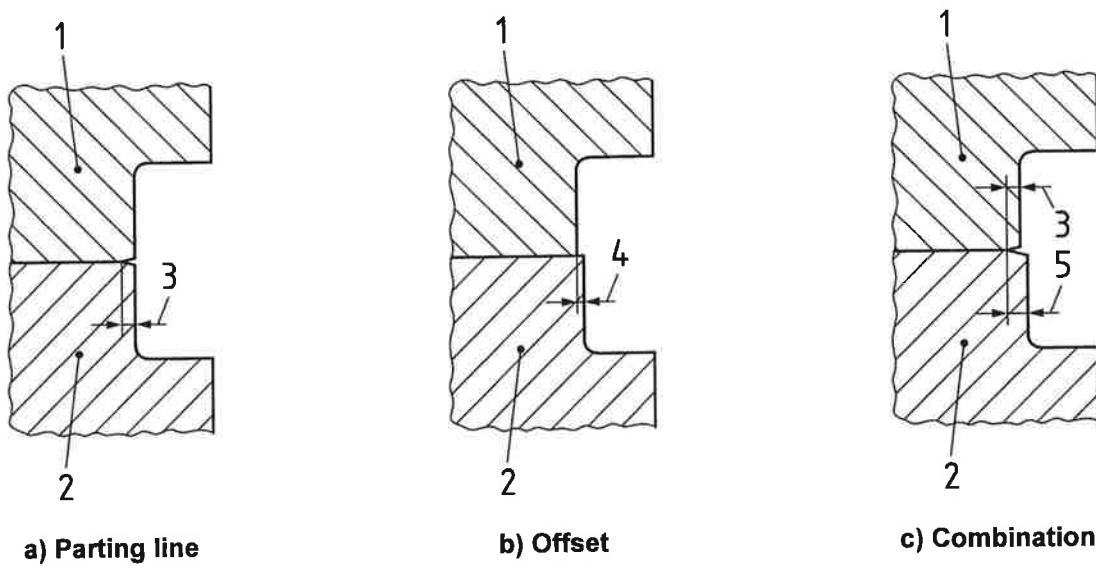
### 7.3 Parting line/Tool offset

As a rule, visible parting lines are unavoidable in the production of plastic parts in the original mould process. The location of the parting lines shall be agreed between the manufacturer and buyer. A distinction must be made between a parting line and a parting offset here. (see Figure 3)

The essential influencing factors for the parting line are:

- moulded part design;
- viscosity of the plastics in the processing state;
- processing parameters (essentially melt temperature, tool contour temperature, injection speed, tool inside pressure, tool retaining force and location of the changeover point);
- quality of the mould release in the tool (accuracy of the mechanical processing, hardness of the contour-giving component parts, service life of the tool).

In contrast, the size of the visible mould offset is affected by the precision during production of the tools and the centring precision of the processing machine.

**Key**

- 1 Tool element 1
- 2 Tool element 2
- 3 Parting line
- 4 Offset
- 5 Parting line + offset

**Figure 3 — Parting line/Tool offset**

As a rule, combinations of both parting faults always occur (see Figure 3 c)).

A distinction is to be made into functional and subordinate areas here.

As a rule, the required mould parting conditions shall be defined in size and location for functional and subordinate areas. DIN EN ISO 10135 shall be used for the symbols.

#### **7.4 Tolerancing of angular dimensions**

Directly toleranced angles and edges are subject to mandatory agreement.

All angles and edges not directly toleranced are negligible for verification.

#### **7.5 Tolerance analysis of dimension chains**

The conventional tolerance chain calculation presupposes rigid bodies and is therefore primarily unsuitable for plastic parts. In case of tolerance analyses of dimension chains for non-stiff parts, chain members can be used as deformable compensation members for tolerance compensation for structures with less stiffness.

## 8 Acceptance conditions for moulded part production (ABF)

The test dimensions are regarded as acceptance values for normative acceptance conditions, if the moulded parts are stored at  $23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  and  $50\% \pm 10\%$  relative air humidity after production until acceptance as well as tested no earlier than 16 h and no later than 72 h after production.

If the above acceptance conditions are deviated from by the parts manufacturer, the acceptance parameters shall be agreed separately between the manufacturer and buyer and documented (e. g. in or on the labelling field with the note: Tolerancing ISO 8015 ~~AD~~ – "Agreement document"):

- dimensional location and dimensional deviations (if necessary, after testing);
- dimensional inspection method;
- minimum and maximum time period of the dimensional inspection after the parts production;
- storage and test conditions until parts acceptance (room air temperature, relative air humidity, if necessary a special storage regulation).

Such deviations from the usual acceptance conditions can be:

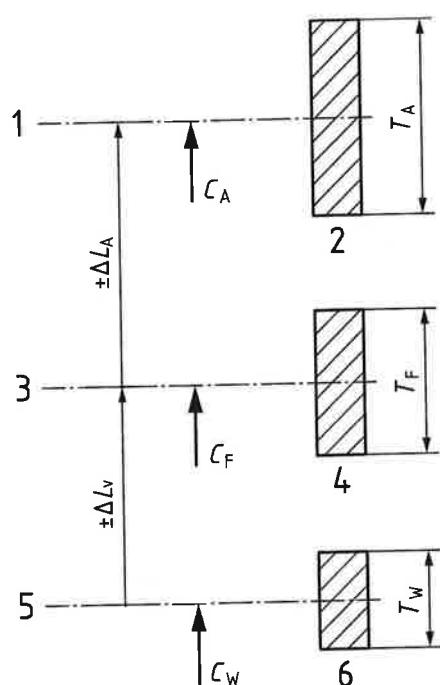
- follow-up operations at the parts manufacturer with material application (painting, coating) or material removal (cutting, grinding, polishing);
- parts aftertreatment by tempering (preliminary removal of the after-shrinkage, compensation of inner tensions, after-hardening) or follow-up operations with significant thermal parts load (painting, solder wire treatment etc.);
- parts aftertreatment by conditioning, e. g. by soaking (preliminary removal of the swelling, increasing toughness);
- low dimensional stability of structure and state of mould material for ABF. Examples are structural changes to the crystalline phase of semi-crystalline polymers (e. g. PB-1) and swelling as well as plasticisation as a result of water absorption of thin-walled moulded parts (below 2 mm) made from hydrophilic polymers (e. g. PA6, PA66, PA46; biopolymers).

## Annex A (informative)

### Dimensional reference levels for application and production of the moulded parts

#### A.1 Sizes and dimensional relations

Dimensional reference levels for application and production of the moulded parts for identification of the position (tolerance mean dimension  $C$ ), the shift (dimensional shift  $\Delta L$ ) and the distribution (tolerance  $T$ ) for the dimensional levels:



#### Key

- 1 Parts application (AWB)
- 2 Moulded part application tolerance (total tolerance)
- 3 Parts production (ABF)
- 4 Moulded part production tolerance
- 5 Tool production (ABW)
- 6 Tool contour production tolerance

**Figure A.1 — Dimensional reference levels for application and production of the moulded parts**

## A.2 Application conditions (AWB)

Application conditions (AWB) are all utilisation and storage conditions of the parts during the application time period after production, insofar as they effect the dimensional stability and functional performance of the products.

Application-induced dimensional shifts  $\Delta L_A$  result from the application conditions as situation-dependent overlapping of various individual influences with variations in time. Anisotropy effects can be of major significance in this respect.

The types and orientation of action are defined as follows:

- thermal expansion (+) or contraction (-): Dimensional change caused by temperature change, which ensues with little time delay to the temperature change of the parts and hence must always be considered.
- swelling (+) and/or post-moulding shrinkage (-): Dimensional change caused by molecular and micro-morphological structural processes as well as by diffusion and migration processes, which ensues with large time delay to the change of the relevant active factors and must hence be considered as a complex variable in relation to situation and time. After-shrinkage results from molecular short-range order effects (e. g. post-crystallisation, readjustment of molecular orientations), chemical reactions (e. g. post curing), dissipation of volatile components or drying out (e. g. water, condensation products, solvents and thinners, plasticisers), migration of liquid and solid components (e. g. plasticiser migration, chalking) as well as by relaxation (compensation) of elastic tensions. Swelling is caused by media absorption, in particular also water absorption.
- wear of internal dimensions (+) or external dimensions (-): Dimensional change caused by material abrasion, which is to be considered in relation to the type, size duration of the wear load (friction, cavitation, erosion).
- mechanical deformation as expansion (+) or compression (-): Part deformation caused by external forces and/or moments.

## A.3 Processing-induced dimensional shift $\Delta L_V$

Processing-induced dimension shift  $\Delta L_V$  results from dimensional decrease (-) due to the moulding shrinkage and possibly from partial dimensional increase (+) as a result of dimensional corrections for dead compression areas (crushing areas), loose enclosures and jaws. The designation contour allowance is also normal for  $\Delta L_V$ .

## Annex B (informative)

### Causes and influential factors on the moulding shrinkage of non-porous plastics

The causes and influential factors on the moulding shrinkage of non-porous plastics are shown in Table B.1.

**Table B.1 — Causes and influential factors on the moulding shrinkage of non-porous plastics**

| Causes  | Effect on the moulding shrinkage   |  |
|---|--|--|
|   | reducing   | increasing   |
| Density increase as a result of thermal contraction due to cooling from demoulding temperature to room temperature and the compression due to the effects of pressure | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High effective pressure on moulding compound until demoulding and contour until demoulding (after-pressure)</li> <li>• Low demoulding temperature (long cooling time and/or low contour temperature)</li> <li>• Low coefficient of thermal expansion (hard-elastic polymers)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low or premature withdrawn after-pressure until demoulding</li> <li>• High demoulding temperature (short cooling time and/or high contour temperature)</li> <li>• High coefficient of thermal expansion (soft-elastic or rubber-elastic polymers)</li> </ul>                                |
| Density increase as a result of thermodynamically induced structural arrangement processes (crystallisation; gelation)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amorphous polymers</li> <li>• Low degree of crystallinity of semi-crystalline polymers due to rapid solidification (supercooling due to low contour temperature and/or thin-walled parts)</li> <li>• High degree of gelation of polymers containing plasticisers</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Semi-crystalline polymers</li> <li>• High degree of crystallinity due to slow solidification (high contour temperature and/or thick-walled parts) as well as by improved nucleation (nucleation additives)</li> <li>• Low degree of gelation of polymers containing plasticisers</li> </ul> |
| Density increase as a result of molecular structural and cross-linking processes (curing; vulcanisation; polyreaction)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• High degree of cross-linking and hence lower coefficient of thermal expansion (long curing or vulcanisation time and/or high mass temperature)</li> <li>• Moulding compounds essentially preformed or cross-linked materially (e. g. prepolymers)</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low degree of cross-linking and hence higher coefficient of thermal expansion (short curing or vulcanisation time and/or low mass temperature)</li> <li>• Non-cross-linked preproducts (oligomers) or monomers as moulding compounds</li> </ul>   |
| Stiffness or curing change due to additives (e. g. filling and strengthening agents; plasticisers)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Additives with low coefficient of thermal expansion (e. g. inorganic filling and strengthening agents)</li> <li>• No or low plasticiser additives</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Additives with high coefficient of thermal expansion (e. g. organic filling and strengthening agents)</li> <li>• Plasticiser additives</li> </ul>   |

## Annex C (informative)

### Orientation aids for the assignment of plastic moulding compounds to tolerance groups

#### C.1 Assignment of tolerance series and tolerance groups

The assignment of the tolerance groups can be seen in Table C.1.

**Table C.1 — Tolerance series and tolerance groups**

| Tolerance series                              | Tolerance groups |     |     |     |     |     |
|---|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|   | A                | B   | C   | D   | E   | F   |
| <b>Series 1: Normal production</b>            | TG4              | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 | TG9 |
| <b>Series 2: Accurate production</b>          | TG3              | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 | TG8 |
| <b>Series 3: Precision production</b>         | TG2              | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 | TG7 |
| <b>Series 4: Precision special production</b> | TG1              | TG2 | TG3 | TG4 | TG5 | TG6 |

#### C.2 Injection moulding and injection compression moulding of amorphous thermoplastics with glass temperatures above 60 °C

PS, SB, SAN, ABS, CA, CAB, CP, CAP, PVC-U, PVC-HI, ASA, PETam, PMMA, PMMA-HI, (ASA+PMMA), MABS, MBS, (PPE+SB), PC, (PC+ABS), (PC+ASA), PEI, PA6-3-T, COC, PESU, PSU, PPSU and others.

- Highest VS under 0,5 %. Shrinkage anisotropy is possibly considered. → A
- Without filling and strengthening agents or no shrinkage anisotropy due to filling and strengthening agents, so that the calculated value of the VS
  - at approx. ± 10 % is complied with → A
  - or not complied with. → B
- Distinct shrinkage anisotropy due to filling and strengthening agents (e. g. fibre reinforcement), which in the contour dimensioning
  - is sufficiently considered → B
  - or not considered. → C

**C.3 Injection moulding of semi-crystalline thermoplastics**

PE, PP, PET, PBT, (PBT+PC), (PBT+ASA), PPS, PVDF, PCTFE, PFEP, ETFE, ECTFE, PFA, POM, PA6, PA6-HI, PA66, PA66-HI, PA6/66, PA6I, PA6/6T, (PA66+PPE), PA610, PA612, PA46, PA11, PA12, PAMD6, PEEK, PEK and others.

- Highest VS under 0,5 %. Shrinkage anisotropy is possibly considered. → A
- Moulding compound without filling and strengthening agents with
  - Modulus of elasticity over 1 200 N/mm<sup>2</sup> → B
  - Calculated value of the VS under 1 % → C
  - Calculated value of the VS 1 % to 2 % → D
  - Calculated value of the VS over 2 % → E
  - Modulus of elasticity under 1 200 N/mm<sup>2</sup> → C
  - Calculated value of the VS under 1 % → D
  - Calculated value of the VS 1 % to 2 % → E
  - Calculated value of the VS over 2 %
- Moulding compound with filling and strengthening agents
  - without noteworthy shrinkage anisotropy or with its consideration for contour dimensioning → B
  - without consideration of the shrinkage anisotropy for contour dimensioning. → C

**C.4 Injection moulding of soft-elastic thermoplastics and thermoplastic elastomers (TPE) without filling and strengthening agents**

PVC-P, PA12-P, EVAC, TPS-SEBS, TPS-SBS, TPO-(EPDM+PP), TPO-(EVAC+PVDC), TPV-(EPDM-X+PP), TPC, (TPC+PBT), TPU, TPA and others.

- Calculated value of the VS under 1,5 % see I
- Calculated value of the VS over 1,5 % and no noteworthy shrinkage anisotropy see I
- Calculated value of the VS over 1,5 % and distinct shrinkage anisotropy, which due to the moulded part and tool design as well as the moulding process
  - can be adequately compensated see I
  - cannot be compensated. see II

The assignment can be seen in table C.2.

**Tabelle C.2 — Curing classification**

| Curing classification | I | II |
|-----------------------|---|----|
| Shore D > 35          | C | D  |
| Shore A 50 to 90      | D | E  |
| Shore A < 50          | E | F  |

**C.5 Injection moulding of liquid crystalline (thermotropic) polymers (LCP)**

NOTE A distinct shrinkage anisotropy is often unavoidable at a relatively low shrinkage level due to the flow orientation of rigid molecules. Filling and strengthening agents tend to reduce this anisotropy.

- Highest VS under 0,5 % → A
- Effect of the shrinkage anisotropy on the production accuracy due to the moulded part and tool design as well as the moulding process
  - can be adequately compensated → A
  - cannot be compensated. → B

**C.6 Compression moulding and impact extrusion of glass mat reinforced thermoplastics (GMT)**

Moulding compounds: Thermoplastic impregnated glass mat prepgs with glass contents over 15 %.

- Highest VS under 0,5 % → B
- Effect of the shrinkage anisotropy on the production accuracy due to the moulded part and tool design as well as the moulding process
  - can be adequately compensated → B
  - cannot be compensated. → C

**C.7 Injection moulding, injection compression moulding, transfer moulding and compression moulding of thermoset moulding compounds**

PF, UF, MF, MPF, UP, EP, PDAP, PUR-X, SI-X and others.

The assignment of the thermoset moulding compounds can be seen in table C.3.

**Table C.3 — Assignment of thermoset moulding compounds**

|  | <b>Injection moulding</b><br><b>Injection compression moulding</b><br><b>Transfer moulding</b> | <b>Compression moulding</b> |
|--|--|-----------------------------|
| Highest VS under 0,5 %   | A  | B                           |
| Anticipated shrinkage distribution in relation to the calculated value of the VS with consideration of the shrinkage anisotropy: |  |                             |
| approx. $\pm 10\%$   | A  | B                           |
| approx. $\pm 20\%$   | B  | C                           |
| $\geq \pm 30\%$  | C  | D                           |

**Annex D**  
(informative)

**Evaluation of the production expense**

The evaluation criteria listed in Table D.1 for the production expense for classification of the tolerance series are to be understood as an orientation aid.  
According to the current experience of the user, they can be supplemented and weighted differently.

**Table D.1 — Differentiation options or required expense**

| <b>Criterion</b>                       | <b>Normal production</b>  | <b>Accurate production</b>  | <b>Precision production</b>  | <b>Precision special production</b>   |
|--|---|---|--|---|
| Injection moulding machine / machinery | Standard injection moulding machines without monitoring of the process parameters | Standard injection moulding machine with monitoring of the process parameters | Production on controlled injection moulding machines with extended monitoring options for additional pressure sensors and temperature sensors<br>Increased special monitoring expense of the machines (calibration)  | Machines with especially stiff structure  |
|  | Production without stationary machine assignment possible                         |   | Production on specified machines with stationary machine assignment  |   |
| Infrastructure / Periphery             | Injection parts can be produced off-tool.   | Tools with change inserts permissible   | Tempering media – flow temperature controlled ( $\pm 1 \text{ K}$ )<br>Controlled tempering $\Delta T$ flow – return max. (1,5 to 2,5 K)<br>Forced circulation without bridging<br>Sufficiently accurate monitoring of the mass temperature (hot runner)   |   |
|  |   |   | Handling devices for insertion of insertion parts for the removal of the injection parts<br>Dry-air dryer for hydrophilic moulding compounds<br>Defined cooling sections for the injection parts until removal<br>Production with restricted room climate conditions or in air-conditioned rooms<br>Injection moulding machines possibly specially insulated (e. g. plasticisation)<br>Tools without change inserts. No family tools (group tools) | The number of cavities and the complexity of the geometry affect the tolerances that can be compiled with over all cavities.<br>Balanced thermal conditions in the tool<br>Demoulding with low mechanical stress of the injection parts<br>Sufficiently precise and stiff guidance of the moving tool components<br>Production accuracy very high |
| Environmental conditions               | Production in normal workshop environment conditions                              |   |  |   |
| Tool                                   |   |   |  |   |
|  | Production accuracy normal  | Production accuracy average   |  |   |

**Table D.1 (continued)**

| <b>Criterion</b>      | <b>Normal production</b>          | <b>Accurate production</b>               | <b>Precision production</b>   | <b>Precision special production</b>  |
|-----------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| Moulded part design   | Plastic compatible design         |  | Plastic compatible design with filling simulation and deformation calculation<br>Moulded part design must enable homogenous tempering   |  |
| Moulding compound     | Recyclate can be used             | Recyclate definitely useable             | Only few toleranced dimensions<br>Check wear of the tool contours in case of abrasive additives<br>Moulding compounds only type ware<br>(specified moulding compound)                                 | Moulding compounds only type ware<br>with restricted supply tolerances<br>(specified moulding compound)  |
| Insertion parts       |                                   | Purchased parts with standard tolerances | Purchased parts with reduced tolerances<br>If necessary, 100 % check of especially closely toleranced and important dimensions / characteristics<br>Handling devices for insertion of insertion parts |  |
| Personnel             | Trained personnel                 | Specifically trained technical personnel | Trained and qualified personnel with more detailed knowledge or process optimisation<br>Startup and concluding inspection with closely meshed quality tests   | Startup and concluding inspection with process-monitored closely-meshed quality tests of the specially toleranced dimensions through to equipment for the 100% inspection of these dimensions<br>3D measuring system |
| Quality monitoring    | Startup and concluding inspection | Specified interim tests                  |   | 3D measuring system of higher accuracy class   |
| Process documentation | Present                           |  | Present with batch management<br>Special packaging adapted to the part  | Special packaging adapted to the part, if necessary individual packaging in trays/ layers / palletisation<br>Depending on material, specially defined transport and storage conditions                               |
| Parts packaging       | After agreement                   |  |   |  |

## **Annex E** (informative)

### **Validation of machine or process capability**

The production tolerances indicated in the present standard are to be regarded as minimum possible tolerances. No additional scopes for the validation of machine or process capability are calculated in these tolerances. Very many different factors have an effect on the dimensioning, with the result that a process control in the actual sense of control card systems is not normally possible. Rather, control cards are used for monitoring and documentation of the injection process, for example. If machine or process capability validations are required, a broadening of the tolerances is necessary so that sufficient scope from the tolerance limits to the mean value is established in which the process can move.

In addition to the machine and process capability validations, validation of the measuring instrumentation capability is often required. The validation of the measuring instrumentation capacity according to the ANOVA model cannot be applied to the injection moulding process, as the entire process width cannot be simulated in the injection process and hence the process distribution in relation to the measuring instrumentation distribution is too low.

## Annex F (informative)

### **Main causes for dimension, form and location deviations in moulded part production**

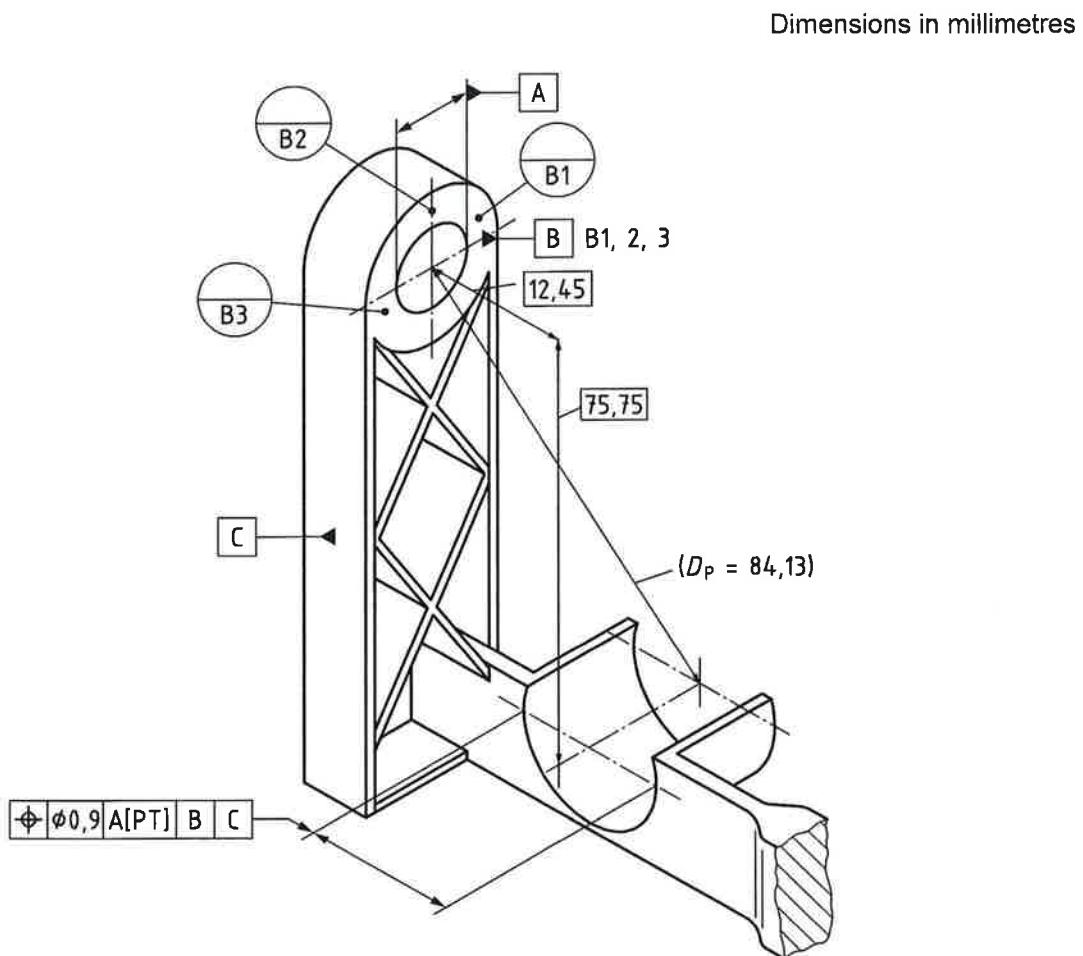
The main causes for corresponding dimensional deviations are:

- moulding compound and moulding-induced distribution of the moulding shrinkage;
- uncertainties when determining calculated values of the moulding shrinkage for the tool contour calculation, in particular in case of large shrinkage values and for shrinkage anisotropy;
- different elastic recovery capacity of the parts after demoulding, depending on moulding compound stiffness or hardness;
- tool contour wear;
- production-induced dimensional distribution of the tool contours including deformation due to hardening and surface coating;
- deformations of tool parts as a result of pressure loads.

Form, location and angle deviations created due to deformation of the moulded parts as a result of shrinkage anisotropy and possibly due to the compensation of elastic tensions after demoulding in interaction with the moulded part design.

## Annex G (informative)

### Example for determining the $D_P$ dimension for application of Table 9



**Bild G.1 — Example diagram for determination of the  $D_P$  dimension**

The  $D_P$  dimension is determined according to 7.2 as the furthest distance in the room between the element to be tolerated and the origin of the reference system used for this position tolerance.

This distance is  $D_P = 84,13$  mm here. The technologically tenable position tolerance is  $\varnothing 0,9$  mm for TG 4 according to DIN 16742, Table 9 (not tool specific).

**NOTE** If a dimensional tolerance is selected as a length dimension for the dimensioning of the semi shells instead of the geometrical tolerancing, Table 2 is consulted and the tolerance for the length dimension 12,45 mm determined there used for determination of the tolerance for the dimension 12,45 mm with  $D_P = 84,13$  mm. When indicating DIN 16742 – TG4 the dimension 12,45 mm receives the tolerance  $\pm 0,32$  mm in the above example.

## Bibliography

DIN 7708-1, *Plastic Moulding Materials — Plastic Products — Concepts*

DIN 30630, *Technical drawings — General tolerances in mechanical engineering — Tolerance rule and general plan*

DIN EN ISO 1, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Standard reference temperature for geometrical product specification and verification*

DIN EN ISO 8062-1, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensional and geometrical tolerances for moulded parts — Part 1: Definitions*

DIN EN ISO 10579, *Geometrical product specifications (GPS) — Dimensioning and tolerancing — Non-rigid parts*

DIN EN ISO 14253-1, *Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment — Part 1: Decision rules for proving conformance or non-conformance with specifications*

DIN EN ISO 14406, *Geometrical product specifications (GPS) — Extraction*

DIN EN ISO 14660-1, *Geometrical Product Specifications (GPS) — Geometrical features — Part 1: General terms and definitions*

DIN EN ISO 17450-1, *Geometrical Product Specifications (GPS) — General concepts — Part 1: Model for geometrical specification and verification*

DIN EN ISO 17450-2, *Geometrical product specifications (GPS) — General concepts — Part 2: Basic tenets, specifications, operators and uncertainties*

DIN ISO 1660, *Technical drawings; dimensioning and tolerancing of profiles*

